Onderzoek naar de dakhanger van de Königskopf in het Brockenmassief, Harz

door P. Kakes, H. Stroobach en H. Visser

De Harz is een betrekkelijk klein bergmassief: het meet ongeveer 95 bij 35 km. Toch staat het al lang in de belangstelling van geologen. Aanvankelijk was deze belangstelling vooral practisch gericht. Er werden veel metaalertsen gevonden, zoals die van zilver, koper, lood en zink. In de 18e eeuw bezocht Goethe de Harz enkele malen en legde er één van de grondslagen van de moderne geologie doordat hij vaststelde dat de graniet van de Brocken jonger moest zijn dan de afzettingsgesteenten waarin hij was binnengedrongen. De Harz is geologisch zeer goed beschreven. Ook omdat het gebied maar een dagreis van Nederland is verwijderd is het bij Nederlanders altijd populair geweest; zij gingen er kuren, wandelen of mineralen zoeken.
De stroom bezoekers aan het gebied is nog toegenomen nu het oostelijke deel van de Harz weer toegankelijk is. Ook het in de West-Harz gelegen mijnmuseum en de mineralencollecties van Clausthal-Zellerfeld trekken nu nog meer bezoekers.
De Werkgroep Optische Petrologie II bezocht de Brocken in mei 1998. Iets van wat wij toen gezien hebben en de monsters die wij hebben genomen vormen het onderwerp van dit artikel.

Geologisch kader

Gedurende een groot deel van het Paleozoicum bevond dat deel van Europa waar nu de Harz ligt zich onder de zeespiegel. Er werden dikke sedimentpakketten afgezet, die aangeven dat

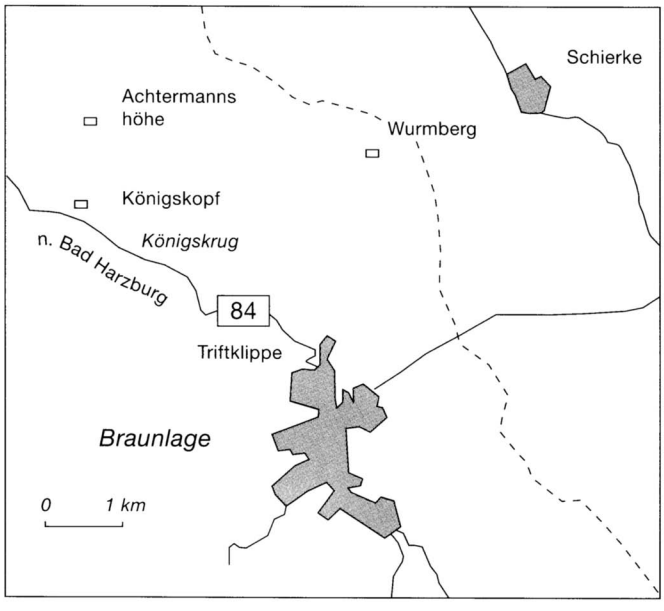


Fig. A. Ligging van de in de tekst genoemde plaatsen. De ---- lijn geeft de grens met de voormalige DDR aan.

de kust meestal niet veraf was. De Variscische plooiingsfase, ook wel Hercynische genoemd, liet ook de Harz niet ongemoeid. In het Laat-Carboon drong het magma omhoog in de basis van wat toen een hooggebergte moet zijn geweest en vormde een plutoon, een uitgebreid granietlichaam. Het gebergte is sindsdien grotendeels weggeërodeerd en de graniet vormt nu een koepel in het centrale gedeelte van de Harz: de Brocken. Rond de eigenlijke Brocken bevindt zich een gebied waar de oorspronkelijke, geplooide sedimenten door de indringende graniet zijn veranderd. Door de grote hitte zijn thermometamorfe gesteenten gevormd, die als een zogenaamd contactaureool om de graniet liggen. Zij bestaan uit zeer harde hoornrots, die uit de oorspronkelijke leien en grauwacken is ontstaan. De hogere delen van de Brocken bestaan uit zogenaamd dakgraniet. Hier is het bovenliggende sedimentgesteente, inclusief het contactaureool, totaal

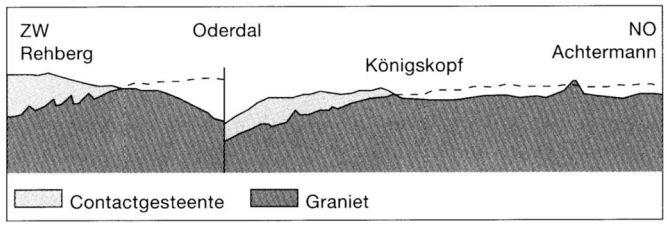


Fig. B. Het profiel van de Königskopf.

verdwenen. In de lagere delen kan de overgang van graniet, via pegmatiet en metamorfe gesteenten, naar sedimentgesteenten goed waargenomen worden. Op een aantal plaatsen is te zien hoe schollen van het sedimentgesteente in het magma terecht zijn gekomen. Zo'n geïsoleerde schol nevengesteente in het dak van een intrusie wordt een dakhanger (Eng.: *roof pendant*) genoemd. Dalen we van de Brocken in ZW-richting af via Achtermanns Höhe, dan komen we bij Königskopf op de grens van graniet en hoornrots (zie kaartje van fig. A en profiel in fig. B).

Bij de Harzexcursie van 1998 hebben wij een in de buurt van de Königskopf gelegen verlaten granietgroeve bezocht (zie fig. C). In de groeve bij Königskrug is een grauwacke-hoornrots ontsloten die zich als een enclave in de graniet bevindt. De graniet is hier op het grensgebied van de dak- en randzone ontsloten. Ten gevolge van de hoge temperatuur is de grauwacke omgezet in een hoornrots. Deze sedimentaire enclave of dakhanger is steeds verbonden geweest met het oorspronkelijke voorkomen maar stak voor een groot deel vanaf de bovenkant van de intrusie in het magma.
Om te zien hoe het oorspronkelijke sedimentaire gesteente verandert door de invloed van de geïntrudeerde graniet werd een monster genomen, waarvan later een drietal slijpplaatjes is gemaakt.

De grauwacke-hoornrots

De kern van de grauwacke hoornrots (afb. 1) is onderhevig geweest aan rekristallisatie onder invloed van de hoge temperatuur van het magma en de aanwezigheid van water in het sediment. Deze rekristallisatie vindt plaats in vaste toestand.
Het water is aanwezig als een zeer dun laagje van één of enkele moleculen dik rond de kristallen in de (meta)grauwacke en is afkomstig van waterhoudende mineralen zoals o.a. sericiet en chloriet. Bij verhitting worden deze mineralen omgezet, hierbij komt water vrij. Door de rekristallisatie zijn kleine aggregaten van kwarts ontstaan die een mozaïekstructuur hebben (afb. 2).

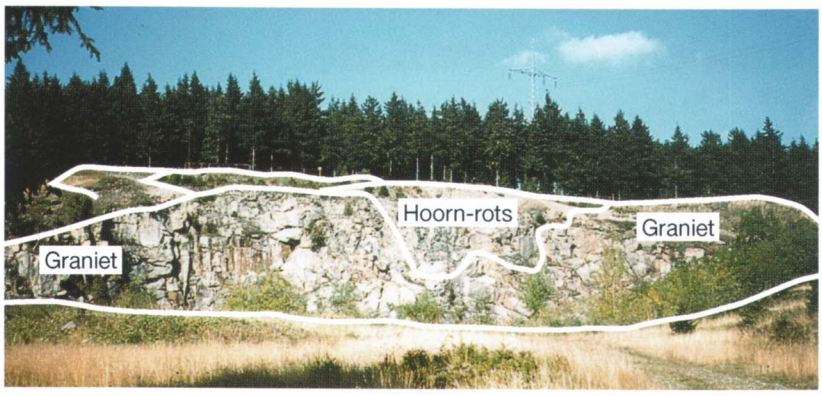
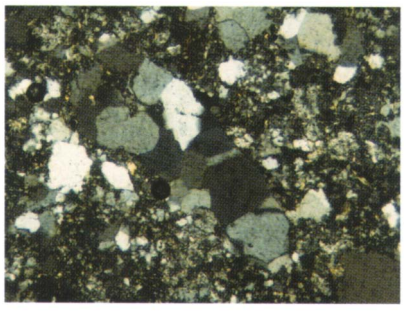


Fig. C. De Groeve Königskopf. De begrenzing van de dakhanger is met lijnen aangegeven.
De vroegere granietgroeve bij de Königskopf is gemakkelijk te bereiken. Volgt men de Bundesstrasse no. 4, die Braunlage met Bad Harzburg verbindt, dan passeert men ongeveer 4,7 km van Braunlage het aan de oostkant van de weg gelegen restaurant Königskrug. Wordt de weg verder vervolgd dan bereikt men het punt KM 18.3. Voor de auto wordt daar gemakkelijk een parkeerplaats gevonden. Een korte wandeling langs een bospad - de groeve ligt ongeveer 200 meter van het genoemde punt - brengt ons bij het doel. Al van enige afstand tekent zich de door de graniet gedeeltelijk omsloten dakhanger af. Als we dichterbij komen wordt ook een aantal aplitische gangen herkenbaar.

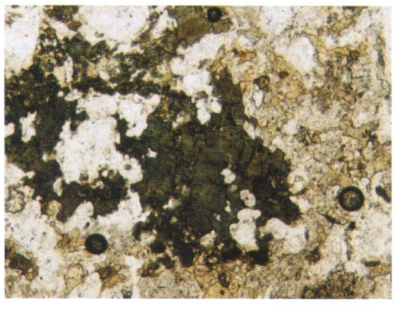


Afb. 1. Kern van de grauwacke-hoornrots. De dichte structuur is goed te zien.

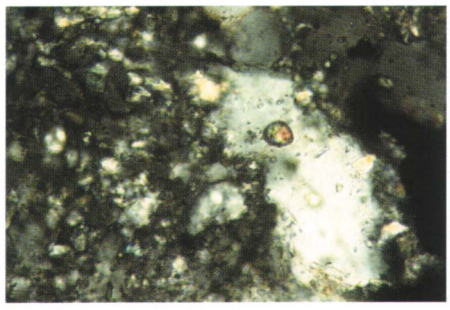


Afb. 2. Kwartsmozaiek. XPL, beeldbreedte 3,2 mm. Het slijpplaatje is gemaakt van de hoornrots afgebeeld in afb. 1. In het centrum van het beeld zien we een langgerekt kwartsfragment waarin rekristallisatie is opgetreden. Dit is te zien aan de verschillende uitdoving van de als een legpuzzle in elkaar grijpende korrels. De lange as van het fragment verloopt NW-ZO.

De afwezigheid van tektonische stress tijdens de rekristallisatie heeft er toe geleid dat de reeds aanwezige kwartskristallen als het ware naar elkaar zijn toe gegroeid. Door de mobilisatie van de kristalgrenzen maken deze kwartskristallen onderling hoeken van ongeveer 120°, dit is een ontlaten structuur die alleen in rust kan ontstaan. Tevens zou de hoeveelheid kwarts in de matrix zijn verminderd maar dit kon niet worden vastgesteld. Hier en daar is in de kern van de dakhanger enige toermalijn aanwezig (afb. 3). Deze kan van sedimentaire oorsprong zijn maar kan ook zijn aangevoerd vanuit de restsmelt t.g.v. "fluïde" infiltratie. Ook zijn in de kern van de dakhanger zeer kleine zirkoonkristallen aanwezig, die duidelijk afgerond zijn (afb. 4).
We beschouwen deze zirkoon als van sedimentaire oorsprong. Aan de uiterste rand van de grauwacke-hoornrots (afb. 5), het directe contact met de graniet, zien we een heel andere textuur.



Afb. 3. Toermalijn. PPL, beeldbreedte 3,2 mm. Het slijpplaatje is gemaakt van de hoornrots afgebeeld in afb. 1. De toermalijn is in dit preparaat te zien als een onregelmatige massa in het centrum en links daarvan. Let op de karakteristieke blauwe en bruine pleochroitische kleuren.



Afb. 4. Afgeronde zirkoon. XPL, beeldbreedte 0,2 mm. Het slijpplaatje is gemaakt van de hoornrots afgebeeld in afb. 1. Rechts van het centrum zien we een afgeronde zirkoonkorrel, die door een hoog reliëf en hoge dubbelbrekingskleuren duidelijk afsteekt tegen de kwarts-achtergrond.

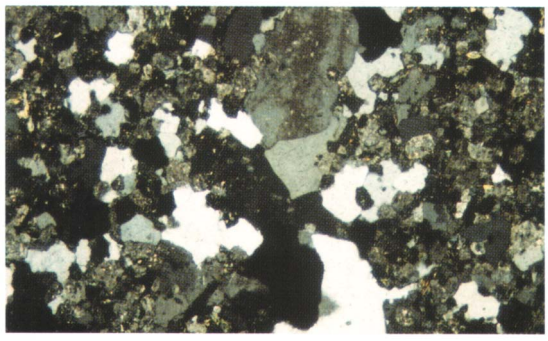
Allereerst valt hier op dat de hoornrots sterk dooraderd is met lichtgekleurde mineralen. In dunne doorsneden van deze aders is te zien dat de adergrenzen niet scherp zijn, de kristallen van de aders zijn in de matrix binnengedrongen. Onder invloed van de ruime hoeveelheid water uit het granietlichaam kon een deel van de matrix smelten (afb. 6). Er is als het ware een verweking van de matrix opgetreden. Dat de matrix gedeeltelijk was gesmolten is af te leiden uit de structuurverschillen tussen de kern met een mozaïekstructuur en het contact met een begin van een granulaire structuur. Ook de aanwezigheid van meer en grotere toermalijnaggregaten verraadt een grote vermenging met het granitisch magma (afb. 7). Tevens is een tweede generatie zirkoon verschenen met een euhedrische habitus (afb. 8)
Deze kan worden beschouwd als magmatisch van oorsprong. Dat los gesmolten sedimentaire zirkonen in het magma zouden zijn aangegroeid kon niet worden vastgesteld. De bredere aders bevatten fraaie micrografische kwarts-veldspaataggregaten, wat duidt op een binnengedrongen restsmelt (afb. 9).

De Königskopf-graniet

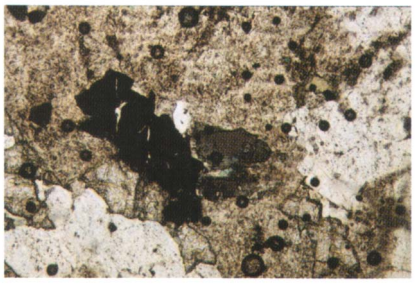
In de randen van een granietbatholiet is vlak voor het einde van het kristallisatieproces een restsmelt aanwezig (van ongeveer een eutectische samenstelling). Deze restsmelt bevat veel water en heeft een kwarts/veldspaatverhouding die het mogelijk maakt dat deze als grafisch vergroeide aggregaten uit- kristalliseren. In de restsmelt zijn ook nog incompatibele elementen aanwezig zoals borium (in toermalijn) en fluor (in fluoriet).



Afb. 5. Dit is een stuk van het contact graniet - hoornrots. De graniet lag links, de hoornrots rechts. Op de zaagsnede zijn de gebieden aangegeven waarvan slijpplaatjes zijn gemaakt.



Afb. 6. Verweking van de matrix. XPL, beeldbreedte 3,2 mm. Het slijpplaatje is gemaakt van het gebied dat op afb. 5 met III is aangegeven. Door het centrum loopt van boven naar beneden een brede band van kwartskorrels. Deze gaan geleidelijk over in de kleinere kwartskorrels in de matrix.

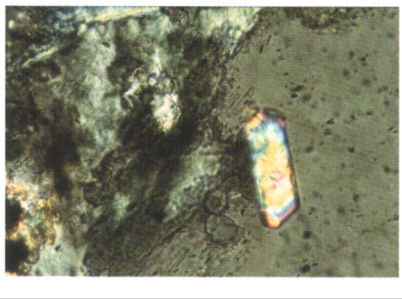


Afb. 7. Basis- en prismatische snede van magmatische toermalijn. PPL, beeldbreedte 1,3 mm. Het slijpplaatje is gemaakt van het gebied dat op afb. 5 met III is aangegeven. De donkere korrel links van het centrum is een basis-snede, rechts daarvan zijn twee prismatische sneden te zien. Let op het verschil in begrenzing tussen afb. 3 en 7.

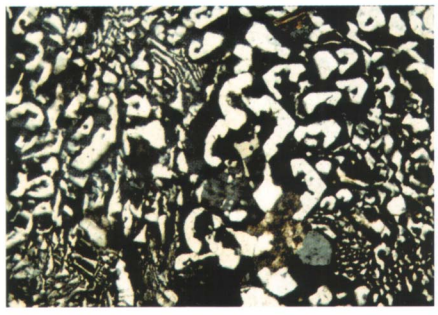
In deze situatie ontstaat toermalijn ten koste van biotiet en hoornblende. In de Königskopf-graniet (afb. 10) is dan ook geen biotiet aanwezig, maar wel kleine min of meer radiaalstralige toermalijn- aggregaten, (mogelijk) gegroeid van uit biotiet (afb. 11). Op sommige basissneden is goed te zien dat de toermalijn-kern een andere kleur, dus andere samenstelling, heeft dan de buitenkant (afb. 12). De toermalinisatie is niet zover gegaan dat ook veldspaat is aangetast. De toermalijn is niet in aders geconcentreerd maar in vlekken en zones. Mogelijk is het toermalijnvormingsproces eerder laat-magmatisch dan pneumatolitisch. De granofirische kwarts-veldspaataggregaten en de toermalinisatie duiden erop dat deze ontsluiting aan de rand van het plutoon ligt. De graniet bevat hier euhedrische zirkoon van magmatische oorsprong en tevens afgeronde zirkonen van sedimentaire oorsprong.

De Knaupsholz-graniet bij Schierke

Dit is een normale, middelkorrelige (3-5 mm) biotietgraniet (afb. 13) met zwarte biotiet, roze alkaliveldspaat, witte plagioklaas en grijze kwarts. Deze graniet is gekristalliseerd op enige afstand van de randen van het plutoon en heeft een normale granulaire structuur. In het slijpplaatje zien we dat de in de biotiet aanwezige sub- tot euhedrische (zeker geen afgeronde) zirkooninsluitsels pleochroitische halo's in de biotiet veroorzaken. In deze



Afb. 8. Magmatische zirkoon. XPL, beeldbreedte 0,2 mm. Het slijpplaatje is gemaakt van het gebied dat op afb. 5 met III is aangegeven. De helder gekleurde zirkoon heeft scherp begrensde, rechte vlakken. Vergelijk met afb. 4.



Afb. 9. Grafische vergroeiing van kwarts en veldspaat. XPL, beeldbreedte 3,2 mm. Het slijpplaatje is gemaakt van het gebied dat op afb. 5 met III is aangegeven. De lichte vlakken zijn delen van één kwartskristal, de donkere vlakken de hiermee vergroeide veldspaat.

zirkoon zijn zeer kleine hoeveelheden uranium en thorium aanwezig en de radioactiviteit van deze elementen veroorzaakt roosterdefecten in de biotiet, die zich als een halo om de biotiet vormen (afb. 14). De alkaliveldspaat is vertweelingd volgens de karlsbadwet en heeft laaggradige omzettingsproducten in het kristal. Deze producten, zoals kaoliniet, zijn ontstaan ten gevolge van circulerende vloeistoffen lang na de vorming van de graniet (afb. 15). Plagioklaas is zonair met in de kern een hoger calciumgehalte dan aan de randen en heeft lamellaire tweelingen volgens de albietwet, soms gecombineerd met karlsbad-tweelingen. De plagioklaas is laaggradig omgezet naar sericiet, vaak in de kern sterker dan aan de randen. Dit wordt veroorzaakt doordat calciumrijke plagioklaas makkelijker omzet dan natriumrijke plagioklaas.



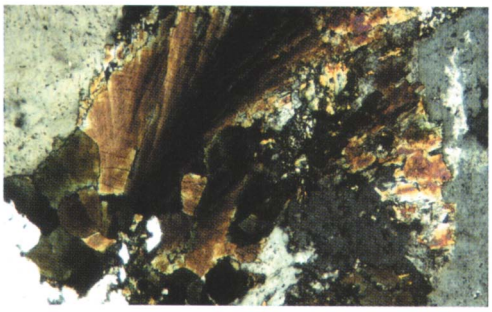
Afb. 10. De Königskopfgraniet. De donkere vlekken, zoals bijvoorbeeld links boven het centrum, zijn toermalijn-aggregaten.

Conclusie

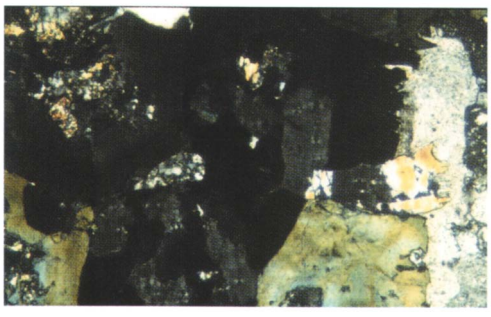
De overgang van grauwacke-hoornrots naar graniet gaat zeer geleidelijk van een vaste kern via een gedeeltelijk gesmolten zone grenzend aan een verontreinigde graniet naar de eigenlijke graniet van de randzone. De hierboven beschreven processen geven een goed beeld van wat er zich afspeelt tijdens de intrusie van een granietlichaam. Een intrusie werkt zich als een mol door het omringende gesteente naar boven, dit nevengesteente wordt deels opzij geduwd, deels verdwijnt het in het granietlichaam. Zware stukken zakken door de intrusie naar beneden. Kleinere stukken lossen geheel of gedeeltelijk op en veranderen de samenstelling van de graniet in geringe mate.(Gedeeltelijk opgelost materiaal is soms zichtbaar als anders gekleurde vlekken in graniet.) De genoemde verweking van de matrix is niets anders dan het einde van het proces. Barsten geven aan dat de intrusie met kracht naar boven is gedrongen. Door het oplossen van het nevengesteente wordt deze kracht echter steeds minder; het oplossen gaat ten koste van de hitte van de intrusie. Hoe koeler het wordt, des te trager gaat het proces. Op een gegeven moment zal het stoppen. De intrusie stolt tot een granietlichaam.

Met dank aan...

Dr. M. Moree, die ondersteuning en aanmoediging heeft gegeven bij het tot stand komen van dit artikel.



Afb. 11. Magmatische radiaalstralige toermalijn. XPL, beeldbreedte 1,3 mm. Het slijpplaatje is gemaakt van de toermalijngraniet van de Königskopfgroeve, afgebeeld in afb. 10. Het toermalijn-aggregaat vormt een waaier waarvan het draaipunt in de linkeronderhoek ligt. Met de klok meedraaiend zien we heldere en donkere segmenten, die het gevolg zijn van het "verspringen" van de kristalassen.



Afb. 12. Zonaire toermalijn. XPL, beeldbreedte 1,3 mm. Slijpplaatje als boven. Van een groot toermalijn-aggregaat, dat het linker 3/4 deel van de foto inneemt, is het middelste donkere deel een basissnede. Hier geven de iets lichter getinte centrale gedeelten aan dat de oriëntatie van kern en rand verschillen. De niet gedoofde korrels, die linksonder en in het midden van de benedenrand te zien zijn, laten het verschil tussen kern en rand nog beter zien.

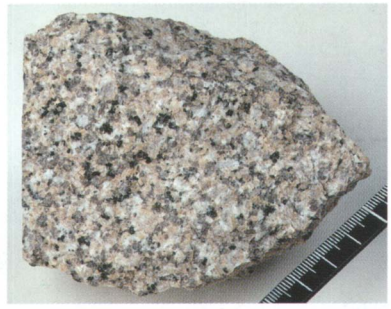
Literatuur

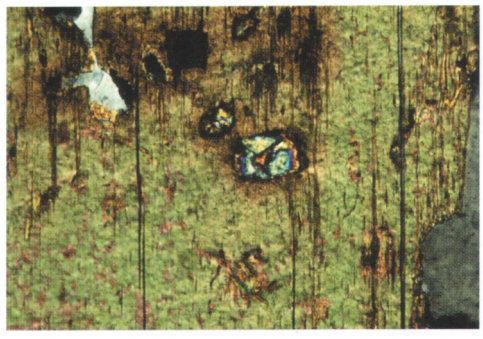
Deer, W.A., Howie, R.A. & Zussman, J.: An Introduction to the Rock-forming Minerals; Longman, 1966.
McKenzie W.S., Donaldson C., and Guilford C.: Atlas of igneous rocks and their textures. ISBN 0-470-27339-9.
Mohr, K.: Sammlung geologischer Führer 58, Harz westlicher Teil. ISBN 3-443-15071-3.
Shelley, D.: Igneous and metamophic rocks under the microscope. ISBN 0-412-44200-0.
Wittern, A.: Mineralien finden im Harz. ISBN 3-87361-254-2.

Verklaring van gebruikte termen

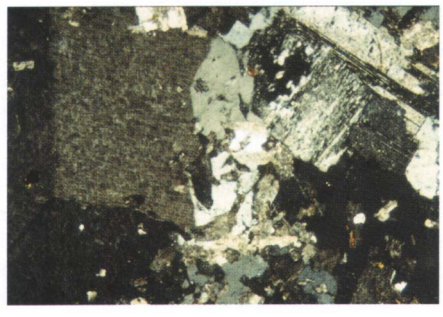
hoornrots: een korrelig of fijnkorrelig granulair gesteente, ontstaan door thermometamorfose. Het gesteente is compact en vertoont in het algemeen geen splijting of schistositeit. Hoornrots kan in beginsel uit elk gesteente ontstaan.
grauwacke: gesteente bestaande uit fijne tot grove, hoekige tot halfafgeronde stukjes, die hoofdzakelijk gesteentenfragmenten zijn. Ze zijn meestal slecht gesorteerd. Het cementerende materiaal is meestal kleiachtig. Grauwacken ontstaan in het algemeen uit sedimenten, die weinig transport hebben ondergaan.
PPL: plane polarized light. In één richting gepolariseerd licht (//N).
XPL: crossed polarized light. Licht met gekruiste polarisatiefilters (XN).
ontlaten: temperen (bijv. bij staal) betekent voor de tweede maal verhitten om het materiaal de gewenste graad van weekheid en buigzaamheid te geven. Bij gesteenten betekent het, dat een spanningsloze structuur is ontstaan.
"fluïd": materie bij zo'n temperatuur en druk, dat het kritisch punt is overschreden en het onderscheid tussen gas en vloeistof is verdwenen.

Afb. 13. De Knaupsholz-graniet.





Afb. 14. Zirkoon met pleochroitische halo in biotiet. XPL, beeldbreedte 0,5 mm. Het slijpplaatje is gemaakt van graniet uit de groeve Knaupsholz (afb. 13). Vrijwel het gehele beeld wordt ingenomen door één biotietkristal, waarvan de splijting N-Z loopt. Iets rechts van het centrum ligt een ongeveer rechthoekige zirkoonkorrel, waaromheen een bruine halo te zien is (zie tekst). Boven dit kristal zijn nog meer van deze halo's te zien, hiervan is de zirkoonbron minder duidelijk.



Afb. 15. Omzettingsproducten in alkaliveldspaat. XPL, beeldbreedte 3,2 mm. Het slijpplaatje is gemaakt van de toermalijngraniet van de Königskopfgroeve. De linkerzijde van de foto wordt geheel ingenomen door een samengestelde korrel van alkaliveldspaat, waarvan vooral het lichte, ruitvormige deel duidelijk is omgezet naar een bruinachtig mineraalmengsel. Vergelijk met het veel minder omgezette plagioklaaskristal in de rechterbovenhoek.

sericiet: naam gegeven aan fijn, kleurloos, glimmerachtig materiaal.
euhedrisch: vorm van een kristal waarbij alle vlakken ontwikkeld zijn.
subhedrisch: vorm van een kristal waarbij een aantal vlakken goed ontwikkeld is.
granulaire textuur: de textuur van het gesteente is opgebouwd uit mineraalkorrels van ongeveer gelijke grootte.
eutectische samenstelling: een samenstelling van componenten (hier kaliveldspaat en kwarts), die bij temperatuurverhoging een smelt oplevert, die in samenstelling overeenkomt met die van de vaste stoffen waarvan werd uitgegaan.
basissnede (van toermalijn): snede van toermalijn loodrecht op de c-as.
granofirisch: schriftgranitisch op microscopische schaal.
pleochroitisch: in dunne doorsneden zichtbare kleurverandering bij het draaien ten opzichte van het polarisatievlak. Het verschijnsel wordt veroorzaakt door verschil van absorptie in verschillende richtingen van het kristal.

N.B.: de beeldbegrenzingen van de microfoto's vallen niet samen met de polarisatierichting.