

# IDENTIFICATIE VAN NATUURLIJKE ALKALIVELDSPATEN MET BEHULP VAN RÖNTGEN-POEDERDIAGRAMMEN

DOOR

J. F. OSTEN

## INHOUD.

	Pag.
Voorwoord . . . . .	2
Inleiding . . . . .	3
Terminologie . . . . .	7
Optisch en chemisch onderzoek . . . . .	9
Methode van onderzoek . . . . .	9
Mineraal beschrijving . . . . .	14
Chemische analyses . . . . .	33
Röntgenografisch onderzoek van poederpraeparaten . . . . .	34
Technische gegevens . . . . .	34
Röntgenografische data . . . . .	34
Determinatiekenmerken . . . . .	44
Discussie van de resultaten . . . . .	44
Opmerking over de plagioklazen . . . . .	51
Onderzoek van fijn verdeelde veldspaten, hoofdzakelijk uit grond- massa's van gang- en uitvloeingsgesteentes. Voordelen en beperkingen van de röntgen-poedermethode . . . . .	52
De polymorfie van de Na-Kaliumveldspaten . . . . .	54
Ontwikkeling van de opvattingen over het probleem orthoklaas- mikroklien . . . . .	54
Optische anomalieën van adulaar . . . . .	59
Summary . . . . .	61
Literatuur	

## VOORWOORD.

Het hier beschreven onderzoek werd uitgevoerd in het petrografisch laboratorium van het Geologisch Instituut van de Rijks-universiteit te Leiden.

Veel dank ben ik verschuldigd aan Professor E. NIGGLI die mij in alle fasen van het onderzoek met grote bereidwilligheid terzijde stond. Zijn stimulerend aandeel in discussies over mineralogische en petrografische problemen heeft er veel toe bijgedragen de in dit geschrift neergelegde opvattingen te verhelderen.

Een waardevolle uitbreiding van het veldspaten materiaal heb ik te danken aan Dr P. KRUIZINGA te Delft, Professor P. MICHOT te Luik, Professor FRANCESCO SIGNORE te Napels, Professor GIUSEPPE SCHLAVINATO te Padua, Dr H. M. E. SCHÜRMAN te 's Gravenhage en Professor P. TERPSTRA te Groningen.

De N.V. Philips Gloeilampenfabrieken stelde belangeloos een röntgen-diffractie-apparaat ter beschikking.

De toewijding en vindingrijkheid door de heer A. VERHOORN ten toon gespreid bij het vervaardigen van de röntgen-poederdiagrammen zijn van wezenlijk belang geweest voor het tot stand komen van deze studie. De chemische analyses werden met grote nauwgezetheid uitgevoerd door mejuffrouw B. HAGEMAN in het petro-chemisch laboratorium te Leiden. De heer M. DEYN vervaardigde met veel zorg een groot aantal georiënteerde slijpplaatjes. Bij het verzorgen van de figuren werd ik gesteund door het fotografisch vakmanschap van de heer W. F. TEGELAAR en de vaardige tekenpen van mejuffrouw C. ROEST. Aan hen allen betuig ik mijn hartelijke dank.

Tenslotte wil ik mijn grote erkentelijkheid betuigen aan de Directie van de N.V. BILTON MAATSCHAPPIJ die mij in staat stelde met het uitvoeren van dit onderzoek mijn studie te beëindigen.

## INLEIDING.

De röntgen-poedermethode van DEBIJE-SCHERRER \*) biedt de petrograaf de mogelijkheid tot het identificeren van mineralen in die gevallen waarbij de gebruikelijke optische en chemische methodes te kort schieten en kan bij vele identificatie-problemen in samenwerking met die methodes, aanvullende gegevens verschaffen.

Boven de verschillende draaikristal-methodes heeft de DEBIJE-SCHERRER methode het voordeel dat men bij de statistische werkwijze van het petrografisch onderzoek niet gehinderd wordt door de onvolkomen kristallografische ontwikkeling of kleine afmetingen van de te onderzoeken mineralen. De onderlinge vergelijkbaarheid en de reproduceerbaarheid zijn eveneens in het voordeel van de röntgen-poedermethode.

Enkele mogelijkheden van de DEBIJE-SCHERRER methode in dienst van de gesteente-beschrijving zijn de volgende:

### A. Identificatie.

1. Het onderzoek van fijn verdeelde mineralen die door hun kleine afmetingen niet toegankelijk zijn voor het optische onderzoek (kleinmineralen, grondmassa's van uitvloeiingsgesteentes).
2. Het onderzoek van mineralen waarbij met behulp van optische methodes in het slijpplaatje de identiteit niet ondubbelzinnig vast te stellen is:
  - a. carbonaten;
  - b. kubische mengkristallen (granaten, spinellen);
  - c. ertsmineralen.

B. Het bepalen van de concentraties van de componenten in mengsels van mineralen.

C. Het vaststellen van de aanwezigheid van een amorfe of kristallijne fase en overgangen daartussen.

D. Onderzoek naar de kristaltoestand (gemiddelde afmetingen van mikroskopische tot submikroskopische kristallen, storingen in de roosterbouw).

We bepalen ons hier tot de mogelijkheden onder A en B genoemd.

Ieder kristallijn mineraal geeft een poederdiagram met een karakteristiek reflectiepatroon. Hierbij wordt de positie van de reflecties in het poederdiagram bepaald door de karakteristieke netvlaksafstanden van de mineraalstructuur volgens de wet van BRAGG ( $n\lambda = 2d \sin \theta$  waar in

\*) Een praktische inleiding tot identificatie-problemen geeft BUNN. („Chemical Crystallography”, 1946). Een uitvoerig overzicht van de opname techniek en de toepassingsmogelijkheden is te vinden in Brandenberger (Röntgenographisch-analytische Chemie, 1945).

$\lambda$  = de golflengte van de röntgenstraling,  $d$  = de netvlaksafstand,  $\vartheta$  = de hoek tussen röntgenstraal en het netvlak en  $n$  = ieder geheel getal). De reflectie-intensiteiten zijn eveneens kenmerkend en afhankelijk van de mineraalstructuur.

De determinatie van het mineraal kan geschieden door vergelijking met poederdiagrammen van bekende, in aanmerking komende mineralen, onder nauwkeurig gelijkblijvende condities opgenomen. Bij mineralen met een reguliere, tetragonale, hexagonale en trigonale symmetrie kan men na indicering, de afmetingen van de elementaire cel berekenen die gewoonlijk karakteristiek is voor het mineraal.

Daar de chemische samenstelling van de meeste mineralen varieert door mengkristalvorming van twee of meer componenten, is het voor nauwkeurige determinatie noodzakelijk het verband tussen de verandering van de roosterconstanten met de chemische variatie te kennen.

Het poederdiagram van een mengsel van mineralen (b.v. een gesteente) geeft het gesommeerde patroon van de over elkaar geplaatste reflectiepatronen van de samenstellende mineralen, waarbij het interferentievermogen en de concentratie, de intensiteit van het reflectiepatroon van iedere component bepaalt. In vele gevallen zal één of meer componenten in een mengsel van mineralen niet aan te tonen zijn. De grens van röntgenografische aantoonbaarheid van een mineraalcomponent hangt behalve van de concentratie en het interferentievermogen af van de mate waarin de sterkste reflecties samen vallen met sterke reflecties van de andere componenten en van de gebruikte opnametechniek. Mineralen met een hoge symmetrie en zware atomen in dichte bolpakking hebben gewoonlijk een groot interferentievermogen, zoals vele oxydische en sulfidische ertsmaterialen. Zij zijn nog in kleine concentraties, tot enkele procenten, aan te tonen. De röntgenografische aantoonbaarheidsgrens van mineralen met een lage symmetrie zoals de veldspaten ligt bij veel hogere concentraties. In vele gevallen zal men de in het poederdiagram aan te tonen mineralen moeten concentreren door slibben, scheiding met zware vloeistoffen en centrifugeren. Het oplossend vermogen van het poederdiagram kan opgevoerd worden door het gebruik van röntgen-K-straling met grotere golflengte (Fe- $K\alpha$  en Cr- $K\alpha$  straling) gecombineerd met het gebruik van een opnamecamera met grotere diameter. Daar de hoeveelheid van het onderzochte poeder altijd zeer gering is (enkele m.m.<sup>3</sup>) moet men altijd rekening houden met de vraag in hoeverre het gebruikte poeder representatief is voor het onderzochte gesteente.

Het schatten van de concentraties van de componenten van een mengsel van mineralen in het röntgen-poederdiagram wordt moeilijk gemaakt door het verschillende interferentievermogen van de mineraal-componenten. Bovendien varieert de intensiteit van de afzonderlijke reflecties met de concentratie, vaak verschillend van de andere reflecties van het zelfde mineraal. Bij eenvoudige mengsels van twee of drie componenten zijn de concentraties gewoonlijk wel te bepalen door het vervaardigen van vergelijkingsdiagrammen waarin de te onderzoeken mineralen in bekende verhoudingen aanwezig zijn.

Enige voorbeelden van de toepassing van de DEBIJÉ-SCHERRER methode bij het petrografisch onderzoek mogen hier volgen.

E. NIGGLI (1944, pp. 261—262, resp. pp. 193—194) kon zeer fijn verdeelde titaan-houdende haematiet aantonen in een keratofier en in een

sericietrijke phylit. Onderzoek van polijstvlakjes in opvallend licht was hier onmogelijk door de zeer kleine afmetingen van de ertsschubjes, die in het laatste geval gemiddeld 0,005 m.m. bij 0,0005—0,002 m.m. maten en in een concentratie van nauwelijks 9 volumenpercenten aanwezig waren. De zelfde auteur (1946, pp. 98—100) kon op deze wijze in een fijn aggregaat naast elkaar haematiet, brauniet, jacobsiet en rhodochrosiet onderscheiden.

VUAGNAT (1948, pp. 384—387) onderzocht grondmassa's van een aantal Zwitserse variolieten die te fijnkorrelig waren voor mikroskopisch onderzoek. Hij kon daarin röntgenografisch naast elkaar chloriet, titaniet, calciet en haematiet aantonen en zelfs de aard van de chloriet-variëteit vaststellen die met ripodoliet bleek overeen te komen.

DEN TEX (1949, pp. 28—36) geeft een goed voorbeeld van de combinatie van de gegevens uit een röntgenografisch poederonderzoek met die van mikroskopisch werk in opvallend en doorvallend licht, chemische analyse en onderzoek naar de magnetische eigenschappen, bij de bestudering van fijn verdeelde spinellen uit een serpentinit van de Belledonne. Hij slaagde er in de aanwezigheid van drie leden van de spinelgroep naast elkaar vast te stellen, die uiterst kleine verschillen in de ribbe van de elementaircel vertonen, n.l. magnetiet, bérésofiet en chroompicotiet.

Bij deze voorbeelden werd gebruik gemaakt van röntgen-poederdiagrammen van bekende mineralen die voor vergelijking in aanmerking kwamen, opgenomen met de zelfde camerastraal en röntgenstraling, ofwel door berekening van de afmetingen van de elementaircel van in het kubische stelsel gekristalliseerde mineralen.

In het geval dat men niet over vergelijkingsmateriaal beschikt of als de aard van de optredende mineralen niet te voorspellen is, kan ook een directe methode gebruikt worden. Men raadpleegt dan tabellen waarin de mineralen gerangschikt zijn naar de netvlakafstanden behorende bij de drie sterkste lijnen in de volgorde van afnemende intensiteit volgens het door HANAWALT, RINN en FREVEL (1938, pp. 457—512) ingevoerde systeem. Dit is voor een groot aantal opake mineralen gedaan door HARCOURT (1942). Voor de niet opake mineralen zijn de gegevens minder volledig. Men kan voor deze groep de afdeling mineralen consulteren van het kaartstelsel uitgegeven door de American Society for Testing Materials. BUNN (1946, p. 123) vermeldt de determinatie-tabellen voor mineralen van MIKHEEV en DUBININA, die echter niet gemakkelijk toegankelijk zijn.

In de praktijk van het röntgenografisch poederonderzoek bij de determinatie van gesteentevormende mineralen blijkt de beste oplossing te zijn, het aanleggen van een grote verzameling standaarddiagrammen, opgenomen onder gelijkblijvende condities.

Bij het samenstellen van een dergelijke collectie in het petrografisch laboratorium te Leiden, werd het duidelijk dat de petrografisch belangrijke veldspatengroep zich voor een systematisch röntgen-poederonderzoek leende. Door het verschijnen van het artikel van CLAISSE (1950) over de determinatie van plagioklazen met behulp van röntgen-poederdiagrammen hebben we ons in deze publicatie beperkt tot het mededelen van de resultaten over de onderzochte alkaliveldspaten. Het doel van het hier beschreven onderzoek is de mogelijkheid tot identificatie van de leden van de veldspatengroep met behulp van röntgen-poederdiagrammen na te gaan. Daartoe werden van een aantal veldspaten, afkomstig van verschillende vindplaatsen en variërend in chemische samenstelling en kristallisatiegeschiedenis, röntgen-

poederdiagrammen vervaardigd die vergeleken werden met de optische symmetrie, gemeten met de Federow-tafel en de direct of indirect bepaalde chemische samenstelling.

Gegevens in de literatuur over röntgen-poederdiagrammen van veldspaten zijn betrekkelijk schaars. CORRENS (1935, pp. 30—33) geeft twee voorbeelden van  $\log \sin \vartheta$  diagrammen van veldspaten zonder opgave van hun samenstelling, opgenomen met  $\text{Cu-K}\alpha$  straling en een camera met een straal van 28 m.m.. Hij keurt het gebruik van grotere camera's af omdat hierbij onscherpe reflecties zouden optreden doordat het niet mogelijk is de röntgen-stralenbundel nauwkeurig evenwijdig te richten terwijl strooi-straling aan de lucht bij grotere camerastralen erg hinderlijk zou worden. ITO en INUZUKA (1936, pp. 404—407) beschrijven een mikrophotometrisch onderzoek van röntgen-poederdiagrammen van een aantal veldspaten. Zij wilden aantonen dat de kryptoperthieten inderdaad uit een zeer fijne vergroeiing van twee alkaliveldspaatfasen bestaan en niet, zoals door ITO (1934, p. 328) gesuggereerd werd, te beschouwen zijn als een submikroskopisch vertweelinge enkelvoudige alkaliveldspaatfase, een stelling die reeds eerder door KÔZU en ENDÔ (1921( pp. 1—17) met behulp van LAUE diagrammen van maansteen aannemelijk gemaakt was. Zij vervaardigden een serie poederdiagrammen van orthoklaas, mikroklien, albiet, verschillende perthieten, albiet-orthoklaasmengsels, maansteen en andesien met  $\text{Cu-K}\alpha$  straling en een camera met een straal van 57,50 m.m. Met een MOLL mikrophotometer werden de intensiteiten vastgelegd en de zo verkregen photogrammen vergeleken. De auteurs wijzen op de overeenkomst van orthoklaas en albiet die beiden gekenmerkt zijn door een overeenkomstige sterke piek van de gecombineerde (040) (002) reflectie intensiteit. Deze sterke piek is bij de perthieten verdubbeld terwijl mengsels van albiet en orthoklaas hetzelfde beeld geven. De onderzochte maansteen daarentegen geeft een mikrophotometerdiagram met één sterke piek, een feit waar de schrijvers geen commentaar op leveren maar hetgeen eigenlijk zou pleiten tegen de door KÔZU en ENDÔ waargenomen ontmenging. Uit de afgebeelde mikrophotometerdiagrammen blijkt echter dat de toegepaste opnametechniek zich niet leent voor het aantonen van de fijne structurele verschillen van de veldspaten zodat uit dit onderzoek over maanstenen geen conclusies getrokken kunnen worden over de structuur van de kryptoperthieten.

GRUNER (1936) gaf de netvlaksafstanden en intensiteiten van een adulaar uit Pfitsch, Tirol, opgenomen met  $\text{Fe-K}\alpha$  straling.

HURLBUT bepaalde in 1932 de aanwezigheid van kwarts, cristobaliet en tridymiet afzonderlijk in submikroskopische vergroeiingen met veldspaat met behulp van poederdiagrammen opgenomen met  $\text{Cu-K}\alpha$  straling.

MEHMEL publiceerde in 1939 (pp. 91—118) het eerste deel van een verzameling gegevens ten dienste van de determinatie van mineralen met behulp van röntgenmethodes. Hij vermeldt bij ieder mineraal de afmetingen van de elementaire cel, assenverhoudingen, ruimtengroep en structuurtype en geeft tevens een tabellarisch overzicht van de netvlaksafstanden, geschatte intensiteiten en  $\log \sin \vartheta$  waarden voor  $\text{Cu-K}\alpha$ ,  $\text{Fe-K}\alpha$  en  $\text{Cr-K}\alpha$  straling. Hoewel hij de uit de literatuur bekende structuurgegevens over de verschillende leden van de veldspaatgroep vermeldt, behandelt hij de veldspaten als één mineraal bij zijn opgave van de eigenschappen in het röntgen-poederdiagram en geeft dan ook maar één serie d-waarden. Hij is van mening (id. p. 117): „Im Gegensatz zu den optischen Methoden lassen die röntgenographischen Methoden beim

Nachweis der Feldspäte eine Trennung in die verschiedenen Arte der Feldspäte nicht zu. Die Gitterkonstanten der verschiedene Feldspäte liegen so nahe beieinander und zeigen ausserdem noch eine erhebliche Streuung, dasz es vor allem im Pulverdiagram nicht möglich ist innerhalb der Feldspatgruppe eine genauere Bestimmung vorzunehmen". MEHMEL wijst er voorts op dat het aantonen van veldspaten in röntgen-poederdiagrammen van mineraalassociaties in vele gevallen op moeilijkheden stuit; vooral wanneer naast de veldspaat kwarts aanwezig is, omdat een groot aantal van de karakteristieke veldspaat-interferenties met die van kwarts zouden samenvallen.

CLAUSEN (1942, pp. 236—238) publiceerde diagrammen van een vijftal veldspaten, n.l. adulaar, mikroklien, albiet, oligoklaas en labradoriet, waarvan de chemische samenstelling bekend was. Hij gebruikte  $\text{Cu-K}\alpha$  straling en een kleine camera ( $d = 57.25$  m.m.). Hij vestigt de aandacht op het feit dat het adulaarpatroon grotendeels overeenkomt met dat van mikroklien, terwijl het albietdiagram duidelijke verschillen met deze beide patronen vertoont. Merkwaardig is dat de door hem afgebeelde diagrammen van albiet en oligoklaas bizonder weinig overeenkomst vertonen, in tegenstelling met hetgeen in het hier beschreven onderzoek gevonden is. Zijn conclusie is dat er tussen de verschillende leden van de veldspaatgroep in het röntgen-poederdiagram duidelijke verschillen bestaan, maar dat ondubbelzinnige determinatie pas mogelijk zal zijn wanneer de diagrammen geïndiceerd kunnen worden met behulp van opnamen van georiënteerde kristallen.

HEALD (1950, pp. 81—82) vervaardigde röntgen-poederdiagrammen van maansteen met een kleine assenhoek en constateerde dat een groot aantal van de reflecties diffuus en onscherp waren, door het optreden van doubletten verbonden door een donkere band. Hij vermoedde dat dit verschijnsel veroorzaakt werd door het naast elkaar voorkomen van twee fases. Na verhitten tot  $990^\circ\text{C}$ . verdween de blauwe „Schiller” van de maansteen en het röntgen-poederdiagram vertoonde afzonderlijke scherpe lijnen in de plaats van iedere doublet in het poederdiagram van het niet verhitte materiaal, als bewijs dat de homogenisatie voltooid was.

Uit het voorgaande blijkt dat de veldspaatvariateiten in het poederdiagram sterk overeenkomen, zodat de te verwachten kleine verschillen slechts door spreiding van het complexe reflectiepatroon waargenomen zullen kunnen worden. Daartoe werd voor het onderzoek een middelgrote camera met een straal van 9 cm. en  $\text{Fe-K}\alpha$  straling gekozen. De  $\text{Fe-K}\alpha$  straling heeft het nadeel dat bij Ca-rijke veldspaten fluorescentie van het praeparaat een zwarting van de film veroorzaakt. Deze zwarting was echter niet sterk genoeg om de anorthietdiagrammen onbruikbaar te maken. De gepoederde praeparaten werden met arabische gom op een staafje Siborglas gebracht. De gemiddelde diameter van de praeparaten was 0,30 m.m..

In dit geschrift wordt eerst het optisch en chemisch onderzoek van de alkaliveldspaten besproken, daarna het röntgenografisch onderzoek van poederpraeparaten van veldspaten en veldspathoudende grondmassa's terwijl tenslotte een discussie aan de polymorfie van de kaliveldspaten gewijd wordt.

### *Terminologie.*

Ter verduidelijking van enkele in dit geschrift gebruikte termen volgt hier een nadere omschrijving van enkele benamingen van alkaliveldspaten die in de literatuur verschillend gebruikt worden.

De term monokliene en bijna monokliene veldspaten omvat alle alkali-veldspaten, albiet uitgezonderd.

De term Na-Kaliumveldspaten wordt gebruikt om het ondergeschikte Na-gehalte aan te duiden van kaliveldspaten zoals orthoklaas- en mikroklien (perthieten) waar bij het normale optische onderzoek de chemische samenstelling niet nader te bepalen is. Op overeenkomstige wijze geeft de term K-Natriumveldspaten het ondergeschikte K-gehalte van Natriumveldspaten zoals de anorthoklazen aan.

De hier beschreven orthoklaas mikroperthieten onderscheiden zich van SPENCER's „orthoklaas-mikroperthietserie” (1937, p. 454) door het feit dat de optische eigenschappen van de componenten bij een normale vergroting afzonderlijk te bepalen zijn. SPENCER's orthoklaas-mikroperthietserie bestaat voor het grootste deel uit iriserende maanstenen die een fijne, in submikroskopische dimensies overgaande perthietische structuur bezitten. Dergelijke optisch pseudo-homogene alkaliveldspaten waarvan de gezamenlijke optische eigenschappen bepaald worden, zijn hier steeds met BRØGGER's term krypto-perthieten aangeduid.

De term adulaar wordt beperkt tot de kleurloze tot zwakgele, -groene of witte, doorschijnende kaliveldspaatkristallen, vaak met paarlmoerglans en met als typisch ontwikkelde kristalvlakken de pinakoïden (001), (010), (201), (101), (506) en de prismavlakken (110), (130), (110) voorkomend in hydrothermaal geminaliseerde alpiene rekspletten. Verwarrend is WINCHELL's gebruik van de term adulaar (1951, p. 299, fig. 190) waar hij de optische eigenschappen van de „discontinue adulaar-albietreeks” geeft, ontleend aan de gegevens van SPENCER's reeds genoemde „orthoklaas-mikroperthietserie”.



## OPTISCH EN CHEMISCH ONDERZOEK.

### Methode van onderzoek.

Het verband tussen de optische eigenschappen en de chemische samenstelling van de monokliene en bijna monokliene veldspaten is nog niet nauwkeurig bekend. De zeer variabele assenhoek is vooral van betekenis voor de onderscheiding van mikroklien ( $2V = -83^\circ$ ) en sanidien ( $2V$  zeer klein, vlak van de optische assen loodrecht op of // (010)). E. SPENCER heeft bij zijn studies over de thermische stabiliteit van Na K-veldspaten (1937, p. 488) aangetoond dat de assenhoek afhankelijk is van de afkoelingshistorie en de oorspronkelijke samenstelling van de homogene vorm. Hij geeft een aantal voorbeelden van alkaliveldspaten met abnormale assenhoeken waarbij de evenwichtstoestand blijkbaar niet bereikt is (id. p. 487, spec. P en K, p. 489, spec. 1 t/m 5). Zo heeft het specimen van SPENCER waarop CHAO, HARGREAVES, en TAYLOR (1940, p.p. 498—512) hun structuurbepaling van orthoklaas uitvoerden, een assenhoek van  $2V = -44^\circ$  bij een samenstelling van  $Or_{92,2}Ab_{6,8}An_{2,5}$ . Een ander voorbeeld van abnormale assenhoeken vond de ROEVER (1943, p. 30) bij metasomatische „adularen” uit Permische stollingsgesteentes van Timor met  $2V = -30^\circ$  tot  $-40^\circ$ . Het optreden van deze abnormale assenhoeken vermindert de diagnostische waarde van de assenhoek voor anorthoklaas, gedefiniëerd als een alkaliveldspaat met een samenstelling tussen  $Or_{50}Ab_{50}$  en  $Or_0Ab_{100}$ , waarbij men gewoonlijk assenhoeken tussen  $-40^\circ$  en  $-52^\circ$  vindt.

BAIER (1930, p. 274) meent dat er een verband bestaat tussen de fijnheid van verdeling van de veldspaatlamellen en de assenhoek van het gezamenlijke lamellensysteem, zodanig dat grovere lamellensystemen een grotere assenhoek bezitten dan fijner gelamelleerde veldspaten. Deze opvatting is in grote trekken met onze waarnemingen te verenigen; consequent toegepast zouden we echter optisch homogene kaliveldspaten met hun kleine assenhoeken moeten beschouwen als te zijn opgebouwd uit submikrospisch vertweelinge lamellen, een hypothese die nog nader besproken zal worden.

Men kan in de literatuur een groot aantal grafische oplossingen vinden voor het verband tussen de samenstelling en de uitdovingshoek op (001) en (010), bij gebrek aan voldoende geanalyseerd materiaal gebaseerd op uiteenlopende theoretische overwegingen. Uit het werk van SPENCER (1937, p. 457) en LARSEN (1938, p. 420) blijkt dat rekening gehouden moet worden met de afkoelingshistorie van de kristallen. Bij de sanidienen blijft de uitdovingshoek op (010) constant bij variërend Ab-gehalte terwijl bij de kryptoperthieten  $\alpha : \alpha$  bij stijgend Ab-gehalte groter wordt tot een maximum afhankelijk van de samenstelling.

OPTEDAHL (1948, p.p. 58—62) stelde een recent literatuuroverzicht samen van de beschikbare gegevens over de relatie samenstelling—optische eigen-

schappen en geeft zelf een voorlopig determinatiediagram voor de kryptoperthietische alkaliveldspaten. In het driehoeksdiagram Or-Ab-An construeerde hij curves voor de variatie  $a:\alpha$  gecombineerd met curves voor de variatie van de gemiddelde brekingsindex. Het diagram moet echter nog met grote reserve gehanteerd worden en is voor petrografisch onderzoek alleen bruikbaar wanneer men over de apparatuur voor Emmons' „double variation method” beschikt.

De betrekking  $a:\alpha$  is echter onvoldoende om de ligging van de indicatrix bij de niet monokliene veldspaten vast te leggen. Bij ons onderzoek met de Federowtafel werd de ligging van de stereografische projectie van de kristallografische elementen t. o. v. die van de indicatrixassen  $N\gamma$ ,  $N\alpha$  en  $N\beta$  bepaald zoals dat bij het onderzoek van plagioklazen gebruikelijk is. Omdat gedetailleerde vergelijkingsdiagrammen voor de alkaliveldspaten ontbreken werden de coördinaten van de kristallografische elementen t. o. v. de indicatrixassen genoteerd volgens NIKMIN (1936, p.p. 84—85). In de stereografische projectie loodrecht op  $N\beta$  ligt het positieve einde van de  $N\gamma$ -as aan de E-zijde van de horizontale diameter terwijl het positieve einde van de  $N\alpha$ -as aan het N-uiteinde van de verticale diameter ligt. Het quadrant waarin de projectie ligt wordt aangegeven door het + of — teken van de betrokken coördinaten. Om de notatie te vereenvoudigen werd het + teken weggelaten.

Eén van de moeilijkheden bij het optisch onderzoek van de alkaliveldspaten is de samengestelde bouw van de kristallen. In de diepte- en ganggesteentes en pegmatieten vertonen zij bijna altijd een perthietische structuur. Bij de mikroperthieten zijn de optische eigenschappen van de lamellen nog te bepalen. De kryptoperthieten, door ontmenging bij hogere temperatuur ontstaan, bezitten een structuur die zo fijn is dat de afzonderlijke lamellen slechts met de sterkste vergroting zichtbaar zijn, terwijl alleen de gezamenlijke optische eigenschappen ingemeten kunnen worden.

De albiet component levert gewoonlijk geen moeilijkheden bij het onderzoek; vaak komt in grovere vlekken een georiënteerde vertweeling volgens de albietwet voor. In sommige perthieten met fijne structuur voorkomend in alkaligesteentes wordt albiet gevonden die met gewone optische methodes onderzocht, een monokliene symmetrie vertoont. Nauwkeurig Federow-onderzoek van BARTH (1927, p. 478) en OFTEDAHL (1948, p. 62) toonde aan dat deze albiet submikroskopisch vertweelend was. Deze conclusie werd bevestigd door röntgenografisch draaikristalonderzoek van OFTEDAHL (1948, p. 63). Hij vervaardigde „nulde zone” Weissenbergopnames met rotatie om de  $a$ -as van pegmatiet-kryptoperthieten uit het Oslogebied en vond dat de (010) reflecties drie lijnen vormden. Hierbij was de middelste lijn afkomstig van kaliveldspaat geflankeerd door twee reeksen van albietpunten op een afstand corresponderende met drie graden. Dit is alleen te verklaren door aan te nemen dat de albiet submikroskopisch vertweelend is volgens de albietwet.

De kaliveldspaat-component is zelden homogeen. Afgezien van omzettingenproducten als kaolien en sericiet vindt men in diepte- en ganggesteentes bijna altijd een structuur van vlekken en onregelmatige unduleuze partijen. De afzonderlijke lamellenvormige componenten kunnen vaak eerst onderscheiden worden door hen met de Federowtafel loodrecht op de mikroskoopas te brengen. Het blijkt dan dat er geen verschil in brekingsindices tussen de verschillende lamellen waar te nemen is, in tegenstelling tot het gedrag van kryptoperthieten. We moeten ons dan tevreden stellen met het inmeten

van de gezamenlijke optiek; bij sterk unduleuze kristallen is het vaak onmogelijk de optische symmetrievlakken in te stellen.

In petrografische beschrijvingen van de kaliveldspaat is het gebruikelijk om alleen dan mikroklien te vermelden wanneer de karakteristieke vertweeling optreedt. Onderzoek met de Federowtafel leert echter dat onvertweelingde mikroklien veelvuldig voorkomt. Zo beschreven DE SITTER en DE SITTER-KOOMANS (1949, p.p. 30—36) een granietgneis uit de Lombardische Alpen, de z.g. Chiarogneis, die als kaliveldspaten orthoklaas, mikroklien en hun perthietische\* aequivalenten zou bevatten. Nader door mij uitgevoerd Federow-onderzoek van de onvertweelingde kaliveldspaten van de Chiarogneis bewees dat deze een mikrokliensymmetrie met de karakteristieke assenhoek bezitten zodat als kaliveldspaat alleen mikroklien voorkomt. Optisch onderzoek van een aantal hieronder beschreven gesteentes maakt het waarschijnlijk dat orthoklaas en mikroklien in hetzelfde gesteente in het algemeen niet naast elkaar voorkomen zoals GYSIN (1948, p.p. 239—244) ook voor de granieten van het Aarmassief aantoonde. De Aare granieten vertonen de zelfde spaarzaam vertweelingde mikroklien als de Chiarogneis. Op de overeenkomst in chemische samenstelling werd door DE SITTER en DE SITTER-KOOMANS gewezen. Volgens de auteurs vertoont de Chiarogneis een begin van mikroklienvorming onder de invloed van druk. Is deze druk ongetwijfeld van betekenis geweest, de kaliveldspaat is in zijn geheel als mikroklien gerekristalliseerd in een beperkt temperatuurgebied, waarschijnlijk tussen 750°—500° C. (SPENCER, 1938, p. 88). De onvertweelingde habitus wordt door MÄKINEN (1917, p. 143) bij een discussie over de kaliveldspaten van een aantal karakteristieke Finse metamorfe gesteentes, als een argument voor een primaire ontstaanswijze beschouwd.

Zoals reeds vermeld bestaan er geen kwantitatieve chemische gegevens over de verandering van de samenstelling met de coördinaten van de kristallografische elementen t. o. v. de indicatrixassen bij de kaliveldspaten. NIKITIN (1936, p.p. 84—85) geeft de coördinaten van wat hij zonder nadere chemische definitie noemt 1) normale orthoklaas, 2) Na-rijke orthoklaas en 3) Na-orthoklaas. De invloed van het stijgend Ab-gehalte in deze reeks is het best te illustreren aan de beweging van de vlakkenpool van (001) die in alle drie gevallen loodrecht op  $N\gamma$  blijft, maar waarvan de coördinaten t. o. v.  $N\beta$  en  $N\alpha$  als volgt variëren: 1)  $N\beta$  5°  $N\alpha$  — 85°; 2)  $N\beta$  10°  $N\alpha$  — 80°; 3)  $N\beta$  18°  $N\alpha$  — 72°. GYSIN gebruikte bij zijn studie van de kaliveldspaten uit de granietsyenieten van Divrik en de graniet van Gastern (1948, p. 233) de gegevens van NIKITIN om globaal het Na-gehalte te bepalen. Zonder zover te willen gaan volgt hier ter oriëntatie bij de hieronder vermelde optische gegevens, de coördinatentabel van NIKITIN.

De alkaliveldspaten worden hier van het standpunt van de petrograaf beschouwd en zijn daarom door de schrijver ingedeeld naar hun natuurlijke parageneses in de hieronder volgende vier groepen. De kristallisatietemperatuur en de afkoelingssnelheid kunnen echter binnen ieder van de groepen van deze schematische indeling een aanzienlijke variatie vertonen. Authigene veldspaten werden niet onderzocht. Enige onderzochte veldspaten uit metamorfe gesteentes zijn in groep II ondergebracht.

### I. De alkaliveldspaat-eerstelingen uit uitvloeiingsgesteenten.

De sanidien- en anorthoklaasgroep, ontstaan door relatief snelle afkoeling in het temperatuurgebied van 1150°—900° C. (SPENCER, 1937, p. 491). Een

TABEL 1.

	$N\gamma$	$N\alpha$	$N\beta$	Polen van spijtvlakken, vergroeiingsvlakken en tweelingsassen
Normale orthoklaas } Na-rijke orthoklaas } Na-orthoklaas .....	0°	90°	90°	loodrecht (010) = [010]
Anorthoklaas .....	— 41¼°	— 86½°	87½°	„ (010) = [010]
Mikroklien .....	— 18°	— 74°	82°	„ (010) = [010]
Normale orthoklaas	90°	— 85°	5°	„ (001)
Na-rijke orthoklaas	90°	— 80°	10°	„ (001)
Na-orthoklaas .....	90°	— 72°	18°	„ (001)
Anorthoklaas .....	87°	— 85°	6°	„ (001)
Mikroklien .....	79½°	— 82°	13°	„ (001)
Normale orthoklaas	90°	— 21°	69°	„ (100)
Na-rijke orthoklaas	90°	— 16°	74°	„ (100)
Na-orthoklaas .....	90°	— 8°	82°	„ (100)
Anorthoklaas .....	86°	— 21¾°	68¾°	„ (100)
Mikroklien .....	72½°	— 24°	74°	„ (100)
Normale orthoklaas	45°	— 86¼°	45¼°	„ (021)
Na-rijke orthoklaas	45°	— 82¾°	46°	„ (021)
Na-orthoklaas .....	45°	— 77¼°	47¾°	„ (021)
Anorthoklaas .....	42°	— 89°	48°	„ (021)
Mikroklien .....	37¼°	84¾°	53¼°	„ (021)
Normale orthoklaas	— 45°	— 86¼°	45¼°	„ (021)
Na-rijke orthoklaas	— 45°	— 82¾°	46°	„ (021)
Na-orthoklaas .....	— 45°	— 77¼°	47¾°	„ (021)
Anorthoklaas .....	— 48¼°	— 84°	42½°	„ (021)
Mikroklien .....	— 56½°	— 73½°	38¼°	„ (021)
Normale orthoklaas	90°	69°	21°	[001]
Na-rijke orthoklaas	90°	74°	16°	[001]
Na-orthoklaas .....	90°	82°	8°	[001]
Anorthoklaas .....	88¼°	68¾°	21¼°	[001]
Mikroklien .....	86¾°	72¾°	17½°	[001]
Normale orthoklaas	90°	5°	85°	[100]
Na-rijke orthoklaas	90°	10°	80°	[100]
Na-orthoklaas .....	90°	18°	72°	[100]
Anorthoklaas .....	— 86¾°	6°	85°	[100]
Mikroklien .....	— 76°	17½°	80°	[100]
Normale orthoklaas	59½°	— 36¼°	72°	loodrecht (110)
Na-rijke orthoklaas	59½°	— 34°	76°	„ (110)
Na-orthoklaas .....	59½°	— 31½°	83½°	„ (110)
Anorthoklaas .....	55½°	— 39°	73½°	„ (110)
Mikroklien .....	42¼°	49½°	80½°	„ (110)
Normale orthoklaas	— 59½°	— 36¼°	72°	„ (110)
Na-rijke orthoklaas	— 59½°	— 34°	76°	„ (110)
Na-orthoklaas .....	— 59½°	— 31½°	83½°	„ (110)
Anorthoklaas .....	— 63½°	33¾°	70¾°	„ (110)
Mikroklien .....	— 77°	— 22°	72½°	„ (110)

hier op volgende langzame afkoeling in het temperatuurgebied van de perthietische ontmenging ( $850^{\circ}$ — $300^{\circ}$  C.) heeft volgens deze auteur geen invloed op de eigenschap van sanidien en anorthoklaas om de Na-component in het rooster vast te houden. Deze groep komt overeen met de „hoge temperatuur serie” van OFTEDAHL (1948, p. 56). De bij gewone temperatuur metastabiele sanidien en anorthoklaas komen zelden voor in oudere dan Tertiaire uitvloeiingsgesteentes. Een gedeeltelijke ontmenging kan de vorming van kryptoperthietische structuren tengevolge hebben. LARSEN (1938, p. 419) beschrijft blauwe iriserende sanidien met kryptoperthietische structuur uit de Tertiaire San Juan rhyolieten.

Anorthoklaas kan ook met „hoge temperatuur” oligoklaas een reeks mengkristallen vormen zoals bij de trachiet van Colli Euganei (123) werd gevonden. Wij beperken ons hier echter tot de alkalizijde van de Or-Ab-An driehoek.

## II. *De alkaliveldspaten uit diepte- en ganggesteentes.*

Kryptoperthieten, orthoklaas- en ondergeschikt mikroklien-mikroperthieten en albiet corresponderende met respectievelijk de intermediaire- en lage temperatuur serie van OFTEDAHL. De kristallisatietemperatuur van granieten ligt volgens SPENCER (1938, p. 88) tussen  $950^{\circ}$ — $750^{\circ}$  C.

## III. *De alkaliveldspaten uit pegmatieten.*

Bijna uitsluitend mikroklien, vaak met georiënteerd vergroeide aderperthiet en albiet. Het merendeel van de veldspaten uit pegmatieten is boven de temperatuur van het inversiepunt  $\alpha$  kwarts  $\rightleftharpoons$   $\beta$  kwarts,  $575^{\circ}$  C. gekristalliseerd. Volgens SPENCER (1938, p. 88) kristalliseren de granietpegmatieten in het temperatuurgebied van  $750^{\circ}$ — $500^{\circ}$  C.

Er zijn echter talrijke voorkomens bekend van pegmatieten die bij hogere temperaturen gekristalliseerd moeten zijn. In het Oslogebied komen kryptoperthieten algemeen voor in de syenietpegmatieten van de Langesundsfjord (BRØGGER, 1890, p.p. 558—561). SPENCER (1930, p.p. 291—367) beschreef kryptoperthieten (maanstenen) van Ambalangoda, Ceylon, en van Mogok, Burma, die voorkomen in sterk verweerde pegmatieten. LACROIX (1922, p.p. 558—561) beschreef een homogene, gele orthoklaas uit een pegmatiet van Itrongay, Madagascar, die optische eigenschappen verwant aan die van sanidien vertoont. Waarschijnlijk zijn dit voorkomens uit hoge temperatuur provincies onder bijzondere omstandigheden gekristalliseerd zoals door OFTEDAHL (1948, p. 67) voor het Oslogebied waarschijnlijk is gemaakt.

## IV. *De adulaar-albiet paragenese.*

In alpiene „zerrklüfte” uit waterige oplossingen tussen temperaturen van  $450^{\circ}$ — $200^{\circ}$  C. gekristalliseerd (P. NIGGLI, 1940, p. 573). Adulaar komt hoofdzakelijk voor in de rekspletten van basische gesteentes die weinig of geen orthoklaas bevatten. Volgens KOENIGSBERGER (id. p. 580) leverde de kalihoudende plagioklaas, in oplossing gegaan, het materiaal voor de adulaarvorming. In de rekspletten van de granietmassieven van de Aare, St. Gothard en Mont Blanc komt adulaar slechts in ondergeschikte hoeveelheden voor. LINDGREN (1933, p. 610) plaatst deze paragenese onder zijn mesothermale afzettingen. Adulaar en valencianiet zijn niet als oudere dan Tertiaire vormen bekend.

Bij het beoordelen van de meetresultaten kan men rekening houden met het feit dat de gemiddelde fout ongeveer 1 graad is. Om de nauwkeurigheid van het inmeten van de splijtvlakken te bevorderen werd gewerkt met slijpplaatjes die een dikte van 0,05—0,08 m.m. bezaten. NIKITIN (1936, p. 95) beveelt het gebruik van slijpplaatjes zonder dekglas aan omdat bij het geringe verschil in brekingsindex tussen Canadabalsem en mineraal, die met balsem opgevulde splijtreten moeilijk te onderscheiden zouden zijn. Bij ons onderzoek bleek dit bezwaar niet op te wegen tegen het ongerief dat het gebruik van losse dekglasjes met zich mede brengt.

In die gevallen waarbij de constructie van de tweelingsas in de stereografische projectie, de grotecirkels door de overeenkomstige indicatrix-symmetrieassen van beide individuen elkaar in één punt snijden, de foutendriehoek dus een punt is, is dit aangegeven met de term P-diagram (v.g.l. OFTEDAHL, 1948, p. 12). Hiermee wordt aangeduid dat de meting zeer betrouwbaar is.

De pool van de tweelingsas is met A, de pool van het tweelings-vergroeiingsvlak met P aangegeven. Naast de gevonden coördinaten is de interpretatie volgens NIKITIN opgegeven. Waar de metingen uitgevoerd zijn op samengesteld gebouwde lamellen zover dat mikroskopisch na te gaan was, is dit bij de beschrijving vermeld. De veldspaatcomponenten berekend uit de chemische analyses zijn steeds in moleculairpercenten uitgedrukt.

### Mineraalbeschrijving.

#### I. Alkaliveldspaat-eerstelingen uit uitvloeiingsgesteentes.

##### 1. Sanidien uit alkalihoornblende-trachiet, vulkanische bom, Lago de Pollena, Vesuvius. (19)<sup>1)</sup>

Het gesteente heeft een grondmassa met zwak fluidale trachietische structuur. Röntgenografisch kon in de grondmassa alkaliveldspaat met een orthoklaas (A) diagram aangetoond worden (zie p. 53). Als eerstelingen treden op idiomorfe sanidien kristallen die een duidelijke zonaire structuur // (010) vertonen (fig. 3) en insluitsels van hoornblende bevatten. D. max. 5,5 m.m.. Goed in te meten kristallografische elementen zijn schaars. De breukvlakken zijn onregelmatig en glasachtig, vertweeling ontbreekt en de fraaie begrenzingsvlakken zijn door de storende werking van de grondmassa niet goed in te stellen.

Het vlak van de optische assen is niet altijd eenvoudig te onderscheiden van het andere symmetrievlak van de indicatrix waarin de scherpe bisectrix ligt; de kleine assenhoek maakt dat beiden in de 45° stand uitdoving vertonen. Daar het niet zeker is of het vlak van de optische assen loodrecht op- of in het symmetrievlak van de indicatrix ligt, is het niet mogelijk zich op de begrenzingsvlakken te oriënteren. Een onderscheid kan echter gemaakt worden doordat het symmetrievlak van de indicatrix waarin de scherpe bisectrix ligt, loodrecht op het vlak van de optische assen, volledige uitdoving geeft in één stand van de K (A 4)-as (fig. 1 B), terwijl het vlak van de optische assen bij draaiing van de K-as over de assenhoek uitdoving ver-

<sup>1)</sup> Collectienummer.

toont; een intensiteitstoename tussen  $A_1$  en  $A_2$  is bij assenhoeken tot  $25^\circ$  niet waar te nemen (fig. 1 A).

Onderzoek van een groot aantal homogene splijtstukjes toonde de monokliene symmetrie van de sanidien aan, terwijl de gemiddelde waarde van  $\alpha:\alpha=7^\circ$  bleek te zijn. De samenstelling uit de chemische analyse is  $Or_{67.4}Ab_{32.6}$ . Meting aan vijf kristallen gaf een gemiddelde assenhoek  $2V=-23^\circ// (010)$ . Als eerstelingen kwamen verder voor een kleurloze tot lichtgroene hoornblende, aan de randen sterk gechloritiseerd met  $n_\gamma/c$   $39^\circ$  en  $2V=-64^\circ$ , hetgeen een alkalikarakter suggereert. Voorts oxyhoornblende  $n_\gamma/c=0^\circ$ , pleochroïsme  $\alpha$  lichtbruin,  $n\beta=n_\gamma$  donkerbruin en aegiriënaugiet  $n_\gamma/c=83^\circ$ , pleochroïsme  $\alpha=n\beta$  olijfgroen,  $n_\gamma$  geelbruin. Als accessoria magnetiet en apatiet.

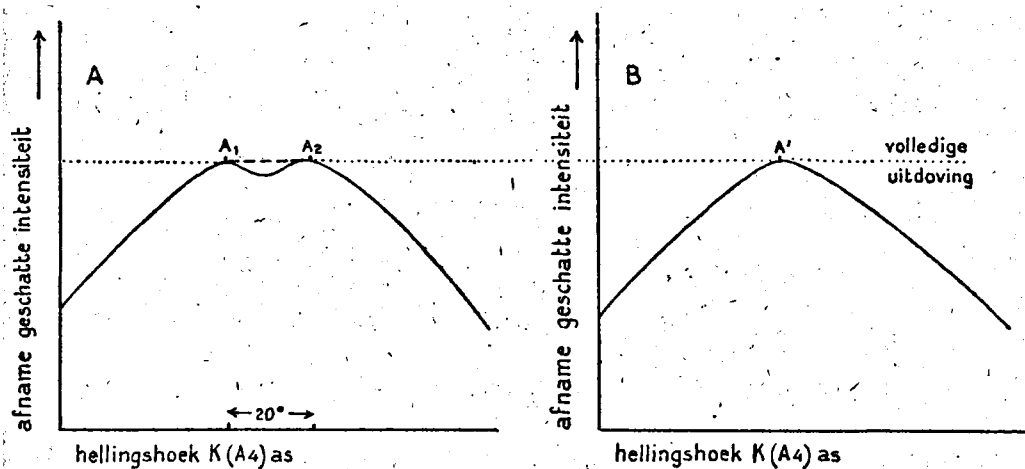


Fig. 1.

Schematische voorstelling van het intensiteitsverloop bij kleine assenhoeken in de  $45^\circ$  stand. A. Het vlak van de optische assen. Toename intensiteit tussen  $A_1$  en  $A_2$  bij kleine hoeken niet waar te nemen, volledige uitdoving tussen  $A_1$  en  $A_2$ . B. Het optische symmetrievlak door de scherpe bisectrix loodrecht op het vlak van de optische assen, geeft volledige uitdoving in één punt,  $A'$ .

## 2. Sanidien Siebengebirge. (20).

Makroskopisch heldere tot melkwhite kristalaggregaten. Onder het microscoop heldere kristallen gestrekt volgens (010) met insluitsels van idiomorfe oxyhoornblende en gewone hoornblende. De begrenzingen tussen de kristallen zijn opgevuld met fijne chloriet- en sericietschubjes. Enkele Karlsbader tweelingen werden gesignaleerd. De meeste kristallen zijn homogeen, sommigen vertonen echter een zonaire bouw, zoals ook door BRAUNS (1922, p. 55) vermeld wordt. Enkele kristallen bezitten een zeer fijne polysynthetische vertweeling in vele richtingen (fig. 2). Deze kristallen liggen vaak wigvormig tussen de grotere homogene sanidien kristallen en hebben waarschijnlijk tijdens de kristallisatie aan druk bloot gestaan. De lichtbreking en de morfologie is dezelfde als die van sanidien. Röntgenanalyse leverde steeds het voor orthoklaas karakteristieke patroon op, zodat

we hier niet met mikrokliën te doen hebben. BAIER (1930, p. 473) meent dat deze fijne vertweeling karakteristiek is voor Na-rijke sanidien. De geringe afmetingen van de kristallen en fijnheid van de vertweeling lieten geen nader chemisch of draaitafelonderzoek toe, zodat we deze mogelijkheid openlaten. Uit de chemische analyse volgt een gemiddelde samenstelling  $Or_{76.3}Ab_{23.7}$  (zie tabel 2). De homogene kristallen leverden de volgende gegevens op de draaitafel:

	$N\gamma$	$N\alpha$	$N\beta$	
Splijting .....	$-3^\circ$	$-87^\circ$	$90^\circ$	(001)

Uit zes metingen werd een gemiddelde  $2V = -34\frac{1}{2}^\circ // (010)$  verkregen.

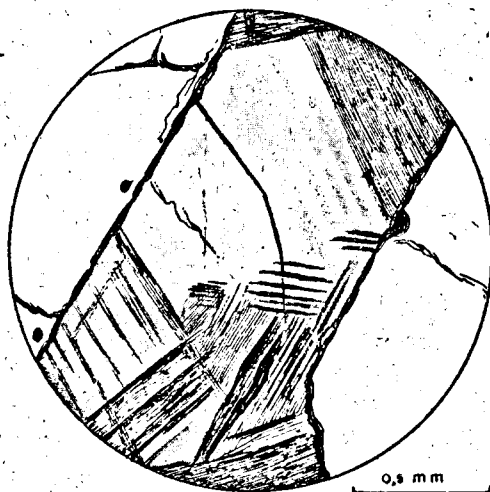


Fig. 2.

Sanidien, Siebengebirge. Fijne polysynthetische vertweeling in vier richtingen en zwak zonaire bouw. Gekruiste nicols.

### 3. Sanidien Drachenfels, Siebengebirge. (49).

Sanidien uit de Drachenfelstracht. Onder het mikroskoop heldere eerstelingen (d. tot 6 m.m.) glasachtig gebroken met insluitsels van oligoklaas, diopsied, biotiet en erts. Volgens BRAUNS (1922, p. 55) bestaan de ertsinsluitsels uit Mn-houdende magnetiet. In hetzelfde werk (id. p. 56) worden chemische analyses vermeld van SCHMIDT (1881) en LEMBERG (1883) waaruit een samenstelling volgt van respectievelijk  $Or_{49}Ab_{43}An_8$  en  $Or_{56}Ab_{41}An_3$ . Uit onze eigen analyse volgt een samenstelling  $Or_{46.5}Ab_{43.7}An_{9.8}$ .

Goed in te meten kristallografische elementen zijn schaars, vertweeling ontbreekt. De assenhoek is groter dan men bij sanidien zou verwachten.

	$N\gamma$	$N\alpha$	$N\beta$	
Splijting .....	$-10^\circ$	$-80^\circ$	$90^\circ$	(001)
$2V = -54^\circ$ (gem. waarde uit meting aan 4 individuen)				



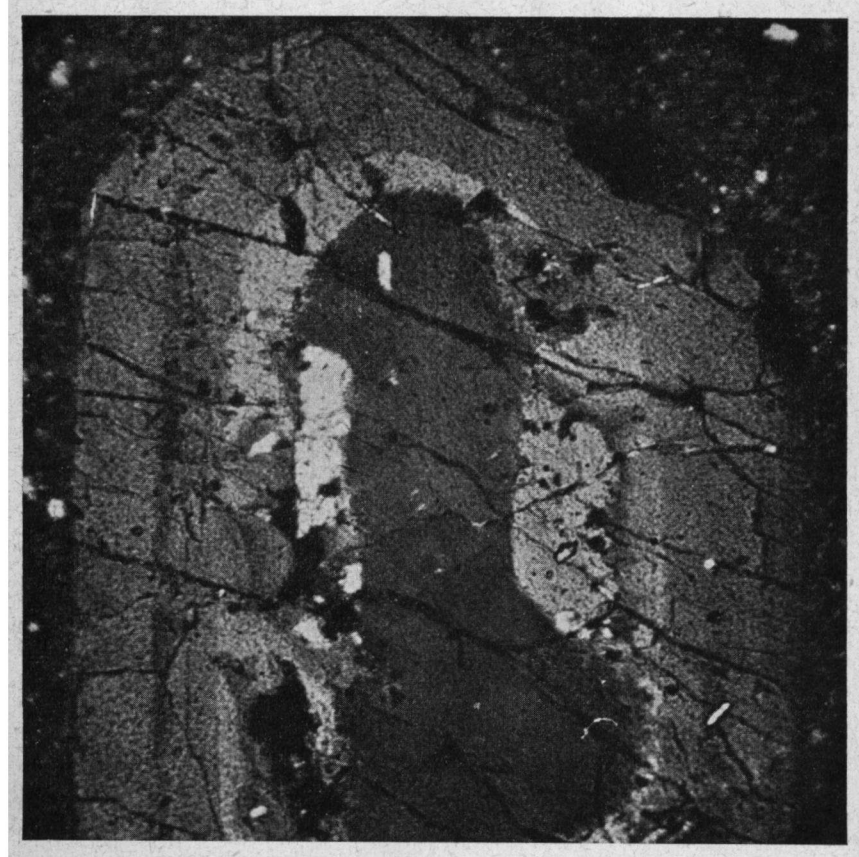


Fig. 3.  
 Zonair gebouwde sanidien, // (010). Lagno de Pollena, Vesuvius.  
 Gekruiste nicols, 35 X lin.  
 Zoned sanidine,  $N(010)$ . Lagno de Pollena, Vesuvius.  
 Crossed nicols. X 35.

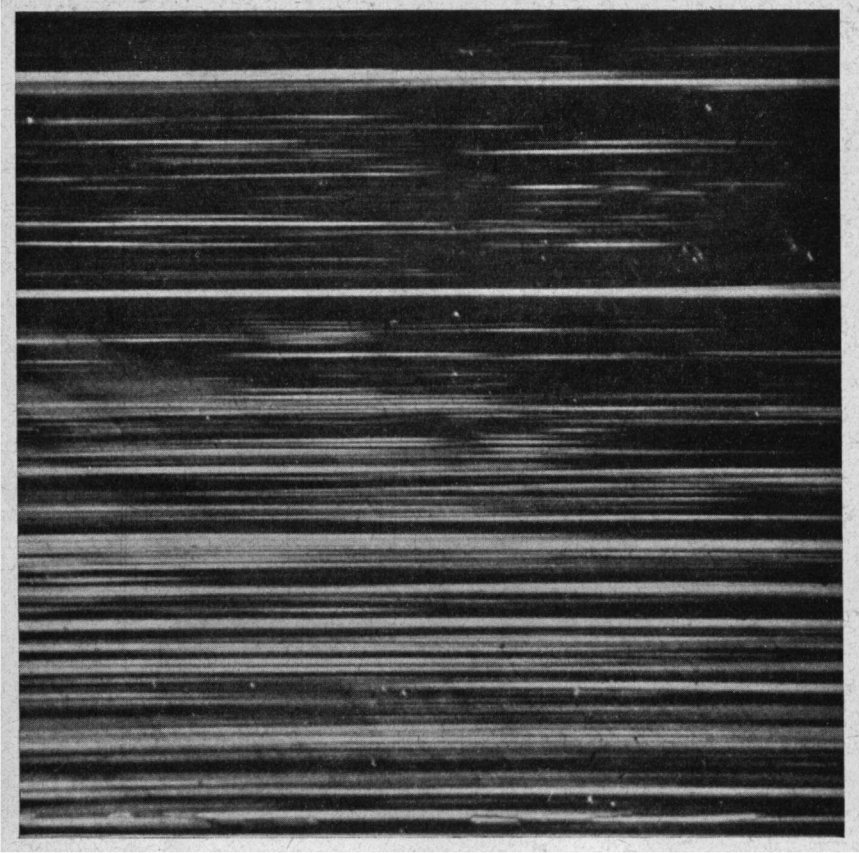


Fig. 4.  
 Anorthoklaas // (001), Mount Anakie, Victoria, Australië. Zeer fijne  
 vertweelingen volgens de albitwet. De lamellen zijn spijlvormig en  
 onder een kleine hoek vertakt. Gekruiste nicols. 35 X lin.  
 Anorthoclase // (001), Mount Anakie, Victoria, Australia. Finely  
 twinned on the Albite law. Note bifurcation of spindle-shaped lamellae.  
 Crossed nicols. X 35.



Fig. 5.

Zonair gebouwd kristal met kern van hoge temperatuur oligoklaas en randzone van anorthoklaas, trachiet van Zovon, Colli Euganei, Italië.  
Gekruiste nicols.  $33 \times$  lin.

Zoned crystal with centre of high temperature oligoclase and border of anorthoclase, trachyte Zovon, Colli Euganei, Italy. Crossed nicols.  $\times 33$ .

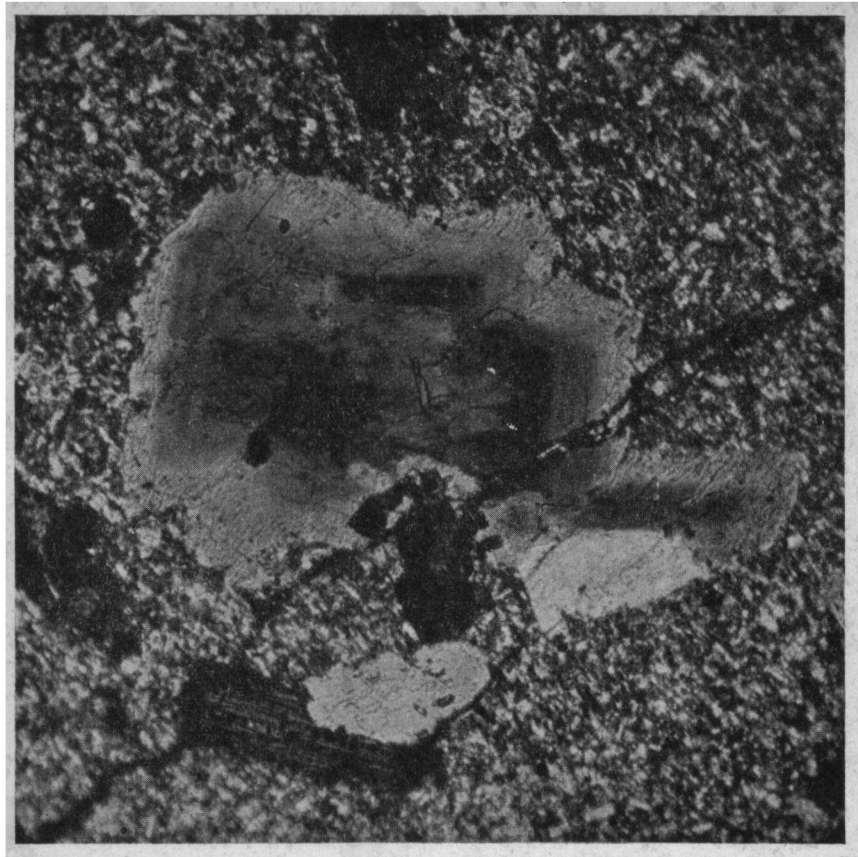


Fig. 6.

Zonair gebouwde anorthoklaas, trachiet van Zovon, Colli Euganei, Italië.  
Gekruiste nicols.  $33 \times$  lin.

Zoned anorthoclase, trachyte Zovon, Colli Euganei, Italy.  
Crossed nicols.  $\times 33$ .

4. *K-Natriumveldspaat uit Pantelleriet, Isola di Pantelleria, ten Z. van Sicilië.* (91).

Als eerstelingen worden in deze door WASHINGTON (1933, p.p. 653—713) beschreven alkalirhyolieten aangetroffen aegirienaugiet, cossyriet en trikliene K-Natriumveldspaat. Deze trikliene veldspaten van Pantelleria zijn bekend door de onderzoekingen van FOERSTNER (1884, p. 333) die waarnam dat bij verhitting de optische trikliene symmetrie in een monokliene veranderd werd, terwijl na afkoeling de kristallen weer triklien bleken te zijn. Dit zou tegen de polysymmetrietheorie van GROTH pleiten en een argument zijn voor de dimorfie van de K-Natriumveldspaat. De door FOERSTNER vermelde inversietemperaturen zijn overigens merkwaardig laag,  $86^{\circ}$ — $264^{\circ}$  C. en MÄKINEN (1917, p. 163) veronderstelt dat deze veldspaten bij gewone temperatuur metastabiël zijn.

De meeste K-Natriumveldspaten uit de pantelleriet vertonen een uiterst fijne lamellering // (010) die meestal slechts bij onderzoek met de Federow-tafel zichtbaar wordt. Deze fijne lamellen laten afzonderlijke inmeting niet toe, zodat slechts de gezamenlijke optische symmetrie bepaald kan worden. De nauwkeurigheid van de gevonden afwijkingen van de monokliene symmetrie is niet zeer groot, mede door de kleine afmetingen van de eerstelingen ( $d. = 0,2$  m.m.).

	$N\gamma$	$N\alpha$	$N\beta$	
Splijting .....	$86^{\circ}$	$-82^{\circ}$	$10^{\circ}$	(001)
Splijting .....	$-8^{\circ}$	$-88^{\circ}$	$82^{\circ}$	(010)
	$2 V_1 = -53^{\circ}$		$2 V_2 = -52^{\circ}$	

5. *K-Natriumveldspaat uit dômiet, Puy de Dôme, Auvergne.* (97).

Eerstelingen van trikliene K-Natriumveldspaat en oligoklaas (13 % An). De K-Natriumveldspaat vertoont een glasachtige breuk en is in de meeste

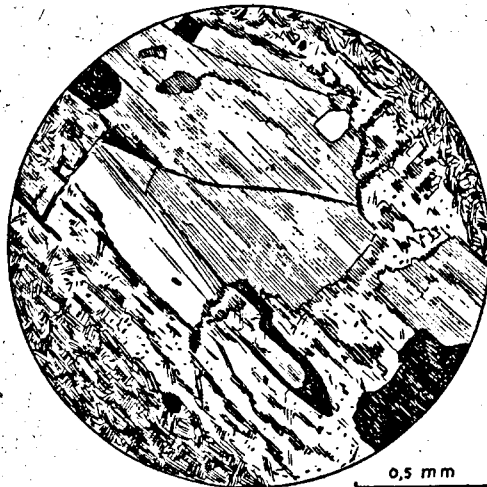


Fig. 7.

Anorthoklaas uit dômiet, Puy de Dôme, Auvergne. Zeer fijne vertweelinging volgens de albietwet. Gekruiste nicols.

gevallen onregelmatig zonair gebouwd; plaatselijk blijkt de trikliene symmetrie uit een groep vage, zeer fijne tweelingslamellen volgens de albietwet (fig. 7). Uit een poederpreparaat bleek dat  $n_\gamma = 1,529$  bij Natriumlicht, dispersie  $\rho > v$ . Volgens LACROIX (1897 II, p. 101) is de anorthoklaas uit de dômiet gewoonlijk met sanidien vergroeid, in het onderzochte gesteente werd echter geen sanidien gevonden. Meting aan een homogeen kristal leverde op:

	$N_\gamma$	$N_\alpha$	$N_\beta$	
Splijting .....	- 89°	12°	78°	(201) anorthoklaas <sup>1)</sup>
	2 V = - 50°			

#### 6. Anorthoklaas, Mount Anakie, Victoria, Australië. (106).

Fragment van een wit glashelder kristal. Samenstelling volgens chemische analyse  $Or_{19,0}Ab_{73,9}An_{7,1}$ .  $N_\gamma = 1,528$ . In de snede // (010) is een zeer fijne en scherpe polysynthetische vertweeling // (010) waar te nemen die ononderbroken over de gehele snede doorloopt. Bij nauwkeurige beschouwing met de Federow-tafel wordt het duidelijk dat de bredere lamellen pseudo-homogeen zijn en opgebouwd uit een aantal kleinere lamellen met een diameter belangrijk kleiner dan de dikte van het slijpplaatje. Men krijgt de indruk dat de fijne verdeling nog verder doorgaat dan met het mikroskoop waar te nemen is, een z.g. submikroskopische vertweeling. De lamellen zijn spolvormig en vertakken zich onder een kleine hoek in evenwijdig lopende dunnere lamellen zoals men dat bij plagioklazen zelden aantreft. Deze fijne lamellering is kenmerkend voor de anorthoklazen (fig. 4).

De fijne „cross-hatch” structuur die ALLING (1921, p. 193) en WINCHELL (1933, p. 367) als kenmerkend voor anorthoklaas beschouwen is eerder karakteristiek voor K-oligoklaas.

Meting aan twee brede homogene lamellen leverde:

	$N_\gamma$	$N_\alpha$	$N_\beta$	
$A_{1-2} = P_{1-2}$ .....	- 5°	- 84°	88°	(010) anorthoklaas
	P-diagram 2 V = - 46°			

Individu I en II vertweelngd volgens de albietwet.

#### 7. Anorthoklaas uit trachiet van Zovon, Colli Euganei, Italië. (123).

Dit gesteente werd als „trachite acida” beschreven door SCHIAVINATO (1948, p. 12). Hij vermeldt als eerstelingen zonaire plagioklaas kristallen met een samenstelling variërend van kern naar rand van 55 %—26 % An, begeleid door kleine hoeveelheden sanidien, anorthoklaas en biotiet gelegen in een mikrokristallijne grondmassa, door SCHIAVINATO gekarakteriseerd als „plagioclasico-sanidinica” met weinig kwarts, enige biotiet, magnetiet, augiet en apatiet. Bij ons onderzoek van materiaal van dezelfde vindplaats werd onder de eerstelingen geen sanidien aangetroffen, terwijl anorthoklaas en zure plagioklaas in ongeveer gelijke hoeveelheden voorkomen. Bij een aantal

<sup>1)</sup> Interpretatie volgens NIKITIN.

zonair gebouwde kristallen werd een volgens de albiet- en periklienwet vertweelinge kern gevonden met een samenstelling van 26 % An. en  $2V = -84^\circ$ , geleidelijk overgaande in een onvertweelinge randzone met vlekke uitdoving en  $2V = -60^\circ$ ,  $n\beta$  1,523. Deze zonaire opeenvolging van oligoklaas en anorthoklaas (fig. 5) wijst er op dat deze een ononderbroken serie mengkristallen vormen bij hoge temperaturen. KUNO (1950, p. 966) vond overeenkomstig gebouwde zonaire kristallen in de uitvloeiingsgesteentes van de Hakonevulkaan ten S. W. van Tokio.

## II. Alkaliveldspaten uit diepte- en ganggesteentes.

### 8. *Kryptoperthiet, Bohemen.* (48).

Makroskopisch: wit kristal waarin de orthoklaassubstantie een blauwglanzende maansteenreflectie geeft, doorschoten met melkwitte dradige albietaders die mat blijven onder opvallend licht.

Onder het mikroskoop zijn twee perthietische systemen te onderscheiden: een grove mikroperthiet waarvan de albiet vertweelinge is volgens de albietwet en volgens (010) georiënteerd gerangschikt en zwakkere schaduwperthiet in de velden die makroskopisch de maansteenreflectie geven. SPENCER (1930, p. 362) die temperatuurproeven met dergelijke schaduwperthieten verrichtte, acht het waarschijnlijk dat deze eerder ontmengd is dan de grovere mikroperthiet.

De samenstelling uit de chemische analyse is  $Or_{64.7}Ab_{32.4}An_{2.9}$  (zie tabel 2). Wanneer we het volume van de perthietische albiet op 17 % schatten, is er een even grote hoeveelheid Na-component in het orthoklaasrooster opgenomen, hetgeen overeenkomt met het röntgenografisch bepaalde Ab-gehalte.

De draaitafelbepaling voor de orthoklaassubstantie gaf

	$N\gamma$	$N\alpha$	$N\beta$	
Splijting .....	$90^\circ$	$-82^\circ$	$8^\circ$	(001) Na-rijke orthoklaas
		$2V = -52^\circ$		

### 9. *Orthoklaas mikroperthiet uit biotietgraniet, Chadenet, Auvergne.* (50).

Onder het mikroskoop vertoont zich een perthietische Na-Kaliumveldspaat uit een biotietgraniet waarbij de perthietische albiet in een aderen vlekkenpatroon van variërende afmetingen voorkomt. In enige van die grovere perthietstructuren is de albiet volgens de periklien- en albietwet vertweelinge waarbij één van de lamellensystemen dezelfde oriëntatie heeft als de Na-Kaliumveldspaat; het geheel maakt daarom de misleidende indruk van een mikrolienvertweelinge in de Na-Kaliumveldspaat.

Een overeenkomstig geval beschrijft OFTEDAHL (1948, p. 32) bij zijn bespreking van de veldspaten van een aegirienhoudende kwartsporfier van het Oslodistrict. Deze werden oorspronkelijk door BRØGGER beschreven als „moiré-mikroklien” waarbij de lamellen volgens de albietwet vertweelinge elkaar onregelmatig doordringen. Volgens OFTEDAHL heeft BRØGGER hier de onvertweelinge perthietische albiet voor een mikrolienvertweelinge in de Na-Kaliumveldspaat aangezien, een vergissing die bij dit type van perthietische structuren gemakkelijk kan plaats vinden.

	$N\gamma$	$N\alpha$	$N\beta$	
$A_{1-2}$ .....	90°	— 81°	9°	(001) $2V = -52^\circ$
Splijting .....	90°	— 81°	9°	(001) $2V = -50^\circ$
Splijting .....	88°	— 26°	64°	(100) Na-orthoklaas

Het vergroeiingsvlak is zeer onregelmatig en kon niet ingemeten worden, maar wordt in ieder geval door de (001) splijting gesneden zodat we hier niet te doen hebben met de Manebacher tweelingswet zoals verwacht kon worden.

Meting aan twee andere individuen zonder goed vast te leggen kristallografische richtingen leverde een grotere assenhoek op n.l.  $2V = -58^\circ$  en  $2V = -62^\circ$ .

10. *Orthoklaas mikroperthiet uit alkaligraniet, Brateindal, Liottagebergte, Roemenië.* (51).

Onder het mikroskoop vinden we in de mikroperthiet fijne perthietische albietaders, globaal volgens de splijtrichtingen gerangschikt; als insluitsels komen voor gepinitiseerde cordieriet en biotiet.

	$N\gamma$	$N\alpha$	$N\beta$	
Splijting .....	90°	— 84°	6°	(001) normale orthoklaas
		$2V = -44^\circ$		

11. *Mikroklien uit twee-glimmergraniet met orbitulaire textuur, Tatri Viego, Tacuman, Argentinië.* (52).

Sterk gekaoliniseerde Na-Kaliumveldspaat fenokristen, zowel in de fijnkorrelige chlorietrijke kogelpartijen als in de leukokrate grofkorrelige tussenmassa. Zij vertonen een unduleuze uitdoving tengevolge van een deformatie die ook duidelijk zichtbaar is in de geplooid glimmerpakketten. Slechts in één grote fenokrist (d. 3 m.m.) werden fijne perthietsnoeren en een mikroklienvertweeling gevonden, de Na-Kaliumveldspaat is verder geheel vrij van perthietische albiet of mikroklienstructuur.

	$N\gamma$	$N\alpha$	$N\beta$	
Splijting .....	— 19°	— 73°	81°	(010) mikroklien

Een voorbeeld van onvertweelingde mikroklien (vgl. GYSEN 1928).

12. *Mikroklienperthiet uit biotietgraniet, Thüringerwald.* (53).

Onder het mikroskoop is waar te nemen dat de mikroperthiet doorschoten is met een stelsel van scherp omgrensde wormvormige albietfiguurtjes overeenkomende met de „string”perthiet in de classificatie van ANDERSEN (1928, p.p. 149—153) die aan het einde spits toelopen en in langsdoorsnede ongeveer de vorm van een integraalteken hebben (gem. d. 0,3 m.m.), zie fig. 11). Daarnaast komt een onregelmatig omgrensde perthietische ader-albiet voor, die in tegenstelling met het eerstgenoemde systeem sterk geriecitiseerd is en waarvan de algemene richting een hoek van  $40^\circ$  in (001) maakt met het „string” perthiet systeem. Tezamen neemt de albiet 30 % van het Na-Kaliumveldspaatvolume in.

	$N\gamma$	$N\alpha$	$N\beta$	
Splijting .....	$-76^\circ$	$-22^\circ$	$73^\circ$	(110) mikroklien

Een voorbeeld van onvertweelingde mikroklien.

13. *Orthoklaas mikroperthiet uit biotietgraniet, Brocken, Harz.* (54).

De Na-Kaliumveldspaat is zwak gekaoliniseerd, perthietische albiet komt in kleine hoeveelheden voor. Plaatselijk is een mikrografische ver-groeiing met kwarts waar te nemen.

	$N\gamma$	$N\alpha$	$N\beta$	
$A_{1-2}$ .....	$46^\circ$	$-83\frac{1}{2}^\circ$	$45^\circ$	(021) Na-rijke orthoklaas
Splijting ind. I ...	$0^\circ$	$90^\circ$	$90^\circ$	(010) " "
Splijting ind. II ...	$80^\circ$	$90^\circ$	$9^\circ$	(001) " "
	$2V$ (ind. I) = $-70^\circ$			

Individu I en II zijn vertweelingd volgens de Bavenowet. P-diagram.

14. *Orthoklaas mikroperthiet uit biotietgraniet, Baveno, Lugano.* (55).

De gekaoliniseerde Na-Kaliumveldspaat is geheel opgevuld met dunne snoeren perthietische albiet, (d. gem. 0,04 m.m.).

	$N\gamma$	$N\alpha$	$N\beta$	
Splijting .....	$88^\circ$	$-84^\circ$	$6^\circ$	(001) normale orthoklaas
	$2V = -66^\circ$			

15. *Orthoklaas mikroperthiet uit Rapakiwi-graniet, zwerfsteen, Wieringen, N. Holland.* (56).

De Na-Kaliumveldspaat is sterk gekaoliniseerd en gesericitiseerd zoals bij de normale verwerkingstoestand van de Rapakiwi's te verwachten is. De voorkomende aderalbiet is eveneens sterk omgezet. Plaatselijk liggen hoekige en scherp begrensde fragmenten van kwarts, groene hoornblende en chloriet richtingloos in de Na-Kaliumveldspaatmassa, een voor granieten merkwaardige poikilitische structuur:

	$N\gamma$	$N\alpha$	$N\beta$	
Splijting .....	$90^\circ$	$-81^\circ$	$9^\circ$	(001) Na-rijke orthoklaas
	$2V = -70^\circ$			

16. *Mikroklien, Chiarogneis, Bergamasker Alpen, Lombardije, Italië.* (133).

De kaliveldspaat uit de Chiarogneis werd beschreven door DE SITTER en DE SITTER—KOOMANS (1949, p. 31 en 33, fig. 3) als orthoklaas kristallen waarin tengevolge van druk een begin van mikroklien tweelingslamellering optreedt, terwijl de andere kristallen geheel door mikroklien tweelingslamellen opgevuld worden. Ons Federow-onderzoek van de onvertweelingde kristallen toonde echter aan dat deze een optische trikliene symetrie en assenhoek kenmerkend voor mikroklien bezaten. De kaliveldspaat van de Chiarogneis bestaat dus voor een groot deel uit onvertweelingde mikroklien terwijl orthoklaas niet voorkomt. Bij het gehele onderzoek werd overigens in geen

enkel geval orthoklaas en mikroklien tezamen in een gesteente aangetroffen, hetgeen overeenkomt met de waarnemingen van BAIER (1930, p. 473).

	$N\gamma$	$N\alpha$	$N\beta$	
Splijting .....	$77^\circ$	$-83^\circ$	$14^\circ$	(001) mikroklien
	$2V = -83^\circ$			

Gedeeltelijk vertweelingde mikroklien.

### III. Alkaliveldspaten uit pegmatieten.

#### 17. *Orthoklaas, Transsylvanië. (6).*

Verwerde zuilvormige kristalletjes uit een toermalijn voerende pegmatiet. Vertoont onder het mikroskoop gearceerde velden van zeer fijne verwerkingsspleetjes // (001). Perthietische albiet ontbreekt.

	$N\gamma$	$N\alpha$	$N\beta$	
Splijting .....	$89^\circ$	$-83^\circ$	$7^\circ$	(001) normale orthoklaas
	$2V = -64^\circ$			

#### 18. *Orthoklaas mikroperthiet, Schneeberg, Saksen. (9).*

Vleeskleurig kristal met (110), (130), (111) en (010), vertweelingd volgens de Bavenowet. Een regelmatig patroon van oplossingsgroeven in de splijtrichtingen geeft een merkwaardig verweringsbeeld. Onder het mikroskoop blijkt dat in het waterheldere kristal ketens van ertsblaadjes (goethiet) optreden in de splijtvlakken, tezamen met goed ontwikkelde muscovietblaadjes (d. 0,4 m.m.) die ook in nesten kunnen voorkomen. Waarschijnlijk zijn de muscoviet en de orthoklaas gelijktijdig of kort na elkaar gekristalliseerd terwijl de ertshoudende oplossingen later langs de splijtreten binnendrongen (fig. 12). Perthietische albiet komt in onregelmatig verdeelde vlekken voor.

	$N\gamma$	$N\alpha$	$N\beta$	
Splijting .....	$90^\circ$	$-86^\circ$	$4^\circ$	(001) normale orthoklaas
$A_{1-2}$ .....	$-45^\circ$	$-87^\circ$	$45^\circ$	(021) Bavenowet
	$2V = -53^\circ$			

Vergroeiingsvlak onregelmatig.

#### 19. „*Orthoklaas*” *Baveno. (1, 2, 69)*

De veldspaten van de klassieke vindplaats in de graniet van Baveno, Piëmont, Italië werden voor het eerst door PATER PINI in 1779 beschreven. De hier onderzochte individuen zijn waarschijnlijk afkomstig van Fariolo, 2 km. ten W. van Baveno, gelegen aan de N. E. helling van de Monte Motterone. Chemische samenstelling volgens HIRTZE (1897, Kalifeldspath C L)  $Or_{87.1}Ab_{11.1}An_{1.8}$ . Een nieuwe alkali bepaling voor specimen 69 leverde op  $K_2O$  9,09  $Na_2O$  3,55, corresponderende met  $Or_{82.9}Ab_{37.1}$  hetgeen beter met onze optische waarnemingen overeenkomt.

Bij het röntgenonderzoek viel onmiddellijk op dat deze standaardvoorbeelden van monokliene kaliveldspaat een poederdiagram opleverden, over-



eenkomende met dat van mikroklien met in enige gevallen additionele albietlijnen.

(1) Vleeskleurig kristal gestrekt langs de a-as en begrensd door (010), (001), (110) en (201). De sterk gekaoliniseerde veldspaat is voor een groot deel (gem. 25 %) omgezet in albiet die met brede tweelingslamellen georiënteerd volgens de oorspronkelijke kaliveldspaat-splijtrichtingen, langs de onregelmatige Baveno-vergroeivlakken ligt (fig. 8). De albiet (10 % An,

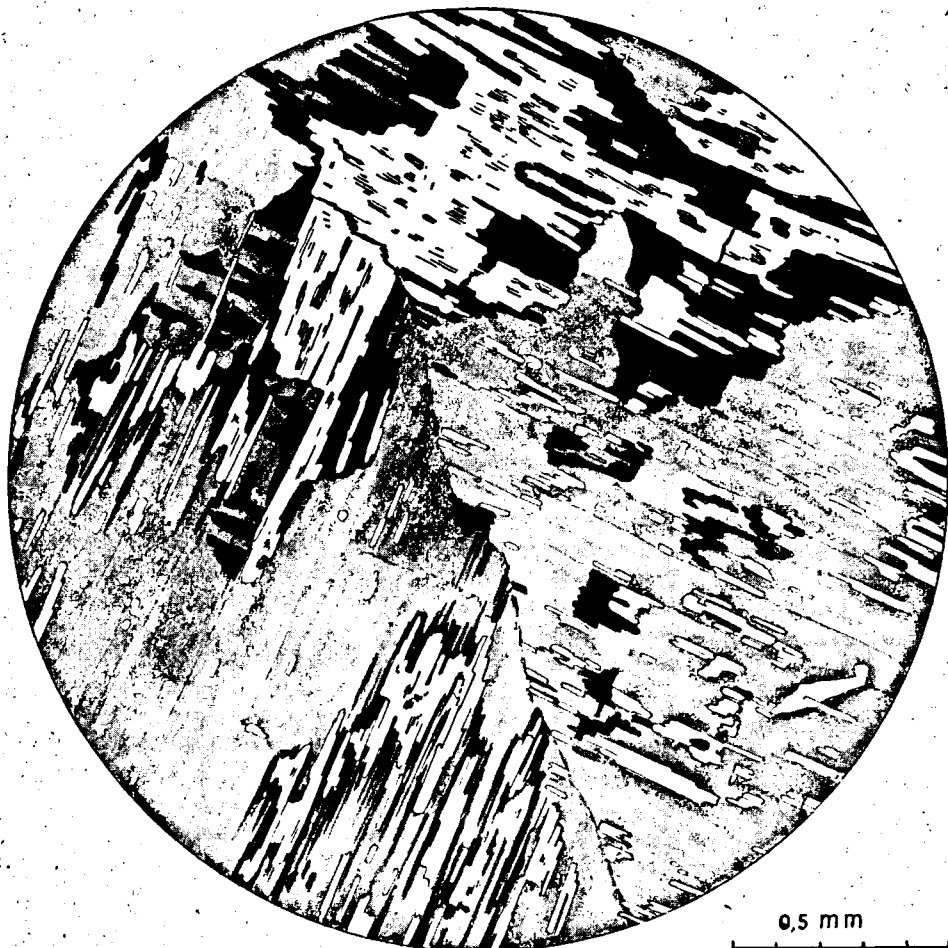


Fig. 8.

Pseudomorfose van mikroklien (grijs) naar orthoklaas van Baveno. Het tweelingsvlak (010) van de albiet (zwart en wit) is evenwijdig aan (010) van de kaliveldspaat georiënteerd.

' $2V = +84^\circ$ ) vertoont ook hier enige kaolinisering maar is vooral sterk doorschoten met goethiet-insluitels die langs de splijtrichtingen vergroeid zijn en vooral aan de grens met de kaliveldspaat en in de kleinere albiet-vlekjes voorkomen. Voor de kaliveldspaat werd gevonden:

	$N\gamma$	$N\alpha$	$N\beta$	
$A_{1-2}$ .....	$37^\circ$	$88^\circ$	$52\frac{1}{2}^\circ$	(021) mikroklien
$P_{1-2}$ .....	$41^\circ$	$81^\circ$	$51^\circ$	(021) „
Splijting .....	$-16^\circ$	$-76^\circ$	$84^\circ$	(010) „
	$2V_1 = -82^\circ$		$2V = -75^\circ$	

P-diagram.

Ind. 1 en 2 vertweelind volgens de Bavenowet, normale hemitropie.

(2) Weinig verveerd, ivoorwit kristal, gestrekt langs de a-as. Mikroskopisch zeer fijnkorrelig, zwak geakoliseerd aggregaat waarin plaatselijk fijne albietkristalletjes (d. 0,03 m.m.) en langgerekte homogene partijen met  $n\alpha' = 1,518$  en duidelijke (001) splijting (zie fig. 9). De structuur van de

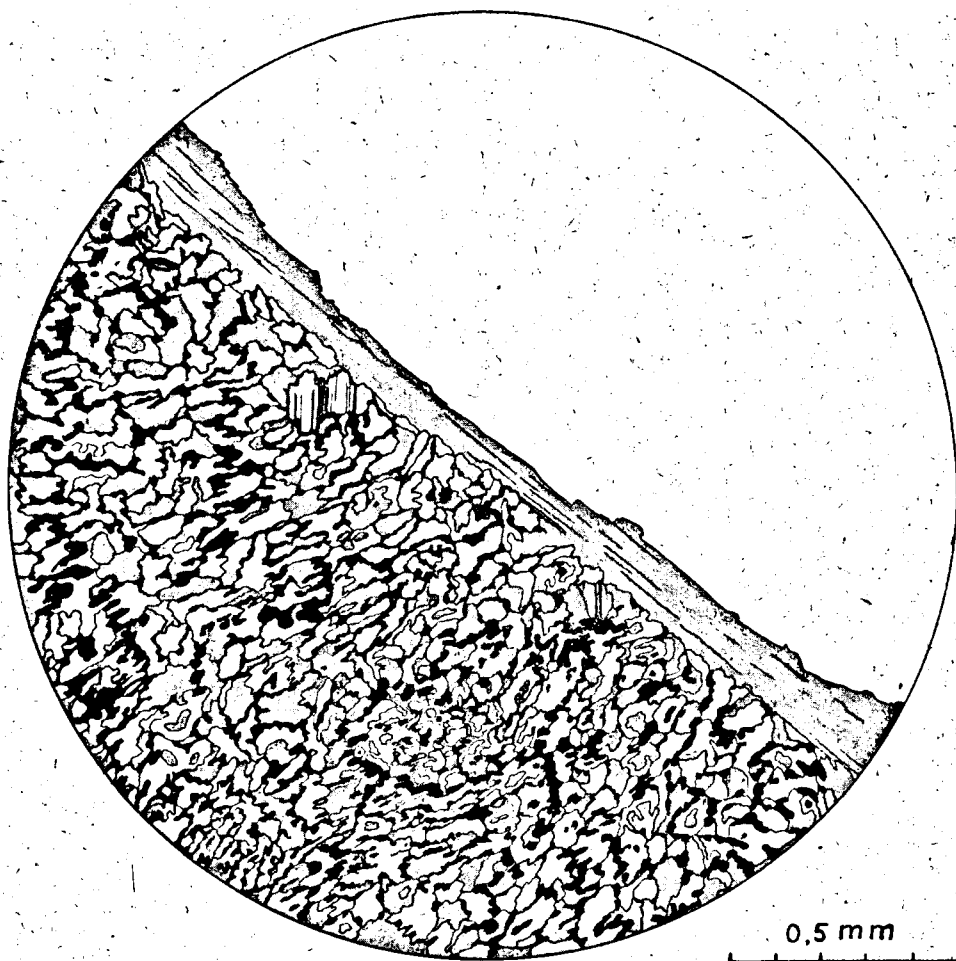


Fig. 9.

Pseudomorfose van mikroklien naar orthoklaas van Baveno. Naast de langgerekte rest van het oorspronkelijke orthoklaaskristal een fijn aggregaat van mikroklien- en albiet kristallen.

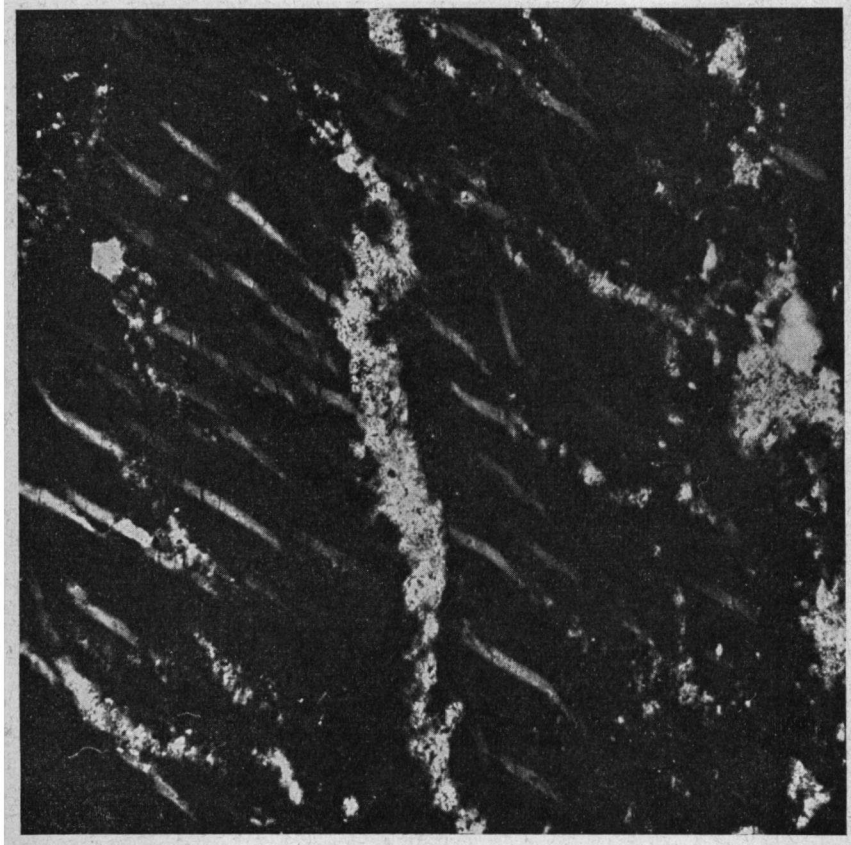


Fig. 11.  
 Onvertweelingde mikroklien met „string”perthiet en ader-albit.  
 Biotiet graniet, Thüringerwald. Gekruiste nicols.  $90 \times$  lin.  
 Untwinned microcline with string-perthite and vein-albite.  
 Biotite-granite, Thüringerwald. Crossed nicols.  $\times 90$ .

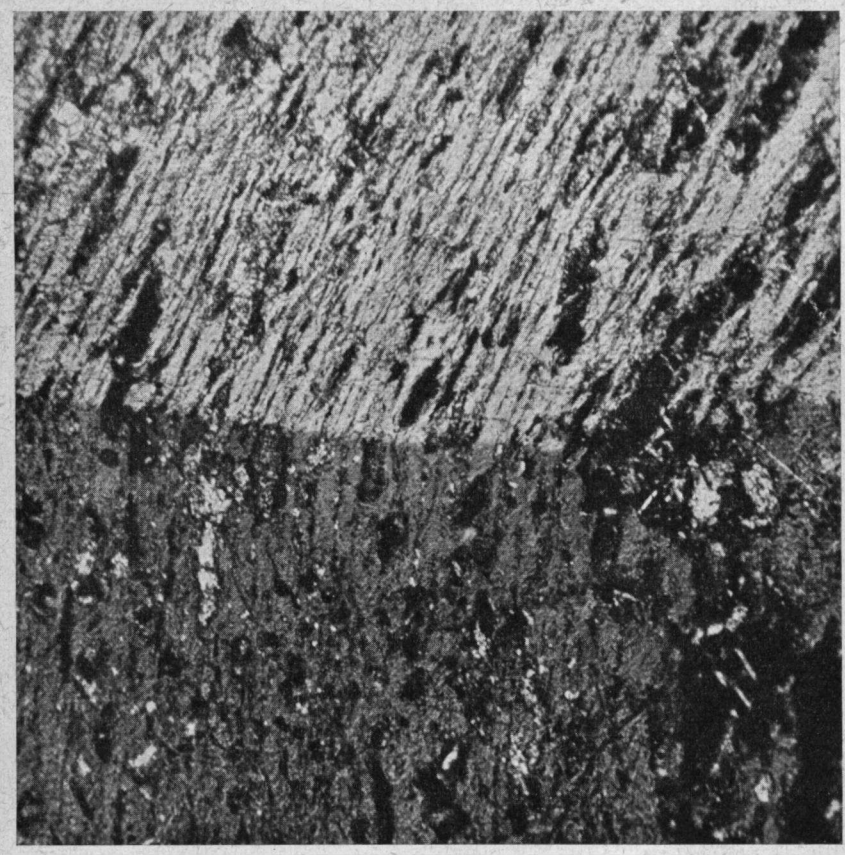


Fig. 12.  
 Orthoklaas, Schneeberg, Saksen. Vdtweelingd volgens de Bavenowet.  
 Gekruiste nicols.  $33 \times$  lin.  
 Baveno-twinned orthoclase, Schneeberg, Sachsen.  
 Crossed nicols.  $\times 33$ .

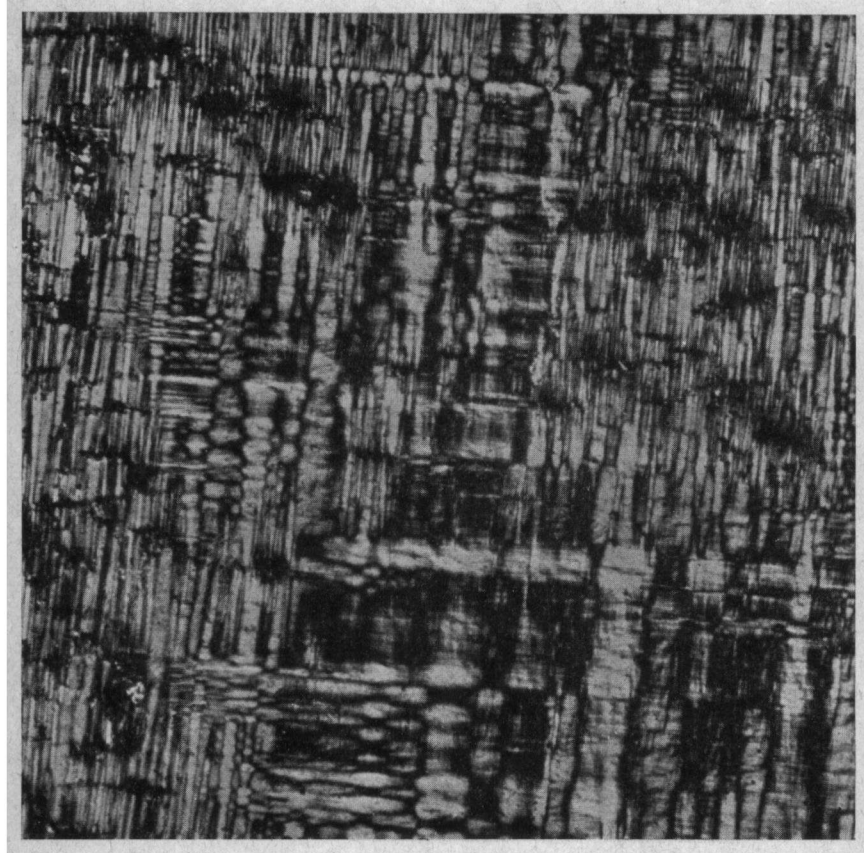


Fig. 13.  
 Grof vertweelinge mikroklien // (001), Søndeled, Oslogebied. De stre-  
 pende uitdoving van de lamellen wordt gedemonstreerd doordat in deze  
 waarnemingsstand alleen de randen van de lamellen uitdoving vertonen.  
 Gekruiste nicols.  $90 \times$  lin.  
 Coarsely twinned microcline // (001), Søndeled, Oslo-district. Changing  
 extinction-angles of lamellae indicated by extinction or marginal zones.  
 Crossed nicols.  $\times 90$ .

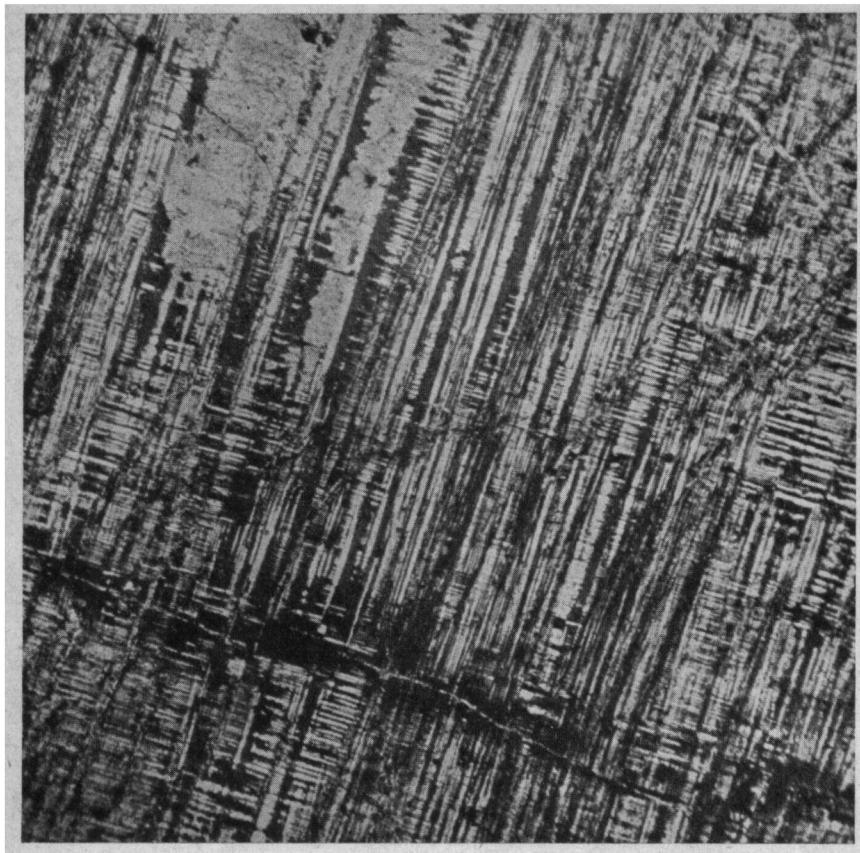


Fig. 14.  
 Mikroklien perthiet // (001), Castelgroeve, Arendal, Noorwegen. De twee-  
 lingslamellen zijn ongewoon sterk ontwikkeld // de b-as. De secundaire  
 albiet (rechts boven) ligt gestrekt langs de b-as van de mikroklien.  
 Gekruiste nicols.  $33 \times$  lin.  
 Microcline-perthite // (001), Castel-quarry, Arendal, Norway.  
 Twinning lamellae elongated along the b-axis.  
 Crossed nicols.  $\times 33$ .

fijnkorrelige massa is te fijn om de aard van de bestanddelen en hun onderlinge relatie vast te stellen. De voor meting toegankelijke langgerekte kristallen leverden op:

	$N\gamma$	$N\alpha$	$N\beta$	
Splitsing .....	89°	-82°	8°	(001)
	$2V = -82^\circ$			

Deze splitsings coördinaten vallen tussen de waarden voor normale en Na-rijke orthoklaas van NIKITIN, de assenhoek zou op mikrokliën wijzen.

(69) Weinig verveerd wit kristal met roze vlekken, vertweelgd naar (021) met (010), (110), (130) en (021) als begrenzingsvlakken. Dit kristal dat in een achttal slijpplaatjes onderzocht werd, blijkt de sleutel te leveren tot het probleem van de aard van de fijnkorrelige Na-Kaliumveldspaat waaruit de „orthoklaas” van Baveno is opgebouwd. Onder het mikroskoop werd gevonden een net van albietvlekken (d. 0,08—0,03 m.m.) met scherpe tweelingslamellen en ertsinsluitsels gelegen in een fijnkorrelig mozaïek van Na-Kaliumveldspaat (d. 0,03—0,005 m.m.,  $n\alpha' = 1,519$ ) dat bij nauwkeurige waarneming twee systemen van uiterst fijne, onregelmatig gerangschikte polysynthetische tweelingen vertoont (fig. 10), die op een trikliene symmetrie wijzen. Waarschijnlijk zijn deze moeilijk waar te nemen lamelletjes te be-



0,04 mm

Fig. 10.

Zeer fijn vertweelgde mikrokliën Baveno met // (010)  
georiënteerd vergroeide aderperthiet.

schouwen als een mikrokliën vertweeling in eerste aanleg — hoewel zeer verschillend van de door ALLING afgebeelde initiële mikrokliënvertweeling (1923, plate I) — hetgeen in overeenstemming is met de resultaten van het röntgen-poederonderzoek dat in alle gevallen een mikrokliën patroon opleverde. De gegevens van de onderzochte individuen combinerend komen we

tot de conclusie dat de oorspronkelijke instabiele monokliene Baveno-orthoklaas gerekristalliseerd is tot een fijn mikrokliën-aggregaat met gelijktijdige kristallisatie van albiet (69) gevolgd door verdere albitisatie (1 en 2). Hoewel het niet zeker is in hoeverre de onderzochte individuen representatief zijn voor de karakteristieke Baveno-veldspaat, is het waarschijnlijk dat de fraaie exemplaren die in vele mineralogische verzamelingen als Baveno-orthoklaas tentoongesteld zijn bij nader onderzoek uit mikrokliën zullen blijken te bestaan.

#### 20. Mikrokliën, Søndeled ten S.W. van Oslo. (4).

Een snede // (001) vertoont een fraaie mikrokliënvertweeling in ruitvormige velden, begrensd door een zeer fijn, sterk gesericitiseerd ader-albietsysteem dat als geheel een hoek van ong.  $60^\circ$  met de (010) splijting maakt in (001), (fig. 13).

	$N_\gamma$	$N_\alpha$	$N_\beta$	
$P_{1-2}$ .....	$-16^\circ$	$-79^\circ$	$82^\circ$	(010) mikrokliën
$A_{1-2}$ .....	$-19^\circ$	$-74^\circ$	$81^\circ$	(010) „

Individu 1 en 2 vertweelngd volgens de albietwet. 5 metingen aan snedes // (010) en (001) gaven een gemiddelde assenhoek van  $2V = -83\frac{1}{2}^\circ$ . Samenstelling uit chemische analyse  $Or_{92,8}Ab_{6,8}An_{1,4}$ . Deze mikrokliën bevat opvallend weinig vrije albiet; in het röntgen-poederdiagram zijn dan ook geen albiëtlijnen waar te nemen.

#### 21. Mikrokliën perthiet, Zweden. (11).

Blauw-grijs kristal dat op (001) al makroskopisch een tweelingsnet vertoont. Onder het mikroskoop is een grove, vlamvend uitdovende mikrokliënvertweeling waar te nemen, doorschoten met een net van perthietische albietaders. Duidelijk is het verband zichtbaar tussen het onregelmatige grensvlak van de albietaders en de opbouw van het mikrokliën tweelingsnet; van iedere onregelmatigheid aan dit grensvlak straalt een tweelingslamel uit (fig. 15) zoals in optisch inhomogene adularen de strepende uitdoving zich

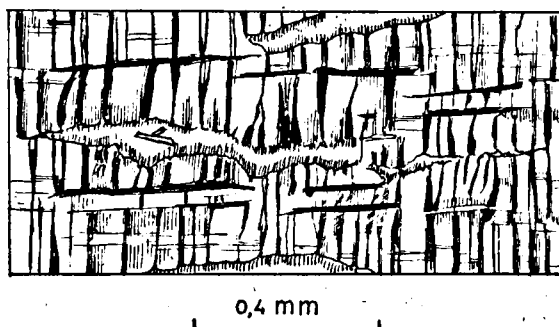


Fig. 15.

Mikrokliën perthiet, Zweden. De mikrokliëntweelingslamellering is afhankelijk van de aderperthiet gevormd. Gekruiste nicols.

rond onregelmatigheden en insluitsels manifesteert. Hieruit volgt dat deze aderperthiet waarschijnlijk niet secundair is en dat de mikroklien en de albiet gelijktijdig gekristalliseerd kunnen zijn. Gemiddelde waarde  $\alpha: \alpha = 14^\circ$ .

22. *Mikroklien perthiet, (amazonesteen), Bodenmais, Beieren.* (13).

Vertoont een mikroklienvertweeling in fijne „ets”lijnen. In het snijpunt van de beide lamellensystemen ontbreken de vaak karakteristieke gewrichtsvormige verdikkingen. Het mineraal is sterk perthietisch (20 %Ab). De albietvlekken (d. 0,6—0,05 m.m.) liggen in een gericht systeem over het mikroklientweelingsnet en vertonen een vertweeling volgens de albietwet. De hoofdrichting van het systeem maakt een hoek van  $60^\circ$  met de (010) splijting in (001).

	$N_\gamma$	$N_\alpha$	$N_\beta$	
Splijting .....	$-18^\circ$	$-75^\circ$	$80^\circ$	(010) mikroklien

23. *Mikroklien perthiet, (amazonesteen), Siberië.* (14).

Onder het mikroskoop is een fijn mikroklientweelingsnet waar te nemen waarin een systeem van langgerekte perthietische albiet (d. 0,4 m.m.). De assen van iedere albietvlek lopen streng evenwijdig gericht volgens een lijn die een hoek van  $60^\circ$  maakt met de (010) splijting in (001) (fig. 23). De aderalbiet is hier duidelijk jonger dan de mikroklienvertweeling. Meting aan een grotere homogene lamel leverde op:

	$N_\gamma$	$N_\alpha$	$N_\beta$	
Splijting .....	$-19^\circ$	$-71^\circ$	$86^\circ$	(010) mikroklien

24. *Ru-houdende mikroklien uit pegmatiet van Varuträsk, Skellefteå, Zweden.* (15).

Makroskopisch bleek rose van kleur, bevat volgens analyse 3 % RuO. Onder het mikroskoop is een grove mikroklienvertweeling zichtbaar, plaatselijk overgaande in een fijne vogelveer tweelingsstructuur. Daarnaast zijn grote vlakken geheel vrij van tweelingslamellen, hoewel de optische symmetrie die van mikroklien is (fig. 22). De ingesloten albiet vertoont vertweeling volgens de albietwet parallel met die in de mikroklien. Het albietsysteem in zijn geheel is echter niet georiënteerd gerangschikt. De kaolinisatie van de mikroklien is beperkt tot de vertweelings gedeeltes en is volgens de lamellen georiënteerd.

	$N_\gamma$	$N_\alpha$	$N_\beta$	
Splijting .....	$78^\circ$	$-83^\circ$	$14^\circ$	(001) mikroklien
	$2V = -81^\circ$			

25. *Mikroklien perthiet, (amazonesteen), Ilmengebirge, Oeral.* (16).

Mikroskopisch zeer fijn mikroklientweelingsnet waarbij de twee gezamenlijk uitdovende lamellensystemen in een zeer ongelijke verhouding aanwezig zijn (20:1). De perthietische albiet treedt op als fijne druppelvormige „string”perthiet (d. 0,03 m.m.) langs de (100) splijting, terwijl een systeem

van grotere vlekken (d. 0,4—1 m.m.) gerangschikt is langs een richting die een hoek van  $60^\circ$  met de (010) splijting in (001) maakt. Dit systeem snijdt de mikroklienvertweeling en is dus later gevormd. In deze grotere vlekken treedt vertweeling volgens de albietwet op, parallel met die in de mikroklien.

	$N_\gamma$	$N_\alpha$	$N_\beta$	
Splijting .....	$81^\circ$	$-82^\circ$	$12^\circ$	(001) mikroklien
Splijting .....	$-80^\circ$	$-22^\circ$	$71^\circ$	(110) „
	$2V = -84^\circ$			

26 *Mikroklien perthiet, (amazonesteen), Swerdlowsk, Oeral.* (17).

Onder het mikroskoop vertoont zich een regelmatige mikroklienvertweeling van het type waarbij de lamellen de karakteristieke insnoeringen en ronde uitstulpingen vertonen. In de onregelmatig verdeelde perthietische albietvlekken (d. 1—2 m.m.) zijn nog resten van de oriëntering van de mikroklienlamellen zichtbaar (fig. 24). Deze „patch”perthiet is dus het product van een latere metasomatose waarbij een gedeelte van de mikroklien werd omgezet. Overeenkomstige structuren beschreef HIGAZY (1949, p. 562) bij een onderzoek van de perthiet pegmatieten in de Black Hills, South Dakota.

	$N_\gamma$	$N_\alpha$	$N_\beta$	
$A_{1-2}$ .....	$-17^\circ$	$78^\circ$	$79^\circ$	(010) mikroklien
	$2V = -83^\circ$			

27. *Mikroklien perthiet, Castelgroeve, Arendal, Noorwegen.* (18).

Bruin-grijs kristal met pseudo-kubische habitus uit een titaniethoudende pegmatiet. Mikroskopisch vertoont de mikroklienvertweeling op het (001) vlak een ongewoon sterke ontwikkeling van de lamellen parallel aan de b-as (d. tot 4 m.m.). Evenwijdig aan deze lamellen is de onregelmatig verdeelde albiet gerangschikt die een diep ingesneden omtrek heeft waarin de volgens de albietwet vertweelinge lamellen binnendringen (fig. 14).

	$N_\gamma$	$N_\alpha$	$N_\beta$	
Splijting .....	$81^\circ$	$-85^\circ$	$10\frac{1}{2}^\circ$	(001) mikroklien
	$2V = -83^\circ$			

28. *Kryptoperthiet uit syeniet-pegmatiet, Larvik, Noorwegen.* (33).

Onder het mikroskoop vertoont zich een „wolkige” kryptoperthietische structuur, plaatselijk overgaand in een mikroperthietisch eilandpatroon. Enkele gesaussuritiseerde adres met muscovietnesten lopen door het mineraal. Ingemeten werden de gezamenlijke optische eigenschappen. Uit de chemische analyse blijkt de volgende samenstelling:  $Or_{40,0}Ab_{45,4}An_{14,6}$ . Het hoge An-gehalte is wellicht een verklaring voor de afwijking van de (001) pool en de betrekkelijk grote assenhoek.

Kryptoperthieten uit dit gebied werden door BRØGGER (1890) en OFTEDAHL (1948, p.p. 24—28) beschreven. De laatste auteur merkte eveneens de overgang van kryptoperthietische naar mikroperthietische structuren en de afwijking van de monokliene symmetrie op. Het afwijkende poederdiagram (p. 39)



zou als een mengdiagram van een hoge en lage temperatuur Or-component en een hoge en lage temperatuur Ab-component beschouwd moeten worden.

	$N\gamma$	$N\alpha$	$N\beta$	
Splijting ....	$87^\circ$	$-80\frac{1}{2}^\circ$	$10^\circ$	(001) Na-orthoklaas
Splijting ....	$0^\circ$	$90^\circ$	$90^\circ$	(010) Na-orthoklaas
		$2V = -75^\circ$		

29. *Mikrokliën perthiet, (amazonesteen), Ilmengebergte, Ilmenmeer, Oeral.* (68).

Mikroskopisch fijne mikrokliënvertweeling. De hoeveelheid van de onregelmatig verdeelde perthietische albiet varieert tussen 25 % en 30 %.

	$N\gamma$	$N\alpha$	$N\beta$	
Splijting .....	$-17^\circ$	$-75^\circ$	$85^\circ$	(001) mikrokliën

30. *Orthoklaas, Itrongay, Fianarantsoa, Madagascar.* (96).

Lichtgele tot goudgele kristallen tezamen met eveneens heldere diopsied en zirkoon voorkomend in de pegmatiet van Itrongay, beschreven door LACROIX (1922, p.p. 558—562). De volkomen splijting van de kristallen levert zuiver vlakke splijtstukken. Onder het mikroskoop is de Itrongay veldspaat homogener dan adulaar- en sanidienkristallen plegen te zijn. Vertweeling ontbreekt geheel. LACROIX wijst op de overeenkomst van de assenhoek en de dubbele breking met die van de Eifel sanidien en vermeldt de door GAUBERT en KOZU bepaalde assenhoek van respectievelijk  $-36^\circ$  en  $-31^\circ$  in (010). Ons specimen leverde echter op de Federow-tafel gemeten een assenhoek van  $-58^\circ$ . De door LACROIX vermelde kleine, met vloeistof gevulde holten werden in ons materiaal niet aangetroffen. Bij de chemische analyse (zie p. 32) valt het hoge driewaardige ijzergehalte op. Wanneer we met ALLING (1923) aannemen dat  $KFeSi_3O_8$  isomorf gemengd aanwezig is in het röntgenografisch en optisch, homogene kristal krijgen we de volgende samenstelling:  $(KFeSi_3O_8)_{8,3} Or_{76,3} Ab_{15} An_{0,4}$ .

	$N\gamma$	$N\alpha$	$N\beta$	
Splijting .....	$90^\circ$	$-85^\circ$	$5^\circ$	(001) normale orthoklaas
		$2V = -58^\circ$		

FAUST (1936, p.p. 735—763) onderzocht kunstmatig uit een droge smelt vervaardigde  $KFeSi_3O_8$  die boven  $920^\circ C$ . stabiel bleek te zijn. Het röntgenpoederdiagram van Fe-orthoklaas vertoont volgens FAUST grote overeenkomst met dat van normale orthoklaas. Hij geeft een samenvatting van de chemische analyses en optische eigenschappen die in de literatuur over de orthoklaas van Itrongay bekend zijn en concludeert met SETO en BARTH dat het  $Al^{+++}$  hier vervangen is door  $Fe^{+++}$ .

IV. Adulaar-albiet-paragenese.

31. *Adulaar, St. Gothard.* (3).

Makroskopisch gecompliceerde Baveno-drieling. Snede // (001). Helder kristal waarin de zwak geakoliniseerde splijtingen onregelmatig verlopen.

De individuen 3 en 2 door een scherp vergroeiingsvlak gescheiden, grenzen aan het veel kleinere individu 1.

	$N\gamma$	$N\alpha$	$N\beta$		
$P_{2-3}$ .....	$46^\circ$	$-85^\circ$	$43^\circ$	(021)	$2V = -66^\circ$
$A_{1-2}$ .....	$44^\circ$	$-85^\circ$	$46^\circ$	(021)	$2V = -71^\circ$

De drie individuen zijn volgens de Bavenowet vertweelngd.

### 32. *Adulaar, Maderanertal.* (5).

Vertoont klassieke adulaar habitus met (110) en  $(10\bar{1})$ . Onder het mikroskoop komen plaatselijk onregelmatig uitdovende banden en vertakte strepen voor, ongeveer // (001). De uitdoving in de gestoorde zones wijkt slechts enkele graden van de normale richting af en schijnt aan insluitsels gebonden te zijn. Het grootste gedeelte van het kristal is normaal monoklien.

	$N\gamma$	$N\alpha$	$N\beta$	
Splijting .....	$89^\circ$	$-83^\circ$	$7^\circ$	(001)
	$2V = -69^\circ$			

### 33. *Adulaar, Bristenstock.* (12).

Heldere kristallen met typische adulaar habitus vergroeid met albiet. Onder het mikroskoop valt de zonaire bouw op met onregelmatige strepende uitdoving. De kern vertoont een hogere brekingsindex dan de rand, wellicht veroorzaakt door een iets hoger gehalte van de Ab-component.

	$N\gamma$	$N\alpha$	$N\beta$	
Grensvlak .....	$89^\circ$	$38^\circ$	$52^\circ$	$(\bar{1}01)$
	$2V = -52^\circ$			

### 34. *Adulaar, St. Gothard.* (46).

Helder kristal met troebele partijen, (110),  $(\bar{1}10)$  en  $(\bar{1}01)$  habitus. Mikroskopisch zijn onregelmatige uitdovende strepen waar te nemen // (010) rondom insluitsels van muscovietblaadjes en ertskorrels (limoniet) hetgeen soms een kantelen patroon oplevert waarvan de elementen zonair gebouwd zijn (fig. 21). Deze triklieue zones, die overigens weinig overeenkomst met een mikroklienvertweeling vertonen, schijnen hier primair te zijn. Het is moeilijk in te zien welke uitwendige factoren op deze vrij gegroeide kristallen ingewerkt moeten hebben om deze plaatselijke veranderingen te bewerkstelligen zoals KÖHLER suggereert (1948, p. 54).

De samenstelling uit de chemische analyse is  $Or_{76.3}Ab_{23.7}$ . Het Na-gehalte is voor adulaar betrekkelijk hoog.

	$N\gamma$	$N\alpha$	$N\beta$	
Splijting .....	$90^\circ$	$-86^\circ$	$4^\circ$	(001)
	$2V = -67^\circ$			

### 35. *Adulaar, St. Gothard.* (67).

Het heldere kristal bevat als insluitsels muscovietblaadjes en ertskorreltjes die in fijne stofslingers gerangschikt zijn. Onder de zeer fijne

insluitsels (d. 0,08 m.m.) komen epidootkorrels voor. Ook hier vertoont de uitdoving rond de insluitsels zwakke onregelmatigheden, het grootste gedeelte van het kristal is echter monoklien.

Splijting .....	$N\gamma$	$N\alpha$	$N\beta$	
	$90^\circ$	$-86^\circ$	$4^\circ$	(001)
	$2V = -66^\circ$			

In plaat III zijn de kristallografische elementen en tweelingsassen van de onderzochte alkaliveldspaten in een stereografische projectie loodrecht op  $N\beta$  verenigd. Bij het beschouwen van deze projectie vallen enige bijzonderheden op: De mikroklienpunten vertonen een aanzienlijke spreiding, maar behouden steeds een duidelijke afwijking van de monokliene symmetrie; van een geleidelijke overgang van mikroklien naar monokliene kaliveldspaat is geen sprake.

De anorthoklaaspunten vertonen een kleinere afwijking van de monokliene symmetrie, die waarschijnlijk determinatief is.

De hoek tussen  $\beta$  en de pool van (001) overeenkomende met  $a:\alpha$  varieert niet regelmatig met het Ab-gehalte van de orthoklaas. Het onderscheid tussen normale orthoklaas (0—25% Ab) en Na-orthoklaas (25—50% Ab) werd in plaat III gemaakt volgens de door NIKITIN opgegeven grenswaarden voor de coördinaten. Dit blijkt globaal in overeenstemming te zijn met de beschikbare gegevens over de chemische samenstelling.

Optisch als orthoklaas met 0—25% Ab zijn geklassificeerd: orthoklaas van Madagascar (96) en adulaar St. Gothard (46) met respectievelijk 15% en 23,7% Ab (tabel 2); de adularen 3, 5, 12, 67 blijven waarschijnlijk ook onder de 25%, een gemiddelde van 9 adulaar analyses verzameld door QUERVAIN en FRIEDLAENDER (1942, p.p. 60—61) levert 14% Ab.

Optisch als orthoklaas met 25—50% Ab zijn geklassificeerd: een aantal perthietische orthoklazen uit granieten waarbij een Ab-gehalte  $> 25\%$  niet uitgesloten is (vgl. VOGT, 1926, p.p. 64—68). De Or-component van de kryptoperthiet Bohemen (48) heeft waarschijnlijk ongeveer 17% Ab (32,4% Ab uit analyse, verminderd met 15% perthietische albiet). De gevonden  $a:\alpha$  van  $8^\circ$  is te verklaren doordat de gezamenlijke optische eigenschappen van de kryptoperthiet zijn ingemeten.

TABEL 2.

Chemische analyses van enkele onderzochte alkaliveldspaten uitgedrukt in gewichtspercenten; de verhouding Or-Ab-An in molecuairpercenten.

Petrochemisch Laboratorium, Leiden. Analyste B. HAGEMAN.

Coll. nr.	4	96	20	46 <sup>1)</sup>	19	48	49	33	106	23
Nr. opt. o. z.	20	30	2	34	1	8	3	28	6	—
SiO <sub>2</sub>	63,03	63,74	61,00	63,00	62,75	63,06	62,65	60,18	63,71	66,98
TiO <sub>2</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,27	0,00	—
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18,79	17,43	21,71	20,31	18,39	21,15	19,88	19,00	21,66	20,90
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,13	2,28	0,45	0,89	1,58	0,78	0,99	3,04	0,63	0,74
FeO	0,03	spoor	0,00	0,00	0,11	0,00	—	0,93	—	—
MgO	0,50	0,21	spoor	spoor	0,22	spoor	0,20	0,94	0,25	0,18
CaO	0,27	0,80	spoor	spoor	1,50	0,30	2,08	2,97	1,37	0,17
Na <sub>2</sub> O	0,64	1,60	2,51	2,80	3,53	3,70	5,13	5,10	8,94	10,20
K <sub>2</sub> O	15,56	13,60	13,61	13,66	11,06	11,20	8,29	6,81	3,10	0,32
H <sub>2</sub> O+	0,30	0,16	0,20	0,00	0,17	0,34	0,28	0,94	0,35	0,46
H <sub>2</sub> O—	0,12	—	—	—	0,42	—	—	0,24	—	—
CO <sub>2</sub>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	100,37	99,82	99,48	100,66	99,73	100,53	99,62	100,42	100,01	99,95
Or	92,8	76,3	78,2	76,3	67,4	64,7	46,5	40,0	19,0	2,0
Ab	5,8	15,0	21,8	23,7	32,6	32,4	43,7	45,4	73,9	97,1
An	1,4	0,4	—	—	—	2,9	9,8	14,6	7,1	0,9
KFeSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	—	8,3	—	—	—	—	—	—	—	—

4. Mikroklien, Søndeled, Oslogebied.

96. Gele orthoklaas, pegmatiet van Itrongay, Fiana-rantsoa, Madagascar.

20. Sanidien, Siebengebirge.

46. Adulaar, St. Gothard.

19. Sanidien, vulkanische bom, alk. hbl. trachiet, Lagno de Pollena Vesuvius.

48. Kryptoperthiet, Bohemen.

49. Sanidien, trachiet, Drachenfels.

33. Kryptoperthiet, Larvik, Noorwegen.

106. Anorthoklaas, Mount Anakie, Victoria, Australië.

23. Periklien, St. Gothard.

<sup>1)</sup> spoor BaO.

## Chemische analyses.

De verschillende malen herhaalde analyses van tabel 2 vertonen gemiddeld een relatief laag  $\text{SiO}_2$  en hoog  $\text{Al}_2\text{O}_3$  gewichtspercentage, terwijl het  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ -gehalte aanzienlijk kan zijn. Afgezien van defecten van de analyse-methode wordt dit veroorzaakt door de aanwezigheid van sericiet, kaolien, limoniet en goethiet. Het  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ -gehalte van de heldere homogene orthoklaas

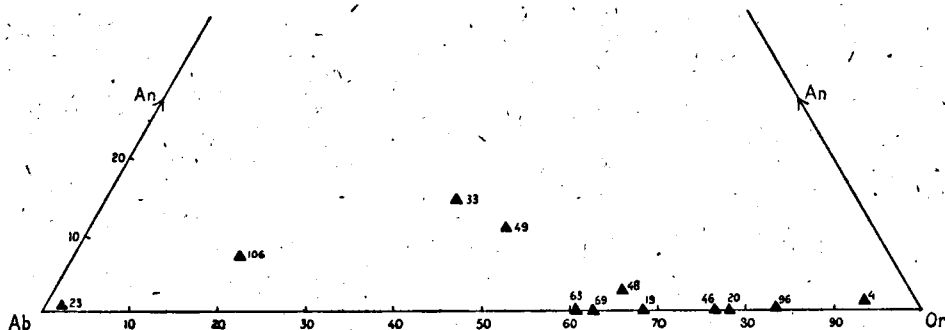


Fig. 16.

Overzicht van de chemische samenstelling van de geanalyseerde alkaliveldspaten; de perthietische componenten inbegrepen. 63 en 69 zijn uitsluitend op alkalibepalingen gebaseerd. Bij 96 is geen rekening gehouden met de  $\text{KFeSi}_3\text{O}_8$  component.

van Madagascar (96) is als  $\text{KFeSi}_3\text{O}_8$  berekend. De analyses 20, 19, 49 en 23 zijn gemaakt van kleine kristalfragmenten, mechanisch uit het gesteente gescheiden hetgeen de kans op verontreiniging vergroot. Bij de analyse 19 is na vorming van Or en Ab met de aanwezige  $\text{K}_2\text{O}$  en  $\text{Na}_2\text{O}$  niet voldoende silicium en aluminium aanwezig om met de beschikbare  $\text{CaO}$  anorthiet te vormen.

## RÖNTGENOGRAFISCH ONDERZOEK VAN POEDERPRAEPARATEN.

### Technische gegevens.

Bij het zoeken naar een geschikte opnametechniek waarbij de karakteristieke lijnen van het gecompliceerde veldspaat-poederdiagram voldoende gespreid worden zonder de reflectie-intensiteiten te veel te verzwakken, bleek een ijzerbuis met mangaanfilter en een middelgrote camera (Unicam) met een diameter van 9 c.m. het best te voldoen.

Bij het begin van het onderzoek werd gebruik gemaakt van een Philips diffractie apparaat<sup>1)</sup> als beschreven in Phil. Techn. Tijds. (1936). Met een spleetdiafragma opening van de camera van 0,3 m.m. was de belichtingstijd voor een veldspaat opname 9 uur bij 4 m.A. en 45 k.V. Het laatste deel van het onderzoek werd uitgevoerd met een Enraf<sup>2)</sup> toestel waarmee de belichtingstijd bij dezelfde camera en diafragma-opening teruggebracht werd tot 2 uur bij 18 m.A. en 40 k.V.

De gemiddelde diameter van de poederpraeparaten die met arabische gom op een staafje Siborglas werden gebracht, was 0,30 m.m.. Wanneer de te onderzoeken veldspaten fijn verdeeld in het gesteente voorkwamen, bleek het nuttig het grofgepoederde gesteente, ingebed in tetralinum, ( $n = 1,539$ ) onder het binoculair te scheiden. In sommige gevallen, zoals bij de „orthoklaas” van Baveno, werd om zeker te zijn van de identiteit van het optisch en röntgenografisch onderzochte materiaal, het mineraalvliesje door verwarming uit het slijpplaatje vrijgemaakt en gepoederd. De poederdiagrammen werden opgemeten tot op 0,2 m.m. nauwkeurig, corresponderend met 1,9' 9; de intensiteiten werden visueel geschat volgens de schaal: sss, ss, s, ms, m, mz, z, zz, van sterk naar zwak.

### Röntgenografische data.

De röntgen-poederdiagrammen van de onderzochte alkaliveldspaten werden onafhankelijk van de gegevens over chemische samenstelling en optische eigenschappen, uitsluitend op grond van de positie en intensiteit van de reflecties, in de volgende groepen gerangschikt:

#### *Groep A. (plaat I A en II A en B).*

Tabel 3 geeft de typische opeenvolging van de intensiteiten en de variatie in de netvlakafstanden voor een adulaar van de St. Gothard en een sanidien van de Drachenfels; karakteristiek is het sterke reflectiepaar (202) en (040) (002). Ter vergelijking zijn de metingen van GRUNER (1936,

<sup>1)</sup> Een woord van dank is op zijn plaats aan de N.V. Philips die dit toestel in bruikleen gaf.

<sup>2)</sup> Eerste Nederlandse Röntgen Apparaten Fabriek, Delft.

p. 513) opgegeven voor een adulaar van Pfitsch, Tirol (Fe K $\alpha$  straling, R. camera 57,3 m.m.). De indices van enige van de sterkste reflecties werden ontleend aan CHAO, HARGREAVES en TAYLOR (1940, p.p. 508 en 509). Tabel 8 geeft een opsomming van de onderzochte monsters, genetisch gerangschikt, waaronder *sanidien*, *orthoklaas* uit *diepte*-, *ganggesteenten* en *pegmatieten* en *hydrothermale adulaar*.

*Groep B. (plaat I B).*

Tabel 4 geeft de typische netvlaksafstanden en intensiteiten; karakteristiek t.o.v. groep A is de enkele sterke reflectie (002) (040), gevolgd door de groep van drie reflecties met dezelfde intensiteit ( $d=3,03$ ,  $d=2,96$ ,  $d=2,90$ ), terwijl in tabel 9 de onderzochte monsters zijn opgenomen, uitsluitend *mikroklienen* waaronder enige voorbeelden van onvertweelingde mikroklienen.

*Groep C. (plaat I C).*

Tabel 5 geeft de karakteristieke netvlaksafstanden en intensiteiten, terwijl in tabel 10 de onderzochte *albietien* en *periklienen* zijn opgegeven. Waargenomen additionele albietreflecties in poederdiagrammen van *orthoklaas*- en *mikroklienenperthieten* zijn in tabel 8 en 9 aangegeven als resp. AC en BC (zie plaat I D en F).

*Groep D. (plaat II D).*

Tabel 6 geeft de kenmerkende intensiteiten en netvlaksafstanden; de onderzochte *anorthoklazen* zijn in tabel 11 opgenomen.

*Groep E. (plaat II C).*

Tabel 7 geeft de netvlaksafstanden en intensiteiten van een kryptoperthiet die dit op zich zelf staande patroon opleverde.

TABEL 3.

Röntgen-poederdiagrammen groep A, gecorrigeerd door het bijmengen van NaCl.

Adulaar St. Gothard (46) Or <sub>76,5</sub> Ab <sub>23,7</sub> a : $\alpha = 3^\circ$ 2V = -67°				Sanidien Drachenfels (49) Or <sub>46,5</sub> Ab <sub>43,7</sub> An <sub>9,8</sub> a : $\alpha = 10^\circ$ 2V = -54°			Adulaar Pfitsch Tirol GRUNER (1936, p. 513) (niet gecorrigeerd)	
Int.	$\vartheta_{Fe}$	d (kX)	hkl	Int.	$\vartheta_{Fe}$	d (kX)	Int.	d
m	13°15'	4,22		z	11°14'	4,96	1	4,68
z	14°10'	3,95		m	11°41'	4,77	3	4,21
m	14°50'	3,78		mz	14°22'	3,89	0,5	3,94
z	15°21'	3,64		m	14°54'	3,76	2	3,77
z	15°37'	3,59		z	15°32'	3,61	1	3,61
ms	17°1'	3,30	(202)	zz	15°44'	3,56	1	3,480
s	17°23'	3,23	(002) (040)	ss	17°17'	3,25	5	3,313
m	18°51'	2,99		s	17°27'	3,22	4	3,227
mz	19°31'	2,89		m	19°2'	2,96	2	2,995
mz	20°25'	2,77		mz	19°33'	2,89	1	2,901
zz	21°53'	2,59		mz	20°34'	2,75	1	2,763
m	22°18'	2,55		m	22°23'	2,54	3	2,560
z	23°59'	2,38		z	23°09'	2,46		
z	24°35'	2,32		z	23°27'	2,43		
m	26°36'	2,16	(003) (060)	zz	23°55'	2,38	1	2,378
mz	27°14'	2,11		z	24°44'	2,31	0,5	2,319
zz	27°54'	2,06		m	26°2'	2,20	2	2,165
zz	29°0'	1,993		z	27°19'	2,10	1	2,119
mz	29°16'	1,976		z	27°44'	2,07	0,5	2,050
mz	30°16'	1,917		z	28°5'	2,05		
z	31°0'	1,876		zz	28°39'	2,02	1	1,999
mz	31°28'	1,851		mz	29°11'	1,982	1	1,968
ms	32°32'	1,797	(043) (062)	mz	29°40'	1,952	1	1,915
zz	32°59'	1,775		mz	30°50'	1,885	1	1,881
mz	36°8'	1,638	(404)	mz	31°48'	1,834	1	1,848
z	38°5'	1,567		s	32°44'	1,787	4	1,792
z	39°14'	1,528		z	33°35'	1,747	1	1,768
z	39°53'	1,507		zz	34°15'	1,717	0,5	1,718
m	40°23'	1,491	a	z	35°29'	1,664	0,5	1,671
zz	41°55'	1,446		z	36°6'	1,640	0,5	1,643
z	42°15'	1,437		zz	37°1'	1,605	1	1,622
z	44°19'	1,383		z	37°43'	1,579	0,5	1,589
z	46°20'	1,336		z	38°19'	1,558	1	1,565
mz	47°20'	1,314		zz	39°24'	1,522	1	1,528
z	48°52'	1,283	b	z	39°46'	1,510	1	1,510
z	49°28'	1,271		ms	40°24'	1,491	3	1,490
zz	52°41'	1,215		zz	42°6'	1,441	1	1,447
z	53°35'	1,201		z	42°37'	1,427	1	1,435
z	53°42'	1,999		z	44°19'	1,383	1	1,381
z	58°21'	1,135		mz	46°11'	1,339	1	1,334
z	59°29'	1,222		mz	47°41'	1,307	0,5	1,312
z	60°33'	1,110		mz	49°8'	1,278	1	1,284
z	65°46'	1,060		mz	49°38'	1,268	1	1,273
z	69°7'	1,034		zz	50°45'	1,248	1	1,253
				z	53°18'	1,205		
				z	63°46'	1,077		
				z	64°41'	1,069		
				zz	66°49'	1,051		
				zz	72°14'	1,014		



TABEL 4.

Röntgen-poederdiagram groep B, gecorrigeerd door het bijmengen van NaCl.

Mikroklien Søndeled (S. W. van Oslo) (4)						
Or <sub>02,5</sub> Ab <sub>0,8</sub> An <sub>1,4</sub>						
2 V = - 83½°						
Int.	θ <sub>Fe</sub>	d (kX)	hkl	Int.	θ <sub>Fe</sub>	d (kX)
m	13°10'	4,24		z	33°56'	1,731
zz	13°58'	4,00		zz	35°52'	1,649
m	14°31'	3,85		z	37°8'	1,599
mz	15°5'	3,71		z	38°1'	1,569
mz	15°35'	3,60		zz	38°37'	1,548
m	16°4'	3,49		zz	38°53'	1,539
mz	16°42'	3,36		mz	39°45'	1,511
zz	17°11'	3,27		mz	41°9'	1,468
ss	17°19'	3,25	(002) (040)	mz	41°42'	1,425
mz	18°35'	3,03		mz	43°22'	1,407
mz	19°4'	2,96		z	44°0'	1,391
mz	19°26'	2,90		z	44°47'	1,372
z	20°31'	2,76		zz	45°23'	1,357
mz	21°40'	2,62		zz	46°42'	1,328
mz	22°5'	2,57		z	47°19'	1,314
mz	22°42'	2,50		mz	47°52'	1,303
z	23°28'	2,43		mz	48°30'	1,290
z	23°56'	2,38		zz	49°47'	1,265
z	24°31'	2,33		mz	50°9'	1,259
ms	26°42'	2,15		zz	50°48'	1,247
zz	27°12'	2,11		z	53°53'	1,196
zz	28°13'	2,04		zz	56°1'	1,165
mz	29°3'	1,989		z	58°18'	1,136
zz	29°34'	1,958		zz	62°24'	1,090
mz	30°16'	1,917		z	67°80'	1,046
mz	31°23'	1,885		z	69°0'	1,035
s	32°29'	1,799				
zz	32°35'	1,794				

TABEL 5.

Röntgen-poederdiagram groep C, gecorrigeerd door het bijmengen van NaCl.

Lage temperatuur Albiet (Periklien) St. Gothard (23)						
Or <sub>2</sub> Ab <sub>97,1</sub> An <sub>0,9</sub>						
Int.	$\vartheta_{Fe}$	d (kX)	hkl	Int.	$\vartheta_{Fe}$	d (kX)
z	8°41'	6,40		zz	35°12'	1,676
zz	12°30'	4,50		z	35°34'	1,661
z	13°16'	4,21		z	37°40'	1,581
m	13°48'	4,05		mz	37°59'	1,570
zz	13°58'	4,00		z	38°20'	1,558
m	14°52'	3,77		zz	39°13'	1,528
m	15°12'	3,69		zz	40°9'	1,498
mz	15°56'	3,52		mz	41°27'	1,460
mz	16°36'	3,38		mz	41°37'	1,455
mz	17°9'	3,28		zz	42°25'	1,432
sss	17°35'	3,20	(002) (040)	z	42°43'	1,424
zz	17°45'	3,17		z	44°2'	1,390
m	18°58'	2,97		z	44°40'	1,374
m	19°11'	2,94		zz	45°15'	1,361
mz	19°51'	2,85		mz	45°44'	1,349
z	21°30'	2,64		zz	46°1'	1,343
mz	22°12'	2,56		z	46°42'	1,328
mz	23°20'	2,44		z	46°57'	1,322
z	23°46'	2,40		zz	49°1'	1,280
mz	24°36'	2,32		mz	49°42'	1,267
zz	24°48'	2,30		zz	51°19'	1,238
mz	26°10'	2,19		z	52°1'	1,226
m	27°10'	2,12		z	52°25'	1,219
mz	27°42'	2,08		z	52°55'	1,211
zz	29°18'	1,974		z	55°40'	1,170
z	30°9'	1,924		zz	56°15'	1,162
m	30°48'	1,887		zz	58°49'	1,129
mz	31°35'	1,845		zz	62°12'	1,092
m	32°4'	1,820		z	65°46'	1,060
mz	32°46'	1,785		z	66°58'	1,050
m	32°54'	1,779		z	72°10'	1,015
zz	33°36'	1,746		zz	74°20'	1,003
zz	33°47'	1,785		zz	74°49'	1,001
mz	34°16'	1,716				

TABEL 6.

Röntgen-poederdiagram groep D, gecorrigeerd door het bijmengen van NaCl.

Anorthoklaas Mount Anakie, Australië (106)						
Or <sub>19</sub> Ab <sub>78,9</sub> An <sub>7,1</sub>						
2 V = - 46°						
Int.	∅ <sub>F<sub>0</sub></sub>	d (kX)	hkl	Int.	∅ <sub>F<sub>0</sub></sub>	d (kX)
m	13°43'	4,07		z	29°28'	1,964
z	14°18'	3,91		mz	30°2'	1,930
m	14°48'	3,78		zz	30°51'	1,884
z	15°10'	3,69		zz	31°26'	1,853
m	15°46'	3,56		ms	32°29'	1,799
zz	16°1'	3,50		z	33°50'	1,735
z	16°29'	3,41		z	34°18'	1,715
zz	17°0'	3,30		z	35°31'	1,603
ss	17°29'	3,22 <sup>1)</sup>	(002) (040)	z	36°58'	1,607
mz	18°48'	3,00		zz	39°15'	1,527
m	19°16'	2,93		mz	40°33'	1,486
mz	19°38'	2,87		z	42°2'	1,443
mz	20°5'	2,81		z	42°53'	1,420
mz	21°3'	2,69		z	44°32'	1,378
ms	22°31'	2,52		m	45°28'	1,355
zz	23°58'	2,38		mz	47°16'	1,315
zz	25°6'	2,28		z	52°6'	1,224
m	26°44'	2,15		z	53°13'	1,206
z	27°11'	2,11		z	55°17'	1,175

<sup>1)</sup> Mikroskopisch dubbele lijn.

TABEL 7.

Röntgen-poederdiagram groep E, gecorrigeerd door het bijmengen van NaCl.

Kryptoperthiet Larvik, Noorwegen (33)						
Or <sub>40</sub> Ab <sub>45,4</sub> An <sub>14,6</sub>						
2 V = - 75°						
Int.	∅ <sub>F<sub>0</sub></sub>	d (kX)	hkl	Int.	∅ <sub>F<sub>0</sub></sub>	d (kX)
z	13°6'	4,26		z	22°6'	2,57
mz	13°54'	4,02		z	23°45'	2,40
mz	14°51'	3,77		z	26°49'	2,14
z	15°6'	3,71		z	29°26'	1,966
zz	15°53'	3,53		zz	30°6'	1,927
mz	16°3'	3,49		mz	31°32'	1,847
mz	17°1'	3,30		m	32°43'	1,788
ss	17°28'	3,22	(002) (040)	z	35°6'	1,680
z	17°36'	3,20		zz	39°47'	1,510
mz	17°57'	3,14		z	40°26'	1,490
z	19°15'	2,93		zz	41°5'	1,470
mz	19°36'	2,88		z	42°17'	1,436
z	20°26'	2,77				

TABEL 8.

Specimina met het röntgen-poederdiagram van groep A,  
Additionele albietreflecties

gen. type	nr. opt. o.z.	Mineraalnaam-coll.nr.	Ab refl.	Samenstelling uit chemische analyse
I	1	sanidien (19)	—	Or <sub>68,6</sub> Ab <sub>31,4</sub>
	2	sanidien (20)	—	Or <sub>78,2</sub> Ab <sub>21,8</sub>
	3	sanidien (49)	—	Or <sub>46,5</sub> Ab <sub>43,7</sub> An <sub>9,8</sub>
II	8	or-kryptoperthiet (48)	AC	Or <sub>64,7</sub> Ab <sub>32,4</sub> An <sub>2,9</sub>
	9	or-mikroperthiet (50)	AC	—
	10	or-mikroperthiet (51)	AC	—
	13	or-mikroperthiet (54)	AC	—
	14	or-mikroperthiet (55)	AC	—
	15	or-mikroperthiet (56)	AC	—
III	—	or-mikroperthiet (59)	AC	—
	17	orthoklaas (6)	—	—
	18	orthoklaas (9)	—	—
IV	30	orthoklaas (96)	—	Or <sub>76,3</sub> Ab <sub>15</sub> An <sub>0,4</sub> (KFeSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub> ) <sub>8,3</sub>
	31	adulaar (3)	—	—
IV	32	adulaar (5)	—	—
	33	adulaar (12)	—	—
	34	adulaar (46)	—	Or <sub>76,3</sub> Ab <sub>23,7</sub>
	35	adulaar (67)	—	—
	—	—	—	—
—	—	hyalophaan (124)	—	—

een diagram waarvan de sterkste reflecties met die van groep A overeen

TABEL 9.

Specimina met het röntgen-poederdiagram van groep B,  
Additionele albietreflecties

gen. type	nr. opt. o.z.	Mineraalnaam-coll.nr.	Ab refl.	Samenstelling uit chemische analyse
II	11	mikroklien (52)	—	—
	12	mikroklien perthiet (53)	BC	—
	16	mikroklien (133)	BC	—
III	19	mikroklien perthiet (1, 2, 69)	BC	Or <sub>62,9</sub> Ab <sub>37,1</sub>
	20	mikroklien (4)	—	Or <sub>92,8</sub> Ab <sub>5,8</sub> An <sub>1,4</sub>
	21	mikroklien perthiet (11)	BC	—
	22	mikroklien perthiet (13)	BC	—
	23	mikroklien perthiet (14)	BC	—
	24	Ru-mikroklien perthiet (15)	BC	—
	25	mikroklien perthiet (16)	BC	—
	26	mikroklien perthiet (17)	BC	—
	27	mikroklien perthiet (18)	BC	—

erangschikt volgens de genetische classificatie p. 11.  
angegeven met AC.

Optische eigenschappen	Gesteente-herkomst
$\alpha = 7^\circ$ $2V = -23^\circ$	alk. hoornblende trachiet, Lagno de Pollena, Vesuvius.
$\alpha = 3^\circ$ $2V = -34\frac{1}{2}^\circ$	Siebengebirge.
$\alpha = 10^\circ$ $2V = -54^\circ$	trachiet, Drachenfels.
$\alpha = 8^\circ$ $2V = -52^\circ$	Bohemien
$\alpha = 9^\circ$ $2V = -51^\circ$	biotiet graniet, Chadenet, Auvergne.
$\alpha = 6^\circ$ $2V = -44^\circ$	alkaligraniet, Brateindal, Liottageb., Roemenië.
$\alpha = 9^\circ$ $2V = -70^\circ$	biotiet graniet, Brocken, Harz.
$\alpha = 6^\circ$ $2V = -66^\circ$	biotiet graniet, Baveno, Lugano.
$\alpha = 9^\circ$ $2V = -70^\circ$	Rapakiwi graniet, zwerfsteen, Wieringen, N. Holl.
$2V = -68^\circ$	Bushveld graniet, Enkeldoorn, Pretoria distr.
$\alpha = 7^\circ$ $2V = -64^\circ$	Transsylvanië.
$\alpha = 4^\circ$ $2V = -53^\circ$	Schneeberg, Saksen.
$\alpha = 5^\circ$ $2V = -58^\circ$	Itrongay, Fianarantsoa, Madagascar.
$2V = -69^\circ$	St. Gothard.
$\alpha = 7^\circ$ $2V = -69^\circ$	Maderanerthal.
$2V = -52^\circ$	Bristenstock.
$\alpha = 4^\circ$ $2V = -67^\circ$	St. Gothard.
$\alpha = 4^\circ$ $2V = -66^\circ$	St. Gothard.
omen geeft:	
$\alpha = 24^\circ$	

erangschikt volgens de genetische classificatie p. 11.  
angegeven met BC.

Optische eigenschappen	Gesteente-herkomst
mikr. vertw. ontbreekt	tweeglimmer graniet, Tatri Viego, Tacuman, Argentinië.
" " "	biotiet graniet, Thüringerwald.
ged. vertw. $2V = -83^\circ$	Chiarogneis, Bergamasker alpen.
" " $2V = -82^\circ$	Baveno, Piëmont.
mikr. vertw. $2V = -83\frac{1}{2}^\circ$	Søndeled ten S, W. van Oslo.
" "	Zweden.
" "	Bodenmais, Beieren.
" "	Siberië.
" " $2V = -81^\circ$	Varuträsk, Zweden.
" " $2V = -84^\circ$	Ilmengeb., Oeral.
" " $2V = -83^\circ$	Swerdlofsk, Oeral.
" " $2V = -83^\circ$	Arendal, Noorwegen.

TABEL 10.

Specimina met het röntgen-poederdiagram van groep C

gen. type	mineraalnaam-coll.nr.	Samenstelling uit chemische analyse	Optisch bep. An %
II	albiet (57)	—	4 % An 2 V = + 80°
	albiet (61)	—	10 % An
III	albiet (21)	—	6 % An
	albiet (7)	—	10 % An 2 V = + 83½°
	albiet (10)	—	8 % An 2 V = + 83°
IV	periklien (23)	Or <sub>2</sub> Ab <sub>97,1</sub> An <sub>0,9</sub>	3 % An
	periklien (24)	—	10 % An
	cleavelandiet (121)	—	8 % An

TABEL 11.

Specimina met het röntgen-poederdiagram van groep D

gen. type	nr. opt. o.z.	mineraalnaam-coll.nr.	Samenstelling uit chemische analyse
I	4	anorthoklaas (91)	—
	5	anorthoklaas (97)	—
	6	anorthoklaas (106)	Or <sub>19</sub> Ab <sub>78,9</sub> An <sub>7,1</sub>
	7	anorthoklaas (123)	—

TABEL 12.

Specimina met het röntgen-poederdiagram van groep E

gen. type	nr. opt. o.z.	mineraalnaam-coll.nr.	Samenstelling uit chemische analyse
II	28	kryptoperthiet (33)	Or <sub>40</sub> Ab <sub>45,4</sub> An <sub>14,6</sub>

gerangschikt volgens de genetische classificatie p. 11.

Gesteente-herkomst

graniet, Capilla del Monte, prov. de Cordoba, Argentinië.  
syeniet, Bushveldcomplex, Leeuwfontein, Pretoria district.

Arendal, Noorwegen.  
Jerpen Soge bij Porgrund, Noorwegen.  
Traversella, Zwitserland.

St. Gothard.  
Pfunders, Tyrol.  
Varutrask, Skellefteå, Zweden.

gerangschikt volgens de genetische classificatie p. 11.

Optische eigenschappen

Gesteente-herkomst

fijn vertw. albietwet  
 $2V = -52\frac{1}{2}^\circ$   
zon. bouw  $2V = -50^\circ$   
sub.mikr. vertw. albietwet  
 $2V = -46^\circ$   
zon. bouw  $2V = -60^\circ$

pantelleriet, Pantellaria.  
dômiet, Puy de Dôme.  
Mount Anakie, Victoria, Australië.  
trachiet, Zovon, Colli Euganei, Italië.

gerangschikt volgens de genetische classificatie p. 11.

Optische eigenschappen

Herkomst

$2V = -75^\circ$

Larvik, Noorwegen.

### Determinatiekenmerken.

Uit de tabellen 8 t/m 12 volgt dat de indeling volgens poederdiagrammen met die volgens de optische eigenschappen volledig overeenstemt. Zo blijken alle specimina met een röntgen-poederdiagram van groep B ook een voor mikrokliën karakteristieke optiek te bezitten. Het optische onderzoek schijnt echter gevoeliger voor kleine veranderingen in de symmetrie te zijn dan de röntgenopnames, zoals bij het beschouwen van de resultaten voor groep A blijkt. Uit de  $\vartheta$ -diagrammen, fig. 17 en 18, volgt dat de groepen A t/m E in de poederdiagrammen zonder meer te onderscheiden zijn. De poederdiagrammen van alle veldspaten hebben de sterke reflectie (002) (040) gemeen. De alkaliveldspaten, behalve albiet, onderscheiden zich van de plagioklazen door het voorkomen van een geïsoleerde sterke reflectie waarvan  $d = 1,79 - 1,78$  ( $s$  in fig. 17 en 18, voor groep A geïndiceerd als (043) (062)). Voor determinatie doeleinden, vooral bij mengdiagrammen wanneer alleen de sterkste reflecties van de alkaliveldspaat-component aanwezig zijn, dient men op de volgende kenmerken te letten:

Voor groep A is het sterke reflectiepaar (202) en (002) (040) karakteristiek. Opvallend is de kleinere afstand tussen deze reflecties bij sanidien (49) vergeleken met adulaar (46).

De mikrokliëngroep (B) is gekenmerkt door een enkele sterke reflectie (002) (040) gevolgd door drie groepen van elk drie even sterke reflecties  $p$ ,  $q$  en  $r$  in fig. 17.

De albietgroep (C) onderscheidt zich door de zeer sterke (002) (040) reflectie en het ontbreken van geïsoleerde sterke reflecties met grotere glanshoeken.

De anorthoklaasgroep (D) onderscheidt zich van de andere alkaliveldspaten door een sterke reflectie met  $d = 1,315$  ( $t$  in fig. 18).

Enige van de sterkste reflecties van groep E komen met die van de andere alkaliveldspaten overeen, de intensiteiten en glanshoeken van de minder sterke reflecties wijken echter af.

### Discussie van de resultaten.

Bij het vergelijken van de  $\vartheta$ -waardes en intensiteiten van de in tabel 3 opgegeven adulaar (46) en sanidien (49) blijkt het dat er een kleine verplaatsing van de overeenkomstige reflecties optreedt tot  $49^{\circ}28'$ . Het ontbreken in tabel 3 van enkele overeenkomstige reflecties van adulaar is te wijten aan het teruglopen van de intensiteiten bij het bijmengen van NaCl, in het diagram van het onvermengde poeder zijn zij wel aanwezig. Bij glanshoeken groter dan  $49^{\circ}28'$  is geen enkele overeenkomst meer waar te nemen. Het zou nu mogelijk zijn dat deze kleine structurele verschillen samenhangen met het verschil in optische eigenschappen tussen sanidien en adulaar, temeer omdat de reflectiepatronen van de onderzochte orthoklazen uit diepte-, ganggesteentes en pegmatieten identiek zijn met die van adulaar of slechts zeer geringe variaties vertonen, terwijl ook de reflecties met grotere glanshoeken volkomen overeenstemmen.

Om dit nader te onderzoeken werd in navolging van MERWIN (1911, p. 59) de St. Gothard adulaar 11 uur op  $1075^{\circ}$  C. verhit en daarna afgeschrikt met het doel een optische symmetrie van sanidien te verkrijgen. Na afkoeling bleek de assenhoek van de adulaar teruggelopen te zijn van  $2V = -67^{\circ}$



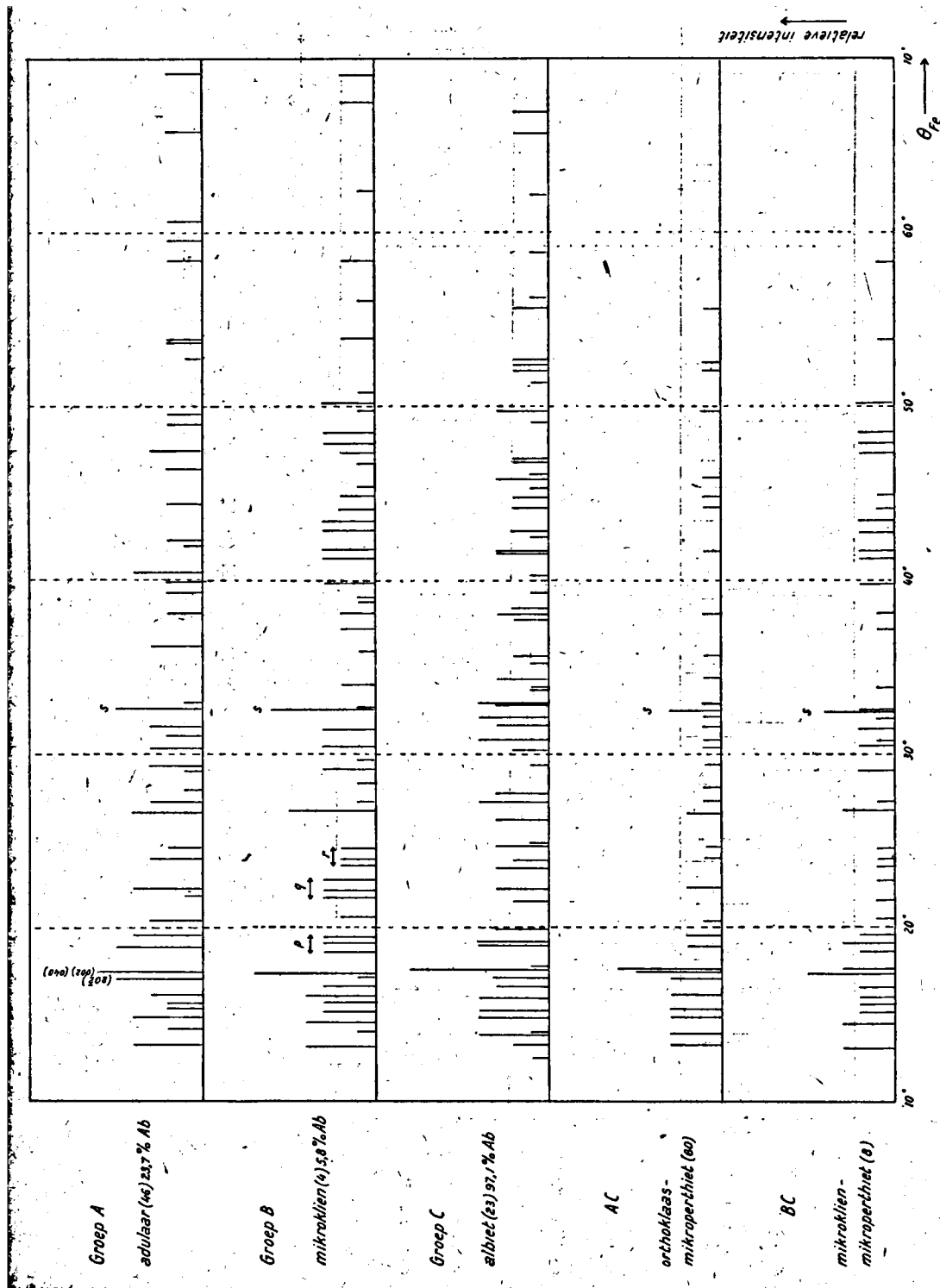


Fig. 17.

S-diagrammen van groep A, B, C, AC BC (Fe-K $\alpha$ straling). De hoogte van de lijnen is evenredig met de visueel geschatte intensiteit, s werd in tabel 3 geïndiceerd (043) (062).

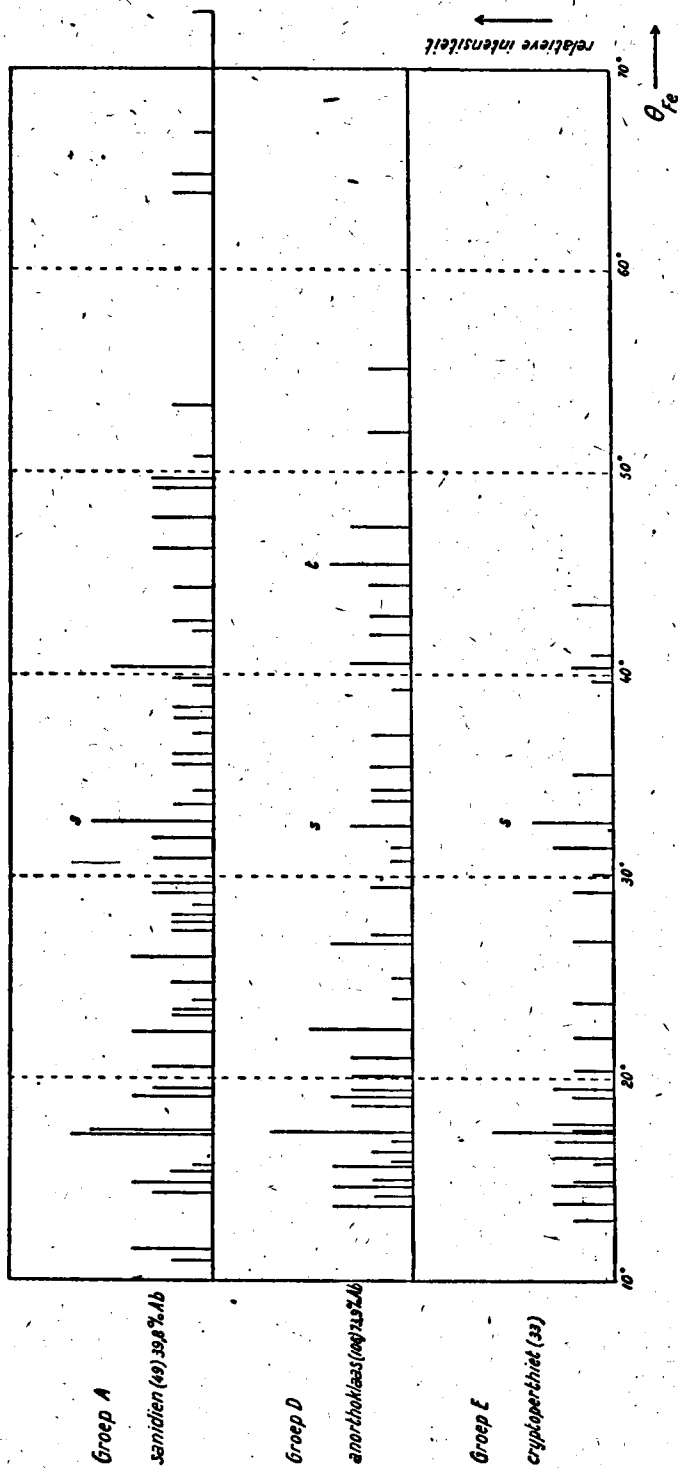


Fig. 18.

s-diagrammen van groep A, D en E (Fe-K $\alpha$ straling). De hoogte van de lijnen is evenredig met de visueel geschatte intensiteit. s werd in tabel 3 geïndiceerd als (043) (062). Het Ab % van sanidien (49) is foutief aangegeven en moet zijn 43,7 % Ab.

tot  $2V = -55^\circ$ , makroskopisch was het mineraal vlekkelig rood gekleurd door optredende haematietschubjes. De positie van de reflecties op het poederdiagram bleek onveranderd te zijn gebleven, de lijnen waren echter scherper geworden; een kleine variatie van de assenhoek heeft dus geen invloed op het reflectiepatroon.

Volgens SPENCER (1937, p. 479) is adulaar zeer resistent tegen langdurige verhitting op een temperatuur even onder het smeltpunt (300 uur op  $1075^\circ\text{C}$ . veroorzaakte slechts een vermindering van de assenhoek van  $68^\circ-70^\circ$  tot  $40^\circ-50^\circ$ ) hetgeen volgens hem samenhangt met de lage vormingstemperatuur.

Bij verder onderzoek bleek, dat de Siebengebirge sanidien (20) een poederdiagram opleverde dat tot in de grootste glanshoeken identiek was met dat van de St. Gothard adulaar, terwijl ook de samenstelling uit de chemische analyses (p. 32) grote overeenkomst vertoonde (sanidien (20)  $\text{Or}_{75,2}\text{Ab}_{21,8}$  en adulaar (46)  $\text{Or}_{76,3}\text{Ab}_{23,7}$ , beide vrij van Ca). Het is daarom waarschijnlijk dat de hoge temperatuur optiek van de sanidien geen verband houdt met de verplaatsing van de reflecties van het poederdiagram, maar dat deze verplaatsing afhankelijk is van de variatie van de chemische samenstelling, die bij de leden van de sanidiengroep eerder tot uiting zal komen omdat deze een groter aantal Na-atomen in het rooster kunnen opnemen.

TABEL 13.

	Mol. % Ab	Afstand refl.	
		(202) en (002) (040) in minuten (S)	afstand refl. a-b
pegmatietische orthoklaas,			
Madagascar (96) .....	15	31,35'	$8^\circ 17,8'$
sanidien Siebengebirge (20) .....	21,8	27,17'	$8^\circ 23,5'$
adulaar St. Gothard (46) .....	23,7	25,08'	$8^\circ 25,4'$
sanidien Lagno de Pollena (19)...	32,6	19,87'	$8^\circ 36,8'$
sanidien Drachenfels (49) .....	43,7	15,69'	$8^\circ 46,3'$
anorthoklaas Mnt. Anakie (106) .	73,9	9,42'	$9^\circ 29,6'$

In fig. 19 en tabel 13 is het verband tussen de onderlinge afstand van de sterkste reflecties (202) en (002) (040) en de samenstelling in mol. % Ab van de homogene, geanalyseerde veldspaten van groep A afgezet, waaruit blijkt dat de variatie vrijwel rechtlijnig is; de opening van de mikroskopisch dubbele, sterkste lijn van anorthoklaas (106) blijkt niet in de grafiek te passen. De afstanden werden met het mikroskoop gemeten bij een vergroting van  $19 \times$  lin. tussen de posities van de grootste intensiteit binnen iedere lijn. Op deze kleine afstand is de invloed van krimp, excentriciteit en absorptie te verwaarlozen. Daar bij het samenstellen van de grafiek van fig. 19 sanidien, pegmatietische orthoklaas en adulaar werd gebruikt blijkt de variatie van het Ab % met de veranderde netvlaksafstand onafhankelijk van de genese van de veldspaten van groep A, zodat de grafiek zonder bezwaar gebruikt kan worden voor de determinatie van het Ab % van perthietische orthoklaas uit diepte- en ganggesteentes.

Dat de afstanden tussen de sterkste reflecties van deze laatste groep weinig variëren met die van adulaar met 23,7 % Ab is niet verwonderlijk, omdat het percentage van de in het rooster opgenomen Na-component van

deze ontmengde orthoklaas gewoonlijk tussen 20 % en 30 % variëert (Vogt 1926, p. 64). Het feit dat hier de sterkste reflecties gebruikt zijn heeft het voordeel dat we de meting ook kunnen uitvoeren bij het onderzoek van fijnkorrelige aggregaten waaruit het niet mogelijk is de veldspaat te isoleren. In dit geval zullen de reflecties van de andere mineraalcomponenten storend

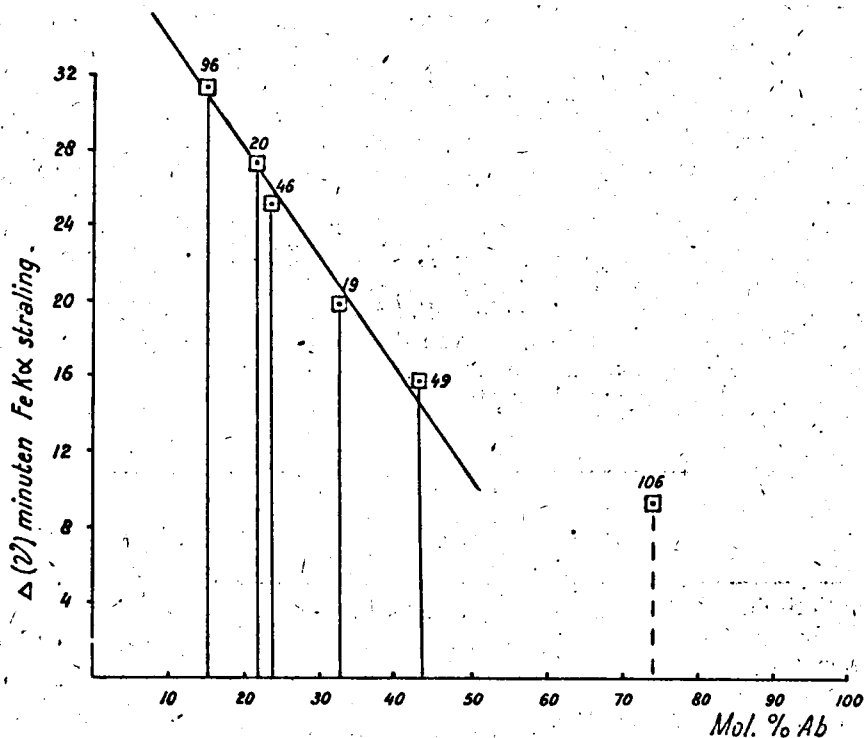


Fig. 19.

Variatie van de afstand van de (202) en (002) (040) reflecties met het Ab-gehalte van de veldspaten van groep A (adular-orthoklaas-sanidiengroep).

$$\text{Hierbij is } Ab = 100 \frac{Ab}{Or + Ab + An}$$

werken. De intensiteiten van de veldspaatlijnen zijn dan gewoonlijk zo zwak dat alleen de sterkste reflecties te identificeren zijn. De nauwkeurigheid van deze determinatie methode variëert van 3 % tot 5 % Ab, vergelijkbaar met die van de Federow methode voor plagioklazen. Daar bij de alkaliveldspaten onduidelijke determinatie van het Ab % met behulp van optische methodes (brekingsindices,  $a:\alpha$ ) niet mogelijk is, is de röntgen-poederdiagram methode van reëel belang voor de petrografie.

In fig. 20 is het rechtlijnig verband vastgelegd tussen de variërende afstand van de reflecties a en b (tab. 3) en de samenstelling van de geanalyseerde veldspaten van groep A. Het anorthoklaaspunt schijnt redelijk in de grafiek te passen, het is echter in het geheel niet zeker dat de gekozen reflecties identiek zijn met a en b van groep A.

Hoewel enige reflecties met kleinere glanshoeken overeenkomen, wijkt het anorthoklaasdiagram (groep D) te sterk af van dat van groep A, dan

dat we kunnen veronderstellen dat het door geleidelijke verandering zou zijn ontstaan uit het patroon van de sanidiengroep, waarvan we de geringe variatie van 15%—45% Ab hebben vastgesteld. De onderzochte anorthoklaas is dus waarschijnlijk een afzonderlijke modificatie<sup>1)</sup>.

Het is van belang hierbij de voorlopige resultaten aan te halen van het onderzoek van het systeem  $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8\text{—KAlSi}_3\text{O}_8\text{—H}_2\text{O}$  in het Geophysical Laboratory te Washington (ADAMS 1949, p.p. 35—40). De synthetische mengsels van het systeem  $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8\text{—KAlSi}_3\text{O}_8\text{—H}_2\text{O}$  die de samenstelling van natuurlijke trachieten en syenieten benaderen, werden onder verschillende drukken tot 2000 atm. in variërende temperaturen onderzocht. Het onderzoek van het droge systeem  $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8\text{—KAlSi}_3\text{O}_8$  geeft alleen informatie over de liquidus-lijn, d. w. z. de temperaturen waarbij de mengsels van verschillende samenstelling geheel vloeibaar zijn; bij het onderzoek van het natte systeem zijn ook de solidus en subsolidus relaties te bepalen. Voor het determineren van de samenstelling van de kristallijne fasen van het natte systeem werd

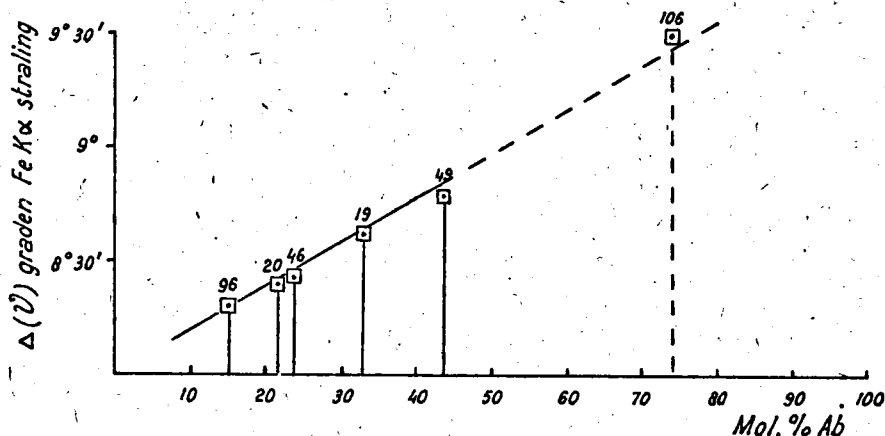


Fig. 20.

Variatie van de reflecties a en b (zie tabel 3) met het Ab-gehalte van veldspaten van groep A (adulaar-orthoklaas-sanidiengroep).

gebruik gemaakt van een Norelco röntgen-spectrometer met Geigerteller. Zonder moeite kon vastgesteld worden dat bij hoge temperaturen een ononderbroken reeks mengkristallen bestond die een geleidelijke verandering van optische eigenschappen vertoonden. Bij de röntgen-spectrometer bepalingen bleek dat de  $(201)$  reflectie determinatief is voor de samenstelling {  $2\vartheta = 22^\circ$  voor hoge temperatuur albiet (100 Ab) en  $2\vartheta = 21^\circ$  voor hoge temperatuur K-veldspaat (0 Ab), aard van de straling niet vermeld }. Alle metingen werden gemaakt t. o. v. een constante piek van  $2\vartheta = 23^\circ$ . Er bleek een lineair verband te bestaan tussen de relatieve positie van de  $(201)$  reflectie en de samenstelling van de synthetische alkaliveldspaten gekristalliseerd tussen  $900^\circ$  en  $300^\circ\text{C}$ . De nauwkeurigheid van de metingen gingen tot  $0,02^\circ$ . De kristallijne  $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$  die bij dit onderzoek geproduceerd werd, was

<sup>1)</sup> De veldspaten van de rhombenporfier uit het Oslogebied die in vele mineralogische leerboeken als standaardvoorbeelden van anorthoklaas vermeld staan, leverden een röntgen-poederdiagram kenmerkend voor oligoklaas in overeenstemming met de resultaten van het optische onderzoek van OFTEDAHL (1948).

steeds de hoge temperatuur modificatie, volgens ADAMS, te vergelijken met de natuurlijke anorthoklaas uit trachieten met een kleine negatieve assen-hoek en brekingsindices lager dan de normale pegmatietische albiet. Het bleek niet mogelijk te zijn synthetisch lage temperatuur albiet te vormen. Door gepoederde, droge, lage temperatuur albiet die in de natuur voorkomt gedurende een week op  $1080^{\circ}\text{C}$  te verhitten, kon echter hoge temperatuur albiet vervaardigd worden <sup>1)</sup>.

Het is nu waarschijnlijk dat de vertegenwoordigers van het albiet-einde van de synthetische hoge temperatuur serie  $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ — $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$  overeenkomen met onze anorthoklaasgroep. Het feit dat we voor de natuurlijke sanidien-anorthoklaasreeks geen continue serie poederdiagrammen vinden kan verschillende oorzaken hebben. 1) Uit het interval 40 %—70 % Ab werd geen materiaal onderzocht. 2) De invloed van de An-component is waarschijnlijk niet zo belangrijk, (sanidien (49) met 9,8 % An past normaal in het variatiediagram, fig. 19). 3) De afkoelingssnelheid en invloed van mineralisatoren bij de natuurlijke alkaliveldspaten wijkt af van de experimentele condities. Bij de plagioklazenreeks blijken echter de optische eigenschappen en de verplaatsing van bepaalde röntgen-spectrometer reflecties (CLASSE, 1950) geleidelijk met de samenstelling te veranderen, terwijl de reeks toch uit drie verschillende structuurtypen bestaat (TAYLOR c.s., 1951, p. 20). Op overeenkomstige wijze kunnen de sanidien en de anorthoklaasgroep een eigen structuurtype bezitten, terwijl de optische eigenschappen continu met de samenstelling variëren. Volgens ADAMS (loc. cit.) werd bij het onderzoek van de subsolidus relaties van het  $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ — $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ — $\text{H}_2\text{O}$  systeem gevonden dat de Na-component van de kunstmatig gevormde perthiet identiek was met de hoge temperatuur vorm van de Na-veldspaat. Deze kunstmatige perthieten zijn te vergelijken met de kryptoperthietische maanstenen die door SPENCER (1937) in een gedetailleerde studie op hun thermische stabiliteit werden onderzocht. De Na-component van deze kryptoperthieten is van het „film” of „string” type van ANDERSEN (1928), door ontmenging ontstaan. Een korte verhitting op  $800^{\circ}\text{C}$ ., gevolgd door een snelle afkoeling brengt een homogenisatie van de kryptoperthiet te weeg; de Na-component wordt in het rooster opgenomen. Geheel verschillend is daarentegen het gedrag van aderperthiet die zeer resistent is tegen verhitting en in fysieke eigenschappen en structuur overeenkomt met lage temperatuur albiet.

Een kryptoperthiet (maansteen) van Ceylon gaf een poederdiagram met A (orthoklaas) patroon en een additionele reflectie met  $\theta = 17^{\circ}33'$ , praktisch overeenkomend met de glanshoek van de sterkste reflectie van lage temperatuur albiet. Het is niet zeker of deze additionele reflectie de sterkste reflectie van hoge temperatuur albiet representeert. CHAO, SMARE en TAYLOR (1939, p. 341) vonden dat de albiet-component van kryptoperthieten een draaikristalopname leverde die afweek van die van gewone pegmatietische albiet. De albietreflecties van de overige poederdiagrammen van perthieten (tabel 8 en 9) zijn afkomstig van aderalbiet die ook in de onderzochte kryptoperthieten in ondergeschikte hoeveelheden voorkomt <sup>2)</sup>.

<sup>1)</sup> De schrijver beschikte bij dit onderzoek niet over kunstmatige of natuurlijke hoge temperatuur albiet.

<sup>2)</sup> De publicatie van LAVES en CHAISSON — An X-ray investigation of the „High”-„Low” albite relations — J. of Geology, 1950 was bij het schrijven van deze regels nog niet ter beschikking.

De positie van het poederdiagram van de kryptoperthiet (33), groep E, met een samenstelling  $Or_{40}Ab_{45.4}An_{44.6}$  is niet geheel duidelijk. Uit het optische onderzoek (p. 28) volgt dat het een mengdiagram moet zijn met vier componenten n.l. hoge temperatuur Or en Ab en lage temperatuur Or en Ab. Het diagram heeft het karakter van een alkaliveldspaat-poederdiagram, maar kan echter niet door superpositie van de onderzochte alkaliveldspaat-poederdiagrammen geïnterpreteerd worden. Het is waarschijnlijk dat het hoge An-gehalte in de plagioklaas-component hier een rol speelt.

Het mikroklien patroon (groep B) dat zich duidelijk van het groep A diagram onderscheidt, wordt ook gevonden bij weinig of in het geheel niet vertweelinge mikroklien (tabel 9). De relatie orthoklaas mikroklien wordt nader besproken.

#### Opmerking over de plagioklazen.

CLAISSE (1950, p.p. 412—420) beschreef de röntgen-poederdiagrammen van acht leden van de plagioklazenreeks met een samenstelling variërende van 1—99 % An. Bij nauwkeurige meting van de onderlinge afstand binnen twee groepen van reflecties (I  $d = 2,64$ ,  $d = 2,55 - 2,49$ ,  $d = 2,51 - 2,44$  en II  $d = 1,83 - 1,82$ ,  $d = 1,79$ ,  $d = 1,78 - 1,76$ ) bleek dat deze regelmatig varieerden met het An % van de plagioklazen. De aldus vervaardigde variatiediagrammen maken het volgens CLAISSE mogelijk het An-gehalte tot op 1 % te bepalen. De samenstelling van de plagioklazen werd door CLAISSE echter optisch bepaald, voor het merendeel met behulp van de uitdovingshoek op (010), zodat de werkelijke nauwkeurigheid op ongeveer 5 % An geschat kan worden. Voorts meent hij uit het verloop van zijn variatiediagrammen een „discontinuïteit” in de plagioklazenreeks bij een samenstelling van 30—40 % An te kunnen opmaken.

Ons onderzoek van de plagioklazen, reeds begonnen voor het verschijnen van het artikel van CLAISSE, leidde in dit opzicht tot overeenkomstige resultaten. Bij nauwkeurige beschouwing van de poederdiagrammen zijn er echter drie reeksen, zonder scherpe grenzen, te onderscheiden binnen de plagioklazengroep met overgangen bij een samenstelling van 30—35 % An en bij 70—75 % An. Deze indeling komt overeen met die, door CHAO en TAYLOR (1940, p.p. 76—87) bij hun structuuronderzoek van de plagioklazen werd gevonden, n.l. een isomorfe albiet-oligoklaasreeks, een isomorfe anorthiet-bytownietreeks en de andesien-labradorietserie bestaande uit een mengsel van anorthiet en albiet.

Bij onderzoek naar afwijkende eigenschappen van hoge temperatuur plagioklazen (KÖHLER, 1941) werd het volgende gevonden: Een heldere, glazige, lichtgroen getinte oligoklaas-fenokrist' van Nairobi, Kenya met een samenstelling uit chemische analyse  $Or_{1.5}Ab_{73.5}An_{20.5} (KFeSi_3O_8)_{4.2}$  vertoont in het poederdiagram geen essentiële verschillen met oligoklaas uit dieptegesteentes.

Anorthiet uit efflata van de Monte Somma, Vesuvius (92 % An), anorthiet van Kamitsuki, Miyake-Jima, Japan (98 % An) en anorthiet van Pesmeda, Tirol (94 % An) leverden poederdiagrammen met duidelijke verschillen in intensiteiten en netylaksafstanden die niet door de wisselende samenstelling verklaard kunnen worden. Hieruit is af te leiden dat kristallisatietemperatuur en afkoelingshistorie een duidelijke invloed op de anorthietstructuur uitoefenen.

**Onderzoek van fijn verdeelde veldspaten, hoofdzakelijk uit grondmassa's van gang- en uitvloeiingsgesteentes. Voordelen en beperkingen van de röntgen-poedermethode.**

De fijn verdeelde veldspaten in grondmassa's van uitvloeiings- en gang-gesteentes zijn in vele gevallen niet met optische methodes te identificeren. Ook wanneer de afmetingen van de veldspaat kristallen binnen de waarnemingschaal van het optische onderzoek liggen, kan omzetting in sericiet, kaolien, saussuritisering en chloritisering het gesteente in het slijpplaatje tot een troebele massa maken waarbij optische determinatie onmogelijk wordt. Röntgenografisch onderzoek van het gepoederde materiaal kan in deze gevallen dikwijls tot identificatie van de veldspaat leiden.

Bij onderzoek van een aantal trachieten, rhyolieten, andesieten, bostonieten, pantellerieten en hälleflinten bleek het mogelijk alkaliveldspaat, plagioklaas en kwarts<sup>1)</sup> zonder meer in het röntgen-poederdiagram aan te tonen. Voor determinatie doeleinden werden standaard poederdiagrammen vervaardigd van kwarts en veldspaten van bekende en variërende samenstelling.

In plaat II G en H zijn diagrammen van kunstmatige mengsels afgebeeld van resp. 80 gew. % albiet met 20 gew. % kwarts en 80 gew. % mikroklien met 20 gew. % kwarts, terwijl in plaat II F een kwarts diagram is gereproduceerd. Ter vergelijking is hierbij opgesteld het poederdiagram van een charnockiet uit Zuid Noorwegen (II E) hoofdzakelijk bestaande uit kwarts en mesoperthiet. Mikroskopisch was niet uit te maken of de kaliveldspaat-component als orthoklaas of mikroklien voorkwam. Door vergelijking van het poederdiagram kon aangetoond worden dat men met mikroklienperthiet te doen had.

Het veldspaat reflectiepatroon leent zich gewoonlijk niet voor kwantitatieve bepaling van het veldspaat volume in het gesteente. In poederdiagrammen van kwarts-veldspaatgesteentes is het echter mogelijk het kwarts volume te schatten met behulp van vergelijkingsopnames van mengsels met bekende kwarts- en veldspaat verhouding.

De selectiviteit van de röntgen-poedermethode maakt het mogelijk sterk omgezette veldspaten te determineren<sup>2)</sup>. Een hoeveelheid omzettings- of epimetamorfe producten als kaolien, sericiet, saussuriet of chloriet, voldoende om optische determinatie onmogelijk te maken, leveren in het poederdiagram gewoonlijk geen of zeer zwakke reflecties, die het thuisbrengen van het veldspaat reflectiepatroon niet verhinderen. Anderzijds is de selectiviteit oorzaak dat kleine hoeveelheden veldspaat die in het gesteente voorkomen (tot 20 vol. %), in het röntgen-poederdiagram onopgemerkt blijven.

In bazalten wordt de plagioklaas bepaling door de aanwezigheid van augiet en olivijn sterk gehinderd. Ook na herhaalde scheiding van de donkere mineralen met behulp van zware vloeistoffen en gebruik van de centrifuge kon meestal geen bruikbaar plagioklaas concentraat vervaardigd worden.

Hieronder volgt een staatje van röntgenografisch aangetoonde mineralen in enkele onderzochte grondmassa's.

<sup>1)</sup> of cristobaliet en tridymiet die in het poederdiagram duidelijk zijn te onderscheiden.

<sup>2)</sup> in de na de omzetting aanwezige vorm.



TABEL 14.

Röntgenografisch bepaalde mineralen uit grondmassa's van enkele uitvloeiings- en ganggesteentes.

Coll.Nr.	Gesteentenaam, herkomst.	Röntgenografisch aangetoonde mineralen.
80	trachiet, Colli Euganei, Padova.	Na-Kaliumveldspaat, cristobaliet.
81	trachiet, Lago de Pollena, Vesuvius.	Na-Kaliumveldspaat.
82	trachiet, Drachenfels.	Na-Kaliumveldspaat + kwarts (> 10 vol. %).
83	augiet-andesiet, Idsoe, Japan.	plagioklaas (30—50 % An).
84	hoornblend-andesiet, Siebengebirge.	plagioklaas (20—40 % An).
85	aegirien-trachiet, Siebengebirge.	Na-Kaliumveldspaat.
86	hypersteen-andesiet, Sanoeki, Japan.	plagioklaas (30—50 % An).
89	tholeiet, Castleton, East Yorkshire.	plagioklaas (30—50 % An) + kwarts.
90	pantelleriet, Pantelleria.	K-Natriumveldspaat + kwarts.
92	bazalt, Puy de Pariou, Auvergne.	plagioklaas (50—70 % An).
93	augiet-olivijnbazalt, Westerwald.	augiet + plagioklaas.
94	rhyoliet, Wallstein, Pfalz.	Na-Kaliumveldspaat + kwarts.
95	rhyoliet, Dossenheim, Baden.	Na-Kaliumveldspaat + kwarts.
98	rhyoliet, Wadi Abu Hamad, Egypte.	Na-Kaliumveldspaat + kwarts.
99	andesiet, Wadi-Abu Hamad, Egypte.	plagioklaas (10—30 % An) + kwarts.
136	alkali-syeniet, Egypte.	plagioklaas (0—10 % An) + kwarts (< 10 vol. %).
137	hällflinta, Egypte.	Na-Kaliumveldspaat + albiet + kwarts (> 10 vol. %).
138	bostoniet, Egypte.	Na-Kaliumveldspaat + albiet + kwarts (> 10 vol. %).

Bij de röntgenografische bepaling van kwarts of cristobaliet in grondmassa's van gesteentes die op grond van mikroskopisch onderzoek als trachieten of andesieten gedetermineerd zijn blijkt dat deze gesteentes veelal een rhyolitische resp. dacitische samenstelling moeten hebben.

## DE POLYMORFIE VAN DE NA-KALIUMVELDSPATEN

Algemeen wordt aangenomen dat de relatie orthoklaas-sanidien bepaald wordt door de kristallisatietemperatuur en afkoelingssnelheid van Na-Kaliumveldspaat. Over het verband tussen orthoklaas en mikroklien zijn de meningen verdeeld; beurtelings wordt dit als een geval van dimorfie beschouwd of door submikroskopische vertweeling verklaard.

Het probleem wordt gecompliceerd doordat de tendens bestaat iedere Na-Kaliumveldspaat met een afwijking van de monokliene symmetrie als mikroklien te beschouwen, terwijl de gecombineerde albiet- en periklien-vertweeling vaak als de enige karakteristiek van mikroklien opgevat wordt.

De variatie van de optische symmetrie van orthoklaas en mikroklien is in plaat III uitgezet. De hier onder volgende kristallografische gegevens zijn ontleend aan WINCHELL (1948, p. 322).

	a : b : c	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	s.g.
orthoklaas .....	0,6586 : 1 : 0,5559	90°	116°3'	90°	2,56
mikroklien .....	0,6637 : 1 : 0,5546	89°19'	115°50'	92°10'	2,55

### Ontwikkeling van de opvattingen over het probleem orthoklaas-mikroklien.

De term „orthose” werd door HAÜY in 1822 ingevoerd om de kaliveldspaat met rechthoekige splijtbaarheid aan te duiden. Onafhankelijk van hem stelde BRETHAUPHT in 1923 de naam orthoklaas voor die zich sindsdien buiten het Franse taalgebied gehandhaafd heeft. In 1832 gebruikte BRETHAUPHT de term mikroklien voor de niet geheel rechthoekig splijtende kaliveldspaten. DES CLOIZEAUX (1876) nam deze naam over voor de kaliveldspaten die bij optisch onderzoek een afwijking van de monokliene symmetrie vertoonden en wees tevens op de karakteristieke vertweeling volgens de albiet- en periklienwet. Voorts vermeldt hij dat mikroklien vrijwel altijd dicht vergroeid met orthoklaas voorkomt terwijl beiden dezelfde uitdovingshoek op (010) vertonen ( $a : \alpha$  gem. 5°).

Steunend op de waarnemingen van DES CLOIZEAUX verdedigde te zelfder tijd MALLARD (1876) de hypothese dat de structuur van de kaliveldspaat triklien was, te vergelijken met die van albiet. De pseudo-monokliene symmetrie van orthoklaas zou veroorzaakt worden door een herhaalde vertweeling en rangschikking van de trikliene structuureenheden. Volgens hem worden polymorfie verschijnselen veroorzaakt door de verschillende combinatie-mogelijkheden van dezelfde structuureenheid. Hij staat dan ook op het standpunt: Une même substance chimique possède (done) toujours le même réseau cristallin (id. p. 170).

MICHEL-LÉVY (1879) trachtte de identiteit van orthoklaas en mikroklien waarschijnlijk te maken door aan te tonen dat de indicatrix-assen van submikroskopisch volgens de albiet- en periklienwet vertweelende mikroklien

samen moeten vallen met die van orthoklaas. Hij ging hierbij uit van de reeds vermelde waarnemingen van DES CLOIZEAUX; het veronderstelde algemeen vergroeid voorkomen van orthoklaas en mikroklien — association intime et moléculaire — en de practisch identieke uitdovingshoek die beiden op (010) vertonen. Tot de hypothese van de submikroskopische vertweeling van mikroklien kwam hij door observatie van de tweelingslamellen van mikroklien die volgens hem geen scherpe begrenzing vertonen maar geleidelijk in elkaar overgaan en zo fijn worden dat ze ook bij de sterkste vergroting niet meer waar te nemen zijn. Hij gaf geen verklaring voor het verschil in assenhoek tussen orthoklaas en mikroklien. De variatie van de assenhoek van orthoklaas weet hij aan temperatuursinvloeden die contactwerkingen zouden veroorzaken tussen de verschillende submikroskopische lamellen waaruit de orthoklaas opgebouwd is. In een later artikel (1883, p. 229) gaat MICHEL-LÉVY nader op het probleem in en geeft toe dat het moeilijk blijft het verschillend gedrag van orthoklaas en mikroklien bij verhitte te verklaren. Als steun voor zijn hypothese wijst hij op het feit dat dichtvergroeide orthoklaas en mikroklien bij mikroskopisch onderzoek tussen gekruiste nicols in vier standen geheel homogeen schijnt te zijn, waarbij vertweelinge en niet vertweelinge partijen een gelijke lichtsterkte vertonen.

GROTH (1906) meende dat orthoklaas bestaat uit alternerende, asymmetrische moleculairlagen die polysynthetisch vertweelinge zijn terwijl bij mikroklien met intervallen een groot aantal asymmetrische moleculairlagen evenwijdig gerangschikt zijn, zodat mikroskopisch waarneembare lamellen optreden. In verband hiermee stelde hij zijn polysymmetrie-theorie op, die neerkomt op het feit dat regelmatig herhaalde vertweelinge van submikroskopisch kleine eenheden een schijnbaar homogeen kristal kan doen ontstaan, dat een hogere symmetrie heeft dan de vertweelinge eenheden.

BRAUNS (1891, p. 135—149) beschouwde de mikroklien structuur als secundair, veroorzaakt door tektonische druk. De instabiliteit van de mikroklien wordt volgens hem door de Na-component veroorzaakt. De algemeen voorkomende vrij gegroeide mikroklienkristallen, waarvan de structuur moeilijk door druk kan zijn ontstaan, beschouwt hij als uit het gesteente „herausgewachsen”.

WARREN (1915, p. 148) en MÄKINEN (1917, p. 140) merkten op dat als kaliveldspaat in granietpegmatieten uitsluitend mikroklien voorkwam en verklaarden dit door een inversie orthoklaas-mikroklien aan te nemen bij 700° C. Bij een onderzoek van de alkaliveldspaten van een aantal typische metamorfe gesteentes van Finland vond MÄKINEN uitsluitend mikroklien die hier veelal onvertweelinge in voorkomt.

HADDING (1921) vervaardigde Laue opnames van orthoklaas en mikroklien en vond dat positie en intensiteit van de reflecties volkomen overeenstemden. Hij zag hierin een belangrijke steun voor de polysymmetrie-theorie van GROTH.

DITTLER en KÖHLER (1925, p.p. 250—258) verhitten mikroklien mikroperthiet 500—700 uur op 1000° C. en namen het verdwijnen van de mikroklientweelingslamellen waar, terwijl de uitdoving op (001) van 15° tot 0° terug liep. De auteurs achtten dit echter nog geen beslissend argument voor de dimorfie van de kaliveldspaat omdat zij geen duidelijke verandering in het s.g. konden constateren zoals dat van dimorfe mineralen als leuciet, boraciet en tridymiet bekend is.

TAYLOR bepaalde in 1933 de structuur van sanidien en verrichtte daarna (TAYLOR, DARBYSHIRE en STRUNZ 1934) een systematisch draaikristal-onderzoek van alkaliveldspaten en plagioklazen. Adulaar en sanidien gaven identieke draaikristal opnames; de volkomen monokliene symmetrie werd bevestigd met Laue opnames. Draaikristal opnames van mikroklien om de b-as toonde aan dat de reflecties symmetrisch om het (010) vlak gerangschikt waren. Draaikristal opnames om de c-as vertoonden kleine, maar duidelijke verschillen vergeleken met sanidien. De sterke reflecties worden vergezeld door zwakke additionele reflecties (perthietische albiet). De schrijvers kwamen tot de conclusie dat aan te nemen dat alle veldspaten triklen zijn en dat adulaar, orthoklaas en sanidien pseudo-monoklien zijn door vertweeling, slechts een onnodige complicatie betekent. Volgens hen maken optische noch röntgenografische data de hypothese MALLARD MICHEL-LÉVY noodzakelijk.

BARTH (1929, p. 185) vond dat Laue foto's van mikroklien, reflecties vertonen in dezelfde posities als die van orthoklaas, de intensiteiten zijn echter niet in overeenstemming met de monokliene symmetrie. Zo vond hij dat de intensiteit van  $(\bar{2}11)$  veel groter was dan  $(2\bar{1}1)$  terwijl deze intensiteiten bij een monoklien kristal hetzelfde moeten zijn. Hij komt tot de conclusie dat orthoklaas submikroskopisch vertweelinge mikroklien kan zijn. In een later artikel (1934) komt BARTH tot een andere interpretatie. Hij behandelt hier de polymorfie in het algemeen, gedefinieerd als iedere verandering in de roosterbouw van een stof van constante chemische samenstelling, homogene deformaties uitgezonderd. BARTH onderscheidt de volgende drie typen:

- 1) Polytypie. Hierbij heeft een volledige nieuwe rangschikking van de betrokken atomen plaats met een hiermee gepaard gaande afbraak van het instabiel geworden kristalrooster en de vorming van een nieuw rooster dat essentiële verschillen vertoont (v.g.l. de overgang kwarts-tridymiet).
- 2) Polysynonie. Hierbij treedt een duidelijke verandering in geometrische symmetrie (=synonie) van het kristalrooster op, hoewel de atoomrangschikking, soortelijk gewicht en splingeigenschappen zo weinig afwijken dat het structuurtype behouden blijft en slechts een nieuwe variant van de structuur wordt gevormd (v.g.l. de overgang  $\alpha$  kwarts- $\beta$  kwarts).
- 3) Polytropie. Hierbij treedt een structuurvariant op zonder een verandering in de geometrische symmetrie van het kristalrooster. Als voorbeeld haalt BARTH aan de rotatie van de  $\text{NO}_3$ -groep bij verhitting van  $\text{NaNO}_3$  en de omzetting orthoklaas-mikroklien.

BARTH levert nu een hypothese voor de dimorfie van de kaliveldspaat uitgaande van de structuurbepaling van sanidien door TAYLOR (1933). In de elementaire cel van orthoklaas is de Si en Al verdeeld in vier groepen waarvan drie ieder 4 Si bevatten en één groep 4 Al. Volgens BARTH zijn in de monokliene orthoklaas de Si en Al willekeurig over de beschikbare posities verdeeld terwijl bij mikroklien de Al atomen in bepaalde posities t. o. v. het symmetrievlak geconcentreerd zijn.

BAIER (1930) verrichtte een zeer uitvoerig statistisch onderzoek over de lamellenbouw en ontmengingsstructuren van veldspaten. Hij komt tot de conclusie dat alle monokliene veldspaten bij gewone temperatuur uit trikliene eenheden zijn opgebouwd. De variaties van de optische eigenschappen van monokliene veldspaten zijn volgens hem terug te brengen tot dispersiteitsverschillen in de lamellenbouw van deze veldspaten. BAIER

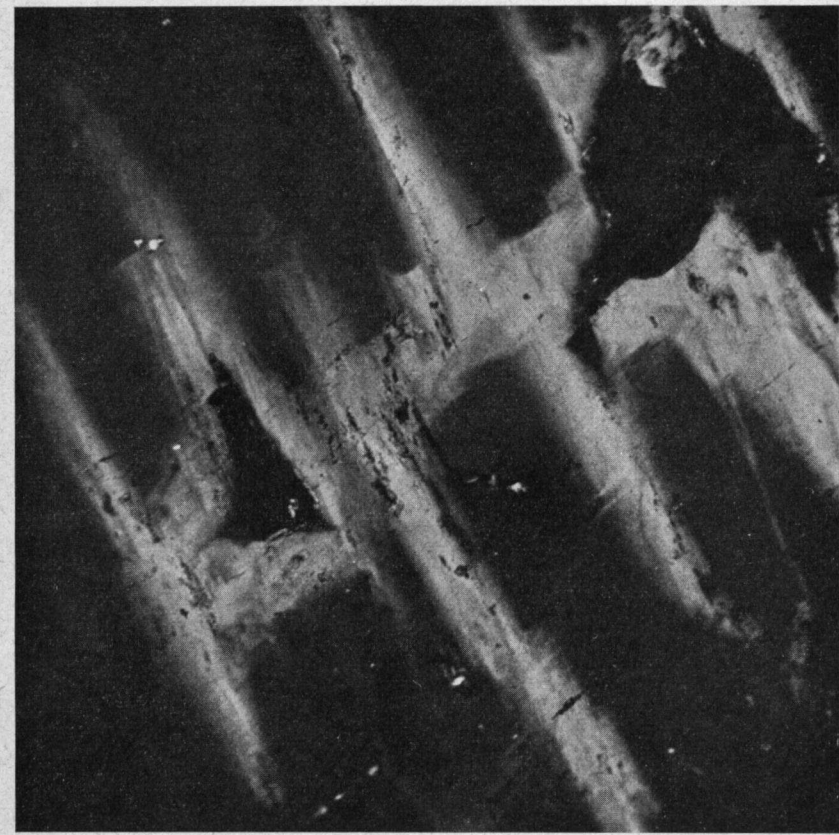


Fig. 21.  
 Onregelmatig uitdovende zones (wit) rond limoniet-insluitels (diep zwart) in adulaar, St. Gothard. Het overige deel van het kristal (zwart uitdovend) heeft een optisch monokliene symmetrie. Gekruiste nicols.  $38 \times$  lin.  
 Adularia, St. Gothard. Abnormal extinction (white) round inclusions of limonite (pitch black). The other part of the crystal has perfect, optical monoclinic symmetry. Crossed nicols.  $\times 38$ .

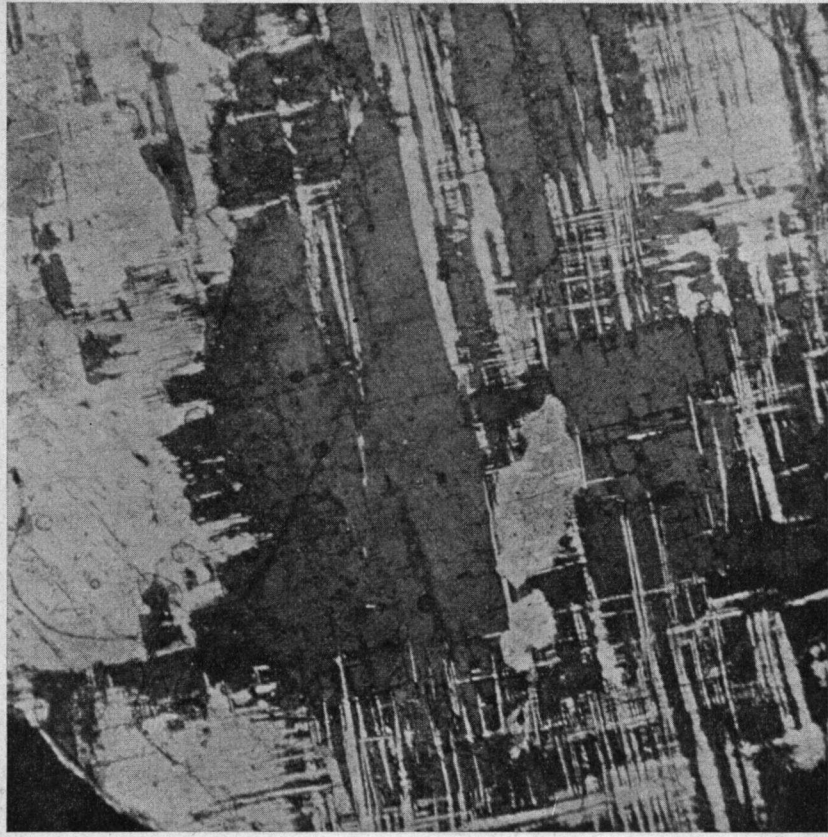


Fig. 22.  
 Gedeeltelijk vertweelinge mikroklien perthiet, Skellefteå, Zweden. De niet vertweelinge partijen bezitten de optische symmetrie van mikroklien, in tegenstelling tot de monokliene symmetrie van het homogene deel van de adulaar van fig. 21. Gekruiste nicols.  $33 \times$  lin.  
 Partly twinned microcline-perthite, Skellefteå, Sweden. The untwinned parts have the optical symmetry of microcline as contrasted with the monoclinic symmetry of the homogeneous part the adularia of fig. 21. Crossed nicols.  $\times 33$ .

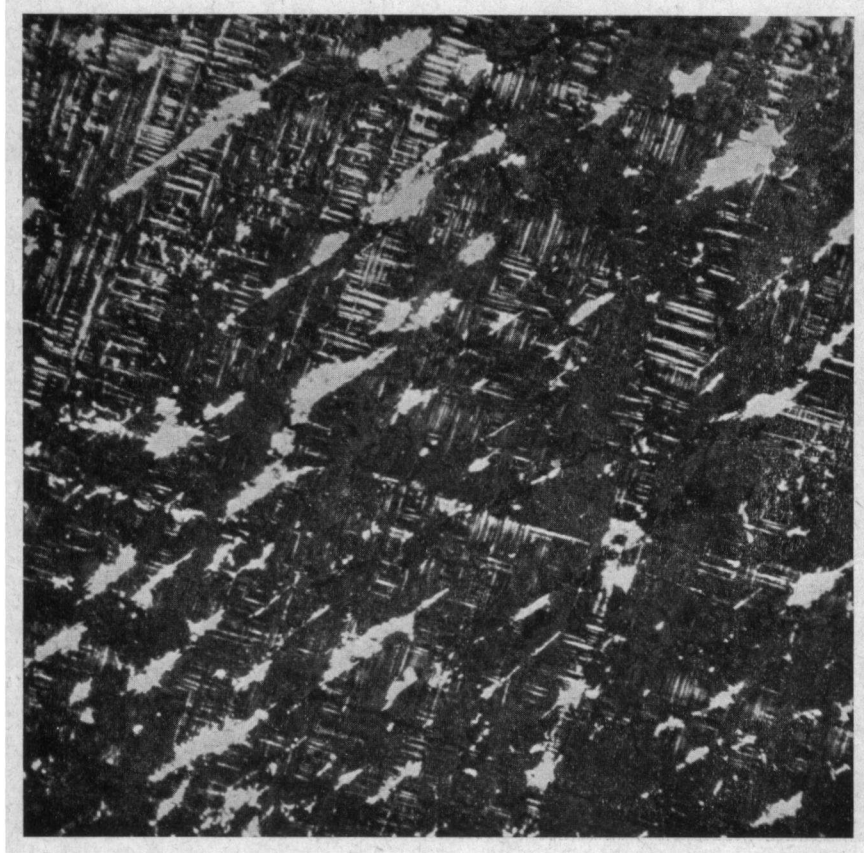


Fig. 23.

Mikroklien perthiet // (001), Siberië. Het aderalbiet systeem (wit) maakt een hoek van  $60^\circ$  met de (010) spijting in (001) en doorsnijdt de mikroklien tweevingslamellen. Gekruiste nicols,  $33 \times$  lin.  
 Microcline-perthite // (001), Siberia. The vein-albite system (white) makes an angle of about  $60^\circ$  with the (010) cleavage in (001), cutting across the microcline twinning lamellae. Crossed nicols,  $\times 33$ .

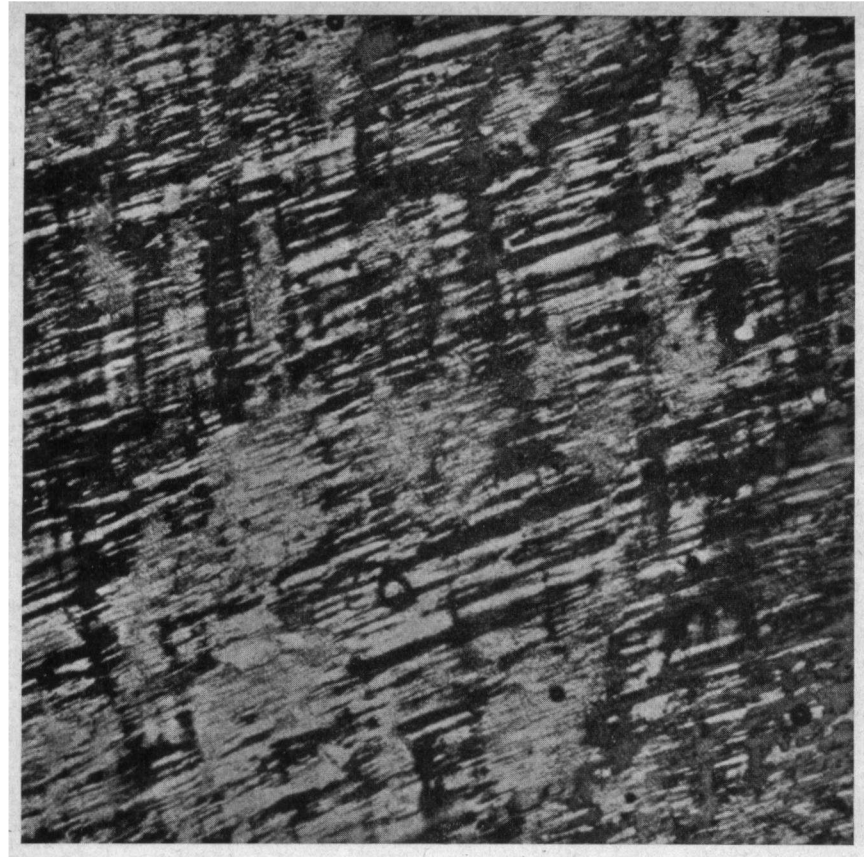


Fig. 24.

Mikroklien perthiet, Swerdlowsk, Oeral. De secundaire albiet omsluit resten van mikroklien tweevingslamellen. Gekruiste nicols,  $33 \times$  lin.  
 Microcline-perthite, Swerdlowsk, Ural. The "patch" perthite is enclosing remains of microcline twinning lamellae. Crossed nicols,  $\times 33$ .

meent dat er geen direct verband bestaat tussen de kristallisatietemperatuur en de symmetrie van de oorspronkelijke kristalvorm van de kaliveldspaat en wat zijn mening als volgt samen:

„Die Annäherung der Symmetrieverhältnisse des Kristallgitters ans Monokline nimmt bei den Feldspäten in der Reihenfolge Anorthit-Albit-Kalifeldspat zu. Ebenso nimmt die Annäherung der Symmetrieverhältnisse des Kristallgitters ans Monokline bei allen Feldspäten zu bei Erhöhung der Temperatur. Diese Annäherung ans Monokline ist wenigstens für die Alkalifeldspäte und die sauren und intermediären Plagioklase so gross, dass sie bei der Gesteinsbildung unter normalen Bedingungen in Wachstumsformen monokliner Symmetrie auskristallisieren. Die Frage, ob dabei (wenigstens bei den Alkalifeldspäten) wirklich monokline Gittersymmetrie erreicht wird, kann heute noch nicht beantwortet werden. Für die Petrographie ist die Beantwortung dieser Frage jedenfalls von untergeordneter Bedeutung. Denn wenn schon eine monokline Modifikation existiert, so wird doch der Übergang in die Triokline Modifikation durch die Möglichkeit polysynthetische Zwillingsaggregate von monokliner Gesamtsymmetrie zu bilden, weitgehendst modifiziert“.

SPENCER (1938, p. 88) meende dat er fundamentele verschillen bestaan tussen orthoklaas en mikroklien die niet door submikroskopische vertweeling kunnen worden verklaard en vatte zijn argumenten in de volgende punten samen:

- 1) De orthoklaas-mikroperthiet veldspaten vormen een ononderbroken reeks en kunnen door verhitting omgezet worden in de corresponderende leden van de sanidien-anorthoklaas reeks. De hypothese van submikroskopische vertweeling zou voor al deze veldspaten moeten gelden. Daar het onwaarschijnlijk is dat sanidien met het vlak van de optische assen evenwijdig aan (010) submikroskopisch vertweelingsvlak is, is het onwaarschijnlijk dat dit voor de overigen geldt.
- 2) De assenhoek van orthoklaas-mikroperthiet wordt groter met toenemend Na-gehalte en lagere evenwichtstemperaturen. De lage temperatuur orthoklaasen hebben een kleinere assenhoek dan mikroklien van overeenkomstige samenstelling. Dit verschil kan niet te wijten zijn aan de betrekkelijk grove tweelingslamellering van de mikroklien, omdat de assenhoek van mikroklien reeds een gemiddelde is van een groot aantal mikroskopische tweelingslamellen en verdere verfijning van deze lamellering de gemiddelde waarde niet aanmerkelijk zou veranderen.
- 3) Normale mikroklien kan een kleinere hoeveelheid van de Na-component in het rooster opnemen dan orthoklaas.
- 4) Door langdurige verhitting kan mikroklien in sanidien worden omgezet. Hiervoor is belangrijk meer energie nodig dan voor de omzetting van een lid van de orthoklaas-mikroperthiet reeks van overeenkomstige samenstelling.

Volgens BUERGER (1948, p. 117) behoren de polymorfie verschijnselen van de alkaliveldspaten tot de groep van de „disordering transformations“, transformaties waarbij de ordening van de atomen bij stijgende temperaturen afneemt. De monokliene symmetrie van sanidien verklaart hij door het afnemen van de ordening van de Si en Al atomen, overeenkomstig de aangehaalde hypothese van BARTH. Bij dalende temperaturen neemt de ordening toe waarbij een structuur met lagere symmetrie ontstaat, gepaard gaande met vertweeling bij het streven naar een zo laag mogelijke vrije energie. Dit zou de betekenis zijn van het optreden van mikroklien vertweeling.

WIMMENAUER (1950) bestudeerde mikroklien insluitels in een olivijn-nefeli-nietgang in de omgeving van Freiburg i. Br. Het merendeel van de mikroklien kristallen bleek omgeven te zijn door een rand van onvertweelingde kaliveldspaat. Op de draaitafel onderzocht bleek deze niet vertweelingde kaliveldspaat een gemiddelde assenhoek van  $2V = -46^\circ$  te bezitten terwijl de ligging van de pool van (001) t. o. v. de assen van de indicatrix karakteristiek was voor orthoklaas met monokliene symmetrie. Verder viel het vlak van de optische assen (001) van orthoklaas samen met het tweelingsvlak (010) van de mikroklien en het tweelingsvlak (010) van de aderperthiet. GOLDSCHMIDT (1911, p. 291) vermeldde reeds dat bij sterke contactmetamorfose van mikroklien-houdende arkosen uit het Oslogebied de mikroklien vertweeling verdween.

### *Conclusies.*

Bij dit overzicht van de bestaande opvattingen over de relatie orthoklaas-mikroklien valt het volgende op te merken:

- 1) Het uitgangspunt van de theorie MALLARD-MICHEL-LÉVY is het algemeen voorkomen van mikroklien dicht vergroeid met orthoklaas. Uit het werk van MÄKINEN (1917), BAIER (1930), GYSIN (1928, 1938) en ons eigen onderzoek blijkt daarentegen dat onvertweelingde en gedeeltelijk vertweelingde mikroklien veelvuldig voorkomt, vergroeiingen van orthoklaas en mikroklien blijven echter beperkt tot contactmetamorfe verschijnselen als door WIMMENAUER beschreven. Deze praemisse van de submikroskopische vertweelings hypothese blijkt dus niet juist te zijn.
- 2) De tektonische druk door BRAUNS e. a. aangehaald als oorzaak van mikroklien vorming speelt waarschijnlijk een ondergeschikte rol, getuige de veel voorkomende vrij groeiende mikroklien kristallen. Het algemeen voorkomen van mikroklien als kaliveldspaat in metamorfe gesteentes is dan ook niet in de eerste plaats aan druk te wijten maar aan het feit dat het gesteente bij de metamorfose in het temperatuurgebied ( $750^\circ$ — $500^\circ$  C.) van de mikroklienvorming gebracht is. De temperatuur experimenten van SPENCER (1937, p. 481) maken het waarschijnlijk dat de fijn vertweelingde mikroklien bij relatief hogere temperaturen is ontstaan dan de grover vertweelingde mikroklien, de fijnheid van vertweeling is dus evenmin uitsluitend van druk afhankelijk.
- 3) De opvatting van BAIER (1930) dat lamellenbouw en polysynthetische vertweeling ook bij de metastabiele hoge temperatuur Na-Kaliumveldspaten voorkomt werd door ons optisch onderzoek bevestigd (zie b.v. fig. 2). Deze lamellengroepen zijn echter altijd gebonden aan storingszones en BAIER's conclusie dat de hoge temperatuur Na-Kaliumveldspaat steeds schijnbaar optisch monoklien zou zijn is dan ook niet juist. Deze plaatselijke storingsen in de roosterbouw hebben geen invloed op de reflecties van het röntgenpoederdiagram.
- 4) Uit ons optische onderzoek (p. 32) blijkt dat de optische symmetrie van mikroklien een zekere variatie vertoont, een geleidelijke overgang naar de optische symmetrie van orthoklaas bestaat echter niet. Bij verhitting tot  $850^\circ$  C. en snelle afkoeling, vertoont mikroklien een duidelijke afname in s.g. zoals bij de overgang naar een minder geordende structuur te verwachten is. (SPENCER, 1937, pl. 18). Deze feiten tezamen met de aangehaalde observaties van SPENCER kunnen niet met de submikroskopische vertweelings



theorie verklaard worden. Het is dus waarschijnlijk dat de relatie orthoklaas-mikroklien een geval van polymorfie is. De duidelijke verschillen van netvlakafstanden en intensiteiten van het röntgen-poederdiagram van mikroklien vergeleken met dat van orthoklaas maakt het waarschijnlijk dat de mikroklien structuur een kleine distortie t. o. v. de orthoklaas structuur bezit, een distortie die echter geringer is dan die van de albiet structuur vergeleken met die van orthoklaas (TAYLOR, 1934). Het röntgen-poederdiagram geeft echter geen informatie over de symmetrie van de mikroklien structuur.

De monokliene kristalvorm en de lage kristallisatietemperatuur van adulaar spelen een bijzondere rol bij de discussie over de dimorfie van de kaliveldspaten. De afwijkende kristallisatie omstandigheden (zie p. 13) rechtvaardigen een afzonderlijke bespreking van de optische symmetrie van adulaar.

### Optische anomalien van adulaar.

Reeds MALLARD (1876) vond bij optisch onderzoek van adulaar van de St. Gothard zones met afwijkingen van de monokliene symmetrie, een waarneming die volkomen paste in zijn submikroskopische vertweelings theorie.

ALLING (1923, pl. C<sub>1</sub> en C<sub>2</sub>) onderzoekt adulaar van dezelfde vindplaats en vond plaatselijk abnormaal uitdovende banden en strepen die elkaar loodrecht kruisen. Volgens ALLING worden deze anomalien veroorzaakt door onvoorzichtig slijpen bij het vervaardigen van het slijpplaatje, met zorg vervaardigde slijpplaatjes van adulaar zouden deze afwijkingen niet vertonen. Deze argumentatie zou alleen steekhoudend zijn wanneer ALLING aan het zelfde adulaar praeparaat eerst de homogeniteit en daarna het optreden van anomalien door mechanische deformatie aangetoond had. Bij het vervaardigen van slijpplaatjes van de door mij onderzochte adularen werden geen aanwijzingen gevonden om de hypothese van ALLING te bevestigen.

KÖHLER (1948) onderzoekt een reeks adularen uit Zillertal en Tavetsch die in toenemende mate afwijkingen van de monokliene symmetrie vertonen. Hij beschrijft achtereenvolgens een type met vaag begrensde onregelmatig uitdovende strepen, een type met scherp begrensde afzonderlijk uitdovende lamellen en een voorbeeld van adulaar met een kruisend net van vaag begrensde lamellen. Zoals uit de afbeeldingen blijkt treden deze anomalien plaatselijk op en zijn steeds gebonden aan insluitsels en storingszones in de adulaar. KÖHLER (id. p. 54) beschouwt deze verschijnselen als een mikroklien vertweeling in statu nascendi. Tenslotte beschrijft hij een sterk verweerd kristal met adulaar habitus uit een ertsvoorkomen van Mödling bij Wenen. In enige heldere partijen van het kristal kon KÖHLER met de Federow-tafel een mikroklien optiek met de karakteristieke assenhoek vaststellen. Het aldus vastgestelde optreden van albiet- en periklienlamellen maakt het volgens KÖHLER noodzakelijk adulaar onder de trikliene veldspaten te rangschikken.

CHAISSON (1950) vond afwijkingen van de monokliene symmetrie in de randzones van adularen. De uitdovingsrichting maakte hoeken van 6°—12° met de (010) splijting in (001).

LAVES (1950) vond dat afwijkingen van de monokliene symmetrie van adulaar een maximum bereikten in de nabijheid van de scherpe hoek (110)  $\Lambda$  ( $\bar{1}10$ ). Draaikristal opnames van dit gedeelte toonden aan dat de (110) en ( $\bar{1}10$ ) symmetrisch opgebouwd zijn t. o. v. (010). Zwenk opnames van

materiaal van de Vesuvius wees op een duidelijk trikliene symmetrie. Volgens LAVES ontwikkelde de adulaar zich oorspronkelijk als een monoklien kristal en werd later in een trikliene modificatie omgezet. Deze omzetting zou zich van de oppervlakte naar de kern van het kristal bewegen.

Uit ons optisch onderzoek (p.p. 29—32) blijkt dat trikliene lamellen algemeen voorkomen en vrijwel altijd aan storingszones en insluitsels gebonden zijn (fig. 21). In tegenstelling met de observaties van CHAISSON en LAVES komen deze trikliene partijen niet uitsluitend in de randzones voor (zie ook fig. 3 KÖHLER, 1948). Het karakteristieke van de trikliene zones van adulaar is dat zij plaatselijk voorkomen evenals de in het voorgaande beschreven storingszones van sanidienen. Het verschil met de symmetrie verhoudingen bij mikroklien kan het best geïllustreerd worden door vergelijking van fig. 21, waar trikliene lamellen omgeven worden door homogene monokliene adulaar, en fig. 22 waar de mikroklien tweelingslamellen grenzen aan homogene mikroklien met optisch trikliene symmetrie.

De storingen in de roosterbouw van adulaar hebben geen door ons waargenomen invloed op de röntgen-poederdiagrammen die steeds het patroon van groep A (orthoklaas) opleveren. Adulaar heeft dus een orthoklaas kristalstructuur waarin plaatselijk deformaties kunnen optreden. Het resultaat van deze trikliene deformaties is echter wezenlijk verschillend van de mikroklienstructuur, die door ordening van de Si en Al atomen tot stand komt. Het is dus niet juist om adulaar onder de mikrokliengroep te rangschikken.

In tegenstelling tot de mening van KÖHLER kunnen veldspaten met een orthoklaasstructuur zoals adulaar bij betrekkelijk lage temperaturen kristalliseren hetgeen ook het voorkomen van authigene orthoklaas bewijst.

Een typische initiële mikroklien vertweeling werd gevonden bij de mikroklien van Baveno (fig. 10); hierbij heeft het gehele kristal een optisch trikliene symmetrie.

## SUMMARY.

### Identification of natural alkali feldspars with X-ray powder photographs.

X-ray powder analysis is becoming an important tool for the petrographer when identification problems can not be solved with the usual optical and chemical methods.

It is the aim of this paper to provide data to identify alkali feldspars in groundmasses of extrusive rocks, perthites and other fine grained structures. Moreover the variation of the intensities and the position of spacings of the powder patterns of natural alkali feldspars is compared with the variation in optical properties and chemical composition.

To this purpose alkali feldspars of different localities, chemical composition, crystallization temperature and rate of cooling are investigated with optical methods, X-ray powder analysis and as far as possible, chemical analysis.

The optical examination of the alkali feldspars was made with the four axes universal stage. The position of the poles of crystallographic elements and twinning axes was determined with respect to the axes of the indicatrix  $N\alpha$ ,  $N\beta$ ,  $N\gamma$ . The co-ordinates are recorded according to NIKRIN (1936). The quadrant in which each pole is situated is indicated by the sign + or —.

In plate III the measurements on the potash-soda feldspars are plotted in a projection normal to  $N\beta$ <sup>1</sup>. The interpretation normal orthoclase-Na-orthoclase was made with the aid of the co-ordinates given by NIKRIN (partly reproduced in table I) who did not give a chemical definition of these terms. The available chemical data in this investigation proved that thus defined normal orthoclase contained < 25 % Ab and Na-orthoclase > 25 % Ab in solid solution. Determination of refractive indices was used to distinguish anorthoclase from both "low temperature" albite and potash-feldspar.

The alkali feldspars investigated were grouped according to their natural paragenesis. Crystallization temperature, rate of cooling and stability within these groups are discussed.

#### 1. Alkali feldspar phenocrysts from extrusive rocks.

Large sanidine phenocrysts (d. 5,5 m.m.) from Lagno de Pollena, Vesuvius, show a zoned structure // (010), (fig. 3).

In sanidine of Siebengebirge wedged in between large homogeneous crystals (d. 8—10 m.m.) appear small zoned sanidine crystals (d. 1—3 m.m.)

<sup>1</sup>) normale orthoklaas = normal orthoclase (< 25 % Ab)  
adulaar = adularia  
mikroklien = microcline  
Na-orthoklaas = Na-orthoclase (> 25 % Ab)  
anorthoklaas = anorthoclase  
sanidien = sanidine.

which show polysynthetic twinning lamellae in many directions (fig. 2). Probably this is a product of later crystallization under stress.

Anorthoclase of Puy de Dôme (fig. 7), Pantelleria and Mnt. Anakie, Australia (fig. 4) show an extremely fine albite twinning which seems to be typical for anorthoclase. Refractive indices ( $n_{\gamma} = 1.529$ ) and X-ray powder pattern (fig. 18) are characteristic and different from those of "low temperature" albite.

In trachites of Colli Euganei, Italy, phenocrysts were observed (fig. 5) with a core of "high temperature" oligoclase (26% An,  $2V = -84^{\circ}$ ) passing in a rim of anorthoclase ( $2V = -60^{\circ}$ ). This proves the existence of a continuous series of solid solutions between h.t. oligoclase and anorthoclase.

#### 2. Alkali feldspars from plutonic rocks and dykes.

Examples of cryptoperthites, orthoclase- and microcline micropertthites and untwinned microcline are described.

#### 3. Alkali feldspars from pegmatites.

Different structures of microcline perthites are described. In fig. 15 is shown how vein albite // (001), with an irregular surface regulates the position of adjacent microcline twinning lamellae. In this case the microcline twinning lamellae seem to be younger than the vein albite. On the other hand simultaneous crystallization as suggested by SPENCER (1938, p. 107) seems not impossible. The most frequent occurring type of vein albite in microcline is reproduced in fig. 23, cutting the microcline lamellae under an angle of  $60^{\circ}$  with the (010) cleavage in (001). The vein albite is consequently younger than the microcline. Therefore ANDERSENS (1928) suggestion that this vein albite is produced by infiltration of albite solutions in oriented shrinkage cracks may explain the constant orientation of the vein albite. SPENCER's hypothesis of the cotectic origin of vein albite can only hold for isolated examples as mentioned in the description of fig. 15. The majority of vein albite in microcline is of secondary origin.

Examples of patch perthite produced by replacement are shown in fig. 14 and fig. 24. As examples of "high temperature" pegmatites a cryptoperthite from Larvik, Norway, and orthoclase from Itrongay, Madagascar, are described.

A number of crystals of the well known monoclinic "orthoclase" of Baveno produced X-ray powder patterns characteristics for microcline with additional albite reflections. Optical examination showed that these crystals are strongly altered to kalinite and invaded by secondary albite (see Baveno twin of fig. 8). Other crystals showed recrystallization of fine grained microcline and albite (fig. 9). With high magnification an initial microcline twinning is observed (fig. 10).

It seems probable that most crystal of Baveno "orthoclase" on display in mineralogical musea, on optical examination will be found to show a pseudomorphosis of orthoclase by microcline.

#### 4. The adularia-albite paragenesis.

In most of the examined adularia crystals from St. Gotthard, Bristenstock and Maderanerthal locally triclinic lamellae were observed which show extinction angles of  $2^{\circ}$ — $6^{\circ}$  with the (010) cleavage in (001). These triclinic zones are nearly always situated round inclusions (fig. 21) and may be found in the core as well along the faces of the crystals. They are to be

compared with the triclinic zones found in sanidine (fig. 2). Axial angles and extinction angles are different from microcline.

Chemical analysis in weight percents of some of the alkali feldspars investigated are listed in table 2 and fig. 16. The Or-Ab-An components are expressed in molecular percents.

SiO<sub>2</sub> values are generally too low and Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> values too high. For the samples no. 4, 48, 49, 33 and 23 this may be explained by the occurrence of alteration products.

X-ray powder photographs were obtained with an iron target, Mn filter and a 9 c.m. diameter Unicam powder camera. The diameter of the diaphragm slit was 0,3 m.m.. Tube current and voltage were 18 m.A. and 40 k.V. respectively. The accuracy of the measurement of spacings was 0,02 m.m. corresponding with 1,9'  $\lambda$ . Measurements were corrected by the admixture of 10 % Nall. Intensities were estimated visually.

Examining the powder patterns of the alkali feldspars, five groups could be distinguished, classified independently of chemical composition and optical properties.

Group A (plate I A and II A and B).

A similar pattern was observed for sanidine, orthoclase of plutonic rocks, dykes and pegmatites and hydrothermal adularia. Samples investigated are listed in table 8. In table 3 intensities,  $\mathcal{S}_{Fe}$ - and d-values are recorded for St. Gotthard adularia and Drachenfels sanidine. Characteristic are the two strongest reflections (202) and (002) (040).

Group B (plate I B).

All microclines and untwinned microclines give a similar pattern which differs from the group A pattern by showing a single strong (002) (040) reflection followed by three groups of each three reflections with the same intensity (p, q and r in fig. 17). Intensities,  $\mathcal{S}_{Fe}$ - and d-values are recorded in table 4. Samples investigated are listed in table 9.

Group C (plate I C).

The powder pattern data of "low temperature" albite are recorded in table 5. Samples investigated are listed in table 10. Additional albite reflections of orthoclase- and microcline perthites are indicated respectively with AC and BC in table 8 and 9.

Group D (plate II D).

In table 6 are recorded the intensities,  $\mathcal{S}_{Fe}$  and d-values of a typical anorthoclase. The investigated samples are listed in table 11.

Group E (plate II C).

In table 7 the powder pattern properties are recorded of a cryptoperthite with a high An-content.

The facts recorded in table 8—12 show complete agreement between the classification of alkali feldspars with powder patterns and the classification on optical properties. It is not possible to distinguish between sanidine and orthoclase with the aid of powder photographs. So the optical properties seem to be more sensitive to small changes in structure.

The powder patterns of all feldspars have the strong reflection (002) (040) in common. The powder patterns of the alkali feldspars with the exception of "low temperature" albite differ from those of the plagioclases by the possession of an isolated strong reflection (043) (062), ( $d=1,79-1,78$ , s in fig. 17 and fig. 18).

Characteristic for sanidine, orthoclase and adularia (group A) with a composition up to 45 % Ab is the strong reflection pair (202) and (002)(040).

The microclines (group B) are characterized by a single strong (002)(040) reflection followed by three groups of each three reflections of the same moderate intensity (p, q and r in fig. 17).

The anorthoclase powder pattern which differs distinctly from the "low temperature" albite pattern is distinguished from the other alkali feldspars by the presence of an isolated reflection of moderate intensity with  $d = 3,15$  (t in fig. 18).

The distance between the two strongest reflections (202) and (002)(040) of the powder patterns of sanidine, orthoclase from plutonic rocks, dykes, pegmatites and adularia proved to vary nearly linear with the Ab-content contained in solid solution. The distances were measured with the microscope with low magnification ( $\times 19$ ). In fig. 19 the variation of the distance between (202) and (002)(040) expressed in minutes ( $\theta$ ) is plotted against the Ab-content in molecular percents, calculated out of the chemical analyses available of homogeneous crystals of group A. The strong reflection of anorthoclase (106) seems to be doubled under the microscope. The corresponding distance does not fit in the diagram of fig. 19. A similar variation diagram for group A is plotted in fig. 20 in which the distances between the reflections a and b (indicated in table 3) are used. The more time consuming absolute measurements of the position of certain spacings may also be used for the determination of the composition (see table 3—7 and fig. 17 and 18).

The Ab-component of orthoclase- and microcline perthites was easily observed in the diffraction patterns. Comparison with artificial mixtures of "low temperature" albite with orthoclase and microcline are shown in plate I, D, E, F, G. Excepting a cryptoperthite of Larvik, Norway, with an exceptional high An-content (group E) the albite component of the cryptoperthites (f.t. moonstone from Ceylon) could be easily detected. As in most cases only the strongest reflections of the albite component were present, it was not possible to make ure that "high temperature" albite was present<sup>1</sup>).

As contrasted with the cryptoperthites the investigated anorthoclases of Puy de Dôme, Pantelleria, Colli Euganei and Mnt. Anakie, Australia, proved to be optical and roentgenographical homogeneous. Although no natural or artificial "high temperature" albite was available for investigation it seems probable that the powder pattern of anorthoclase (plate II D, table 6, fig. 18) must be similar to that of "high temperature" albite.

Feldspars of rhomb porphyries, Oslo district, showed a powder pattern characteristic for oligoclase in agreement with the optical investigation of OFTEDAHL (1948).

Investigation of X-ray powder photographs of the plagioclases gave similar results as obtained by CLAISSE (1950). Powder patterns of anorthite from efflata of Monte Somma, Vesuvius (92 % An), anorthite of Pesmeda, Tyrol (94 % An) and anorthite of Kamitsuki, Miyake-Jima, Japan (98 % An), although very similar, showed differences in spacings and intensities which can not be explained by changes in composition. Differences in crystallization

<sup>1</sup>) Unfortunately the author was not able to consult the Feldspar Issue of the Journal of Geology, 1950, during the investigation.

temperature and rate of cooling may be responsible for these structural differences.

X-ray powder photographs of groundmasses of trachites, rhyolites, andesites, bostonites, pantellerites and helleflints showed the presence of alkali feldspars, plagioclases and quartz (cristobalite, tridymite), see table 14. Comparison powder photographs of mixtures of quartz and feldspar of known concentration permitted the estimation of the quartz content of the groundmasses.

In plate II E a powder photograph of charnockite is reproduced. With optical methods it was impossible to determine whether the mesoperthite present consisted of orthoclase- or microcline perthite.

Comparison with diffraction patterns of quartz (II F), a mixture of 80 % l.t. albite and 20 % quartz (II G) and a mixture of 80 % microcline and 20 % quartz proved the presence of quartz and microcline perthite in the charnockite.

In the last part of the paper the relation orthoclase-microcline is discussed and the existing opinions reviewed.

The hypothesis MALLARD-MICHEL-LÉVY states that orthoclase consists out of submicroscopical twinned microcline units. The starting-point of this hypothesis is the supposed general occurrence of intimately intergrown orthoclase and microcline. Now observations made by MÄKINEN (1917), BAIER (1930), GYSÉN (1928, 1938) and the present author tend to the conclusion that untwinned and partly twinned microcline are common; intergrowths of orthoclase and microcline however are limited to contactmetamorphic phenomena as described by WIMMENAUER (1950). Triclinic lamellae in sanidine and adularia are not identical with microcline.

The influence of stress, advocated by BRAUNS (1891) as the cause of microcline formation is negligible, as is demonstrated by the common occurrence of free grown microcline crystals. The general occurrence of microcline in slightly metamorphosed rocks is due to the fact that these rocks attained equilibrium in the temperature region of 750°—500° C. (SPENCER 1937, p. 481).

Our optical investigation shows that there is a certain variation of the optical properties of microcline. A continuous change towards the optics of orthoclase was not observed. Considering these facts, together with the arguments put forward by SPENCER (1938, p. 88), the submicroscopical twinning hypothesis seems improbable.

According to the hypothesis of BARTH (1934), modified by BUERGER (1948) microcline is formed by ordering of the Si and Al atoms with declining temperatures.

The difference in spacings and intensities found in the powder pattern of microcline indicates that the microcline structure shows a small distortion compared with the orthoclase structure.

Finally the optical anomalies of adularia are discussed. The difference between the symmetric relations of microcline and triclinic adularia is demonstrated in fig. 21 and 22.

The crystal structure of adularia seems to be similar to the orthoclase structure. Locally triclinic may originate round inclusions and disturbed areas during the crystallization. The structure of these triclinic lamellae is essentially different from the microcline structure originated by the complete ordering of the Si and Al atoms.

Contrary to the opinion of KÖHLER (1948) it is evident that alkali feldspars with an orthoclase structure crystallize at relatively low temperatures (450°—200° C.) which is also proved by the occurrence of authigenic feldspar. Considering the polymorphism of the alkali feldspars, exceptional conditions during the crystallization must explain the formation of these "low temperature" forms.



*"y yo lo declaro al pie de la letra, y lo autorizo con más de venticinco autores".*

*Cervantes-Don Quijote. Cap. XXII.*

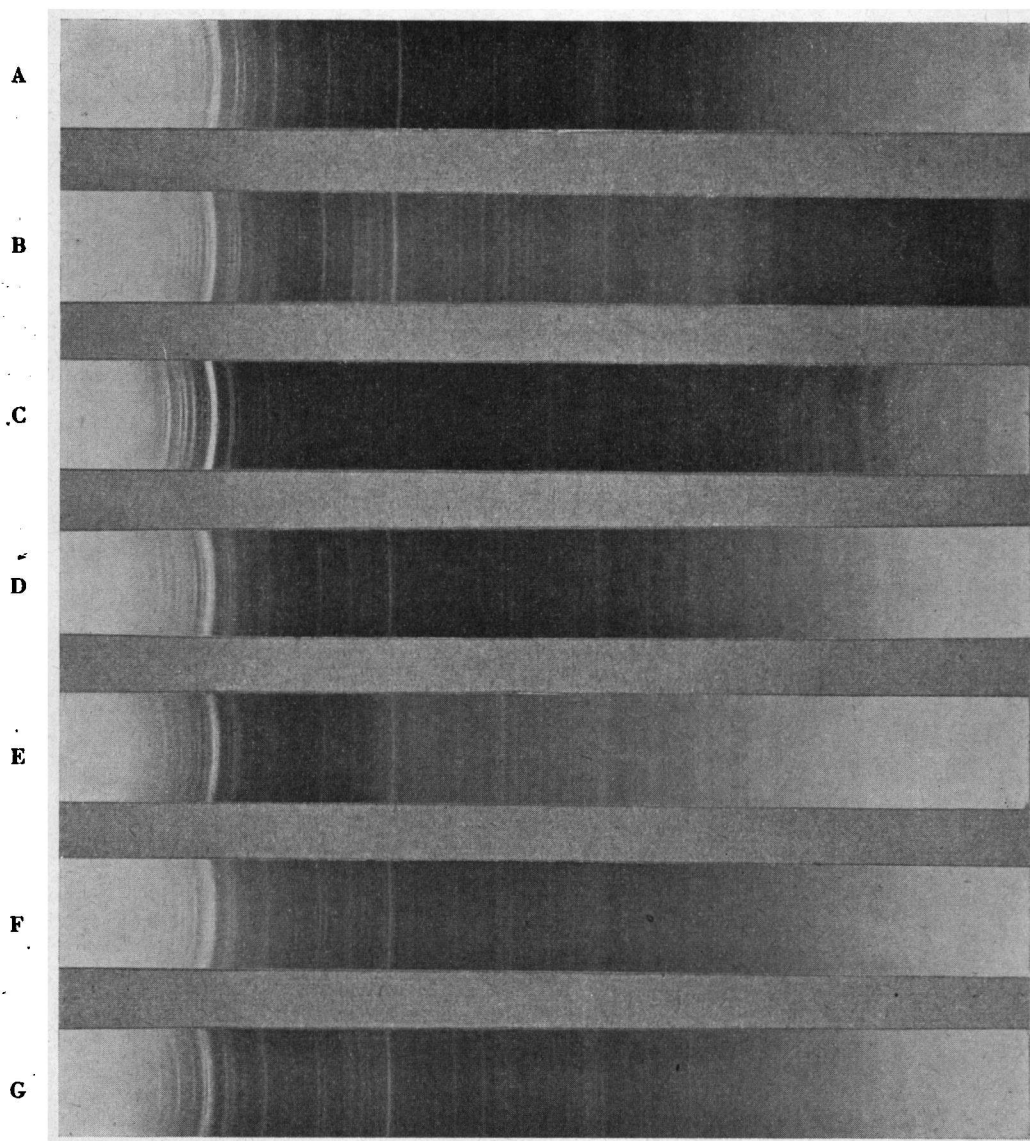
*La grande aventura de la cueva de Montesinos.*

## LITERATUUR.

- ADAMS, L. H., 1949, „Feldspars” Annual report of the director of the Geophysical Laboratory. Carnegie Institution of Washington Yearbook 48, p.p. 35—40.
- ALLING, H. L., 1921, „The Mineralography of the Feldspars”, part. I, Journ. geol. 29, p.p. 193—294.
- ALLING, H. L., 1923, „The Mineralography of the Feldspars”, part. II, Journ. geol. 31, p.p. 282—305.
- ANDERSEN, O., 1928, „The genesis of some types of feldspar from granite-pegmatites”, Norsk Geol. Tidsskr., 10, p.p. 116—207.
- BAIER, E., 1930, „Lamellenbau und Entmischungsstruktur der Feldspäte”, Zeitschr. Krist., 73, p.p. 435—560.
- BARTH, T. F. W., 1927, „Die Pegmatitgänge der Kaledonischen Intrusiv-Gesteine im Seiland Gebiet”, Skr. Utg. av Det Norske Vidensk.-Akad., Oslo, I.M.-N.KL, 8.
- BARTH, T. F. W., 1929, Fort. Min. Krist. Pet., 13, p. 185.
- BARTH, T. F. W., 1934, „Polymorfy Phenomena and Crystal Structure”, Amer. Journ. Sci., 27, p.p. 273—283.
- BRANDENBERGER, E., 1945, „Röntgenographisch-analytische Chemie”, Basel.
- BRAUNS, R., 1891, „Die Optische Anomalien der Krystalle”, Leipzig.
- BRAUNS, R., 1922, „Die Mineralien der Niederrheinische Vulkangebiete”, Stuttgart.
- BROGGER, W. C., 1890, „Die Mineralien der Syenitpegmatitgänge der Sudnordwegischen Augiet- und Nephelinsyenite”, Zeitschr. Krist., 16.
- BUERGER, M. J., 1948, „The rôle of temperature in Mineralogy” Am. min., 33, p.p. 101—121.
- BUNN, W., 1946, „Chemical Crystallography”, Oxford.
- CHAUSSON, U., 1950, „The Optics of Triclinic Adularia”, Am. Min., 35, p. 279.
- CHAO, S. H. and TAYLOR, W. H., 1940, „Isomorphous replacement and superlattice structures in the plagioclase feldspars”, Proc. Roy. Soc., London, (A), 176, p.p. 76—87.
- CHAO, S. H., HARGREAVES, A. and TAYLOR, W. H., 1940, „The structure of orthoclase”, Min. Mag. 25, p.p. 498—512.
- CHAO, S. H., SMARE, D. L. and TAYLOR, W. H., 1939, „An X-ray examination of some potash-soda-feldspars”, Min. Mag. 25, p.p. 338—350.
- CLAESSE, F., 1950, „A Roentgenographic Method For Determining Plagioclases”, Am. Min., 35, p.p. 412—420.
- CLAUSEN, H., 1942, „Pulverfotogrammer af nogle Feldspäter”, Medd. fra Dansk Geol. For., 10, p.p. 236—238.
- DES CLOIZEAUX, A., 1876, „Mémoire sur l'existence, les propriétés optiques et crystallographiques et la composition chimique du microcline etc.”, Ann. Chim. 5, ser. 9.
- CORRENS, C. W., 1935, „Wissenschaftliche Ergebnisse der Deutschen Atlantischen Expedition 1925—1927”, 3, Leipzig.
- DEYTLER, E. en KÖHLER, A., 1925, „Zur Frage der Entmischbarkeit der Kali-Natronfeldspäte und über das Verhalten des Mikroklin bei hohen Temperaturen”, Tschermak's Min. Petr. Mitt., 38, p.p. 229—261.
- FAUST, G. F., 1936, „The fusion relations of iron-orthoclase”, Am. Min. 21, p.p. 735—763.
- FOERSTNER, H., 1884, „Über künstliche physikalische Veränderungen der Feldspäte von Pantelleria”, Zeitschr. Krist., 9, p. 333.
- GOLDSCHMIDT, V. M., 1911, „Die Kontaktmetamorphose im Kristianagebiet”, Oslo.
- GROTH, P., 1906, „Chemische Krystallographie”, Leipzig.
- GRUNER, J. W., 1936, „Hydrothermal alteration of montmorillonite to feldspar at temperatures from 245° C. to 300° C.”, Am. Min., 21, p.p. 511—515.
- GYSIN, M., 1928, „L'application des méthodes de Fédorow a l'identification d'un microcline non maclé”, C. R. Seances Soc. Phys. et Hist. nat. Genève, 45.

- GYSIN, M., 1948, „Les feldspaths potassiques des granites de Gastern et de quelques granites de l'Aar”, Schw. Min. Petr. Mitt., 28, p.p. 230—245.
- HADDING, A., 1921, „Röntgenografische Untersuchung von Feldspat”, Lunds Univ. Arskv., 17, p.p. 3—25.
- HANAWALT, H. D., BERN, H. W. and FREVEL, L. K., 1938, „Chemical Analysis by X-ray Diffraction”, Ind. and Eng. Chem. Anal. Ed., 10, p.p. 457—512.
- HARCOURT, A., 1942, „Tables for the identification of ore minerals by X-ray powder patterns”, Am. Min., 27, p.p. 63—113.
- HEALD, M. T., 1950, „Thermal study of potash-soda feldspars”, A. Min. 35, p.p. 77—89.
- HIGAZY, R. A., 1949, „Petrogenesis of Perthite Pegmatites in the Black Hills, South Dakota”, Journ. Geol., 57, p.p. 555—581.
- HUNTZE, C., 1897, „Handbuch der Mineralogie”, Band II, Silicate und Titanate, Leipzig.
- HURLBUT Jr., C. S., 1936, „X-ray determination of the silica minerals in submicroscopic intergrowths”, Am. Min. 21, p.p. 727—730.
- ITO, T., 1934, J. Geol. Soc. Tokyo, 41, p. 328.
- ITO, T. and INUZUKA, H., 1936, „A microphotometric Study of X-ray Powder Diagrams of Certain Feldspars”, Zeitschr. Krist., 95, p. 404.
- KOENIGSBERGER, J., 1940, Zie: NIGGLI, P., KOENIGSBERGER, J. und PARKER, R.
- KÖHLER, A., 1941, „Die Abhängigkeit der Plagioklasoptik vom vorgangenen Wärmeverhalten”, Min. Petr. Mitt., 53, p.p. 24—49.
- KÖHLER, A., 1948, „Zur Optik des Adulars”, Neues Jahrbuch Min. Geol. Pal. 5—8, p.p. 49—55.
- KÔZU, S. en ENDO, Y., 1921, „X-ray analysis of adularia and moonstone and the influence of temperature on the atomic arrangement of these minerals”, Tohoku Imp. Univ. Sci. Rep., ser. 3, 1, p.p. 1—17.
- KUNO, H., 1950, „Petrology of Hakone Volcano and the adjacent areas, Japan”, Bull. Geol. Soc. Am. 61, 9, p.p. 957—1019.
- LACROIX, A., 1897, „Minéralogie de la France”, tome 2, Paris.
- LACROIX, A., 1922, „Minéralogie de Madagascar”, tome 1, Paris.
- LARSEN, E. S., IRVING, J., GONYER, F. A. and LARSEN, E. S. 3rd, 1938, „Petrological results of a study of the minerals from the Tertiary volcanic rocks of the San Juan region, Colorado”, 8 Orthoclase, Am. Min. 23, p.p. 417—425.
- LAVES, F., 1950, „The Geometry of Triclinic Adularia”, Am. Min., 35, p. 285.
- LINDGREN, W., 1933, „Mineral Deposits”, New York.
- MÄKKENEN, E., 1917, „Über die Alkalifeldspäte”, Geol. Fören., Förh. Stockholm, 39, p.p. 121—184.
- MALLARD, E., 1876, „Explication des phénomènes optiques anomaux”, Ann. des Min., ser. 7, 10, p.p. 157—160.
- MEHMEL, M., 1939, „Datensammlung zum Mineralbestimmen mit Röntgenstrahlen” Fort. Min. Krist. Pet., 23, p.p. 91—118.
- MERWIN, H., 1911, „The temperature stability ranges, density, chemical composition and optical and crystallographic properties of the alkali feldspars”, Journ. Wash. Acad. Sci., 1, p. 59.
- MICHEL-LÉVY, M., 1879, „Identité probable du microcline et de l'orthose”, Bull. Soc. Min. France, 5, p.p. 135—139.
- MICHEL-LÉVY, M., 1883, „Sur les positions d'égale intensité lumineuse de deux minéraux juxtaposés en plaque mince. Application aux plages composées d'un mélange des deux minéraux superposés dans l'épaisseur de la plaque”, Bull. Soc. Min. France, 7, p.p. 219—237.
- NIGGLI, E., 1944, „Das Westliche Tavetscher Zwischenmassiv und der angrenzende Nordrand des Gotthardmassivs. Petrographisch-geologische Untersuchungen”, Inaug. diss. Zürich, Schweiz. Min. Petr. Mitt. 24, p.p. 58—301.
- NIGGLI, E., 1946, „Magnetische Messungen an der Mangan-Eisenerzlagertätte Fianell (Val Ferrera)”, Beiträge zur Geologie der Schweiz, Geotechnische Serie, Kl. Mitt., 11.
- NIGGLI, P., KOENIGSBERGER, J. und PARKER, R., 1940, „Die Mineralien der Schweizeralpen”, Band 2, Basel.
- NIKITIN, W., 1936, „Die Fedorow-Methode”, Berlin.
- OFTEDAHL, CHR., 1948, „Studies on the Igneous Rock Complex of the Oslo Region”, IX. The Feldspars. Skr. utg. av Det Norske Vidensk.-Akad., Oslo, I.M.-N.Kl., 3.
- PINI, 1779, „Mém. sur des nouv. crist. de Feldsp.”, Milaan.
- QUEVAÏN, F. de en FRIEDLAENDER, C., 1942, „Nachtrag zur Chemismus schweizerischer Gesteine”, Beiträge zur Geologie der Schweiz, Geotechnische serie, 20, p.p. 60—61.

- ROEVER, W. de, 1943, „De metasomatische vorming van adulaar in eruptief gesteenten”, Hand v. h. 29e Ned. Nat. en Geneesk. Congres, p. 30.
- SCHLAVINATO, G., 1947—1948, „Studio Chimico Petrografico dei Colli Euganei”, Memorie dell. Inst. Geol. dell'Universita di Padova, 15.
- SPITTEr, L. DE en SPITTEr-KOOMANS, C. M. DE, 1949, „The geology of the Bergamasc Alps, Lombardia, Italy”, Leidse Geol. Med. 14 B, p.p. 1—257.
- SPENCER, ED., 1930, „A contribution to the Study of Moonstones from Ceylon and other Areas and of the Stability-relations of the Alkalifeldspars”, Min. Mag., 22, p.p. 291—367.
- SPENCER, ED., 1937, „The Potash-soda Feldspars. I. Thermal Stability” Min. Mag. 24, p.p. 453—494.
- SPENCER, ED., 1938, „The Potash-soda feldspars. II. Some applications to Petrogenesis”, Min. Mag. 25, p.p. 88—118.
- TAYLOR, W. H., 1933, „The structure of Sanidine and other Feldspars”, Zeitschr. Krist., 85, p. 425.
- TAYLOR, W. H., DARBYSHIRE, J. A. and STRUNZ, H., 1934, „An X-ray Investigation of the Feldspars”, Zeitschr. Krist., 87, p.p. 464—498.
- TAYLOR, W. H., COLE, W. F. and SÖRUM, H., 1951, „The Structure of the Plagioclase Feldspars”, I. Acta Cryst., 4, p.p. 20—29.
- TEX, E. DEN, 1949, „Les roches basiques et ultrabasiques des Laes Robert et le Trias de Chamrousse (Massif de Belledonne)”, Proefschrift Leiden, Leidse Geol. Med. 15.
- VOGT, J. H. L., 1926, „The Physical chemistry of Magmatic Differentiation of Igneous Rocks”, Part II, Skr. Utg. av Det Norske Vidensk.-Akad., Oslo, I. M.-N. Kl, 4, p.p. 1—101.
- VUAGNAT, M., 1948, „Remarques sur les diagrammes radio-cristallographiques de quelques diabases Suisses”, Archiv. Sc. Phys. Hist. Nat. Genève, 1, p.p. 384—387.
- WARREN, C., 1915, „A quantitative study of certain perthitic feldspars”, Proc. Amer. Acad. Arts and Sci., 51, p.p. 127—154.
- WASHINGTON, H., 1933, „The Volcanoes and Rocks of Pantelleria”, Journ. Geol., 21, p.p. 653—713.
- WIMMENAUER, W., 1950, „Über Umwandlungerscheinerungen von Mikroklin am Basaltkontakt”, Neues Jahrb. Min., 4, p.p. 85—90.
- WINCHELL, A., 1948, „Elements of Optical Mineralogy”, New York.



**PLAAT I.**

**Röntgen-poederdiagrammen van enige alkaliveldspaten.**

- A Groep A, adulaar 23,7 % Ab.
- B Groep B, mikroklien 5,8 % Ab.
- C Groep C, albiet (periklien) 97,1 % Ab.
- D BC, mikroklien mikroperthiet.
- E Mengdiagram met 70 % mikroklien — 30 % albiet.
- F AC, orthoklaas mikroperthiet.
- G Mengdiagram met 70 % orthoklaas — 30 % albiet.

**PLATE I.**

**X-ray powder-photographs of some alkali-feldspars.**

- A Group A, adularia 23,7 % Ab.
- B Group B, microcline 5,8 % Ab.
- C Group C, albite (pericline) 97,1 % Ab.
- D BC, microcline-microperthite.
- E Diagram of a mixture of 70 % microcline and 30 % albite.
- F AC, orthoclase-microperthite.
- G Diagram of a mixture of 70 % orthoclase and 30 % albite.

**PLAAT II. Röntgen-poederdiagrammen van enige alkaliveldspaten.**

- A Groep A, sanidien 21,8 % Ab.
- B Groep A, sanidien 43,7 % Ab.
- C Groep E, kryptoperthiet 45,4 % Ab (14,6 % An).
- D Groep D, anorthoklaas 73,9 % Ab.
- E Mikroklien mesoperthiet met kwarts (charnockiet).
- F Kwarts.
- G Mengdiagram met 80 % albiet — 20 % kwarts.
- H Mengdiagram met 80 % mikroklien — 20 % kwarts.

**PLATE II. X-ray powder-photographs of some alkali-feldspars.**

- A Group A, sanidine 21,8 % Ab.
- B Group B, sanidine 43,7 % Ab.
- C Group E, cryptoperthite 45,4 % Ab (14,6 % An).
- D Group D, anorthoclase 73,9 Ab.
- E Microcline-mesoperthite and quartz (charnockite).
- F Quartz.
- G Diagram of a mixture of 80 % albite and 20 % quartz.
- H Diagram of a mixture of 80 % microcline and 20 % quartz.

**A**

**B**

**C**

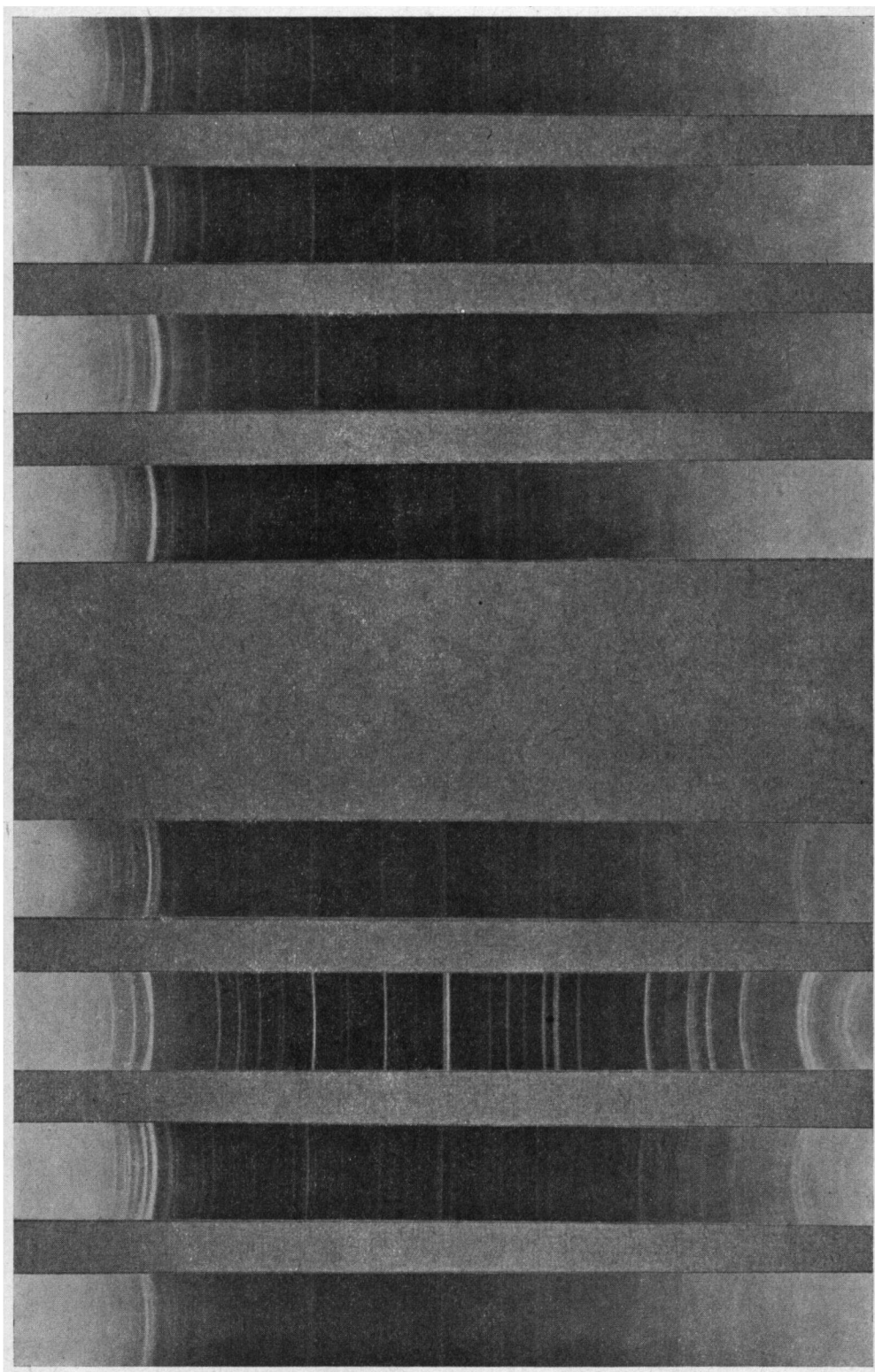
**D**

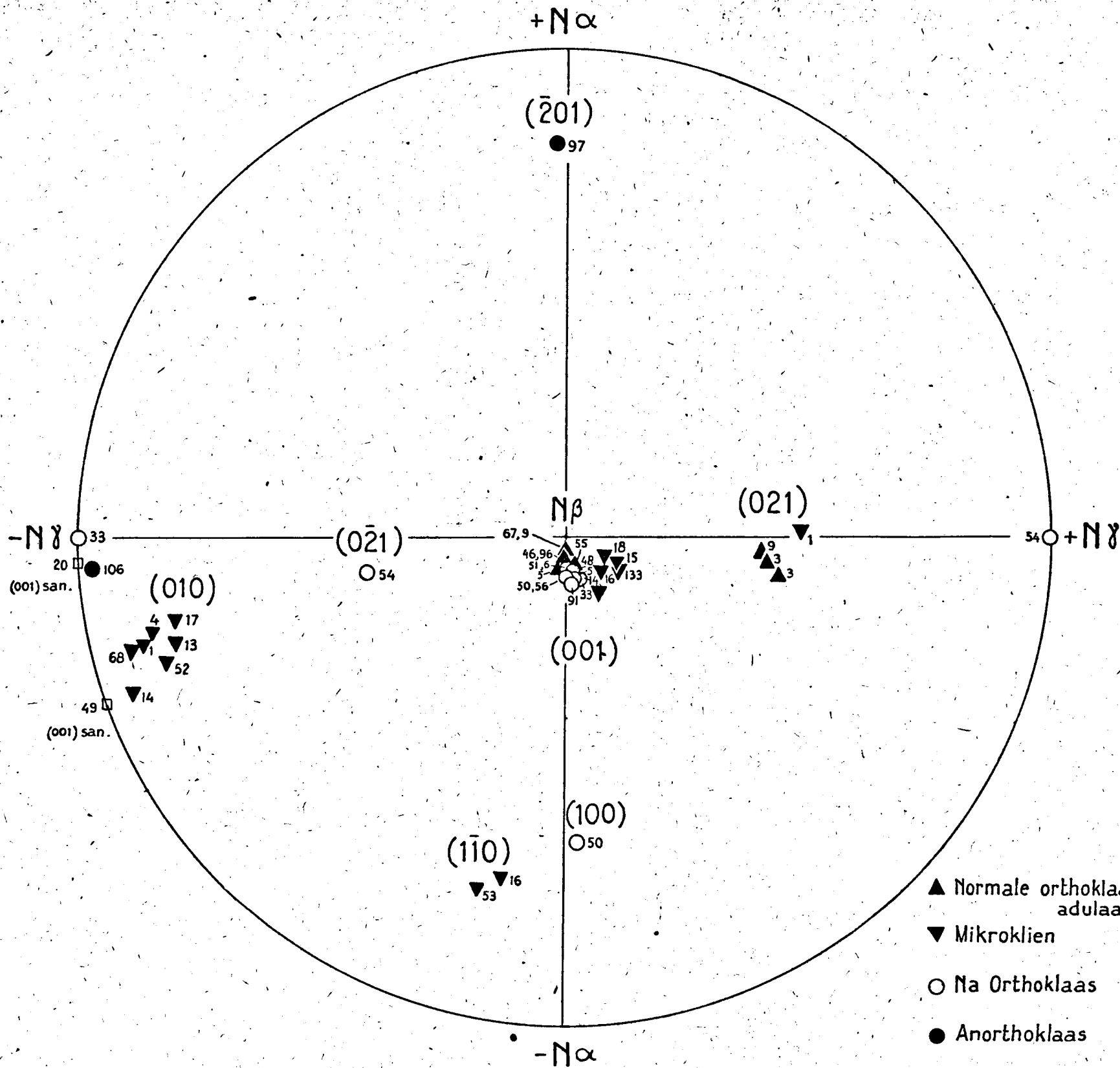
**E**

**F**

**G**

**H**





- ▲ Normale orthoklaas, adulaar
- ▼ Mikroklien
- Na Orthoklaas
- Anorthoklaas
- Sanidien

PLAAT III.

Stereografische projectie van kristallografische elementen en tweelingsassen van de onderzochte alkaliveldspaten t.o.v. de symmetrie-assen van de optische indicatrix.

PLATE III.

Stereographic projection, normal to  $N\beta$ , of crystallographic elements and twinning axes of some alkali-feldspars.