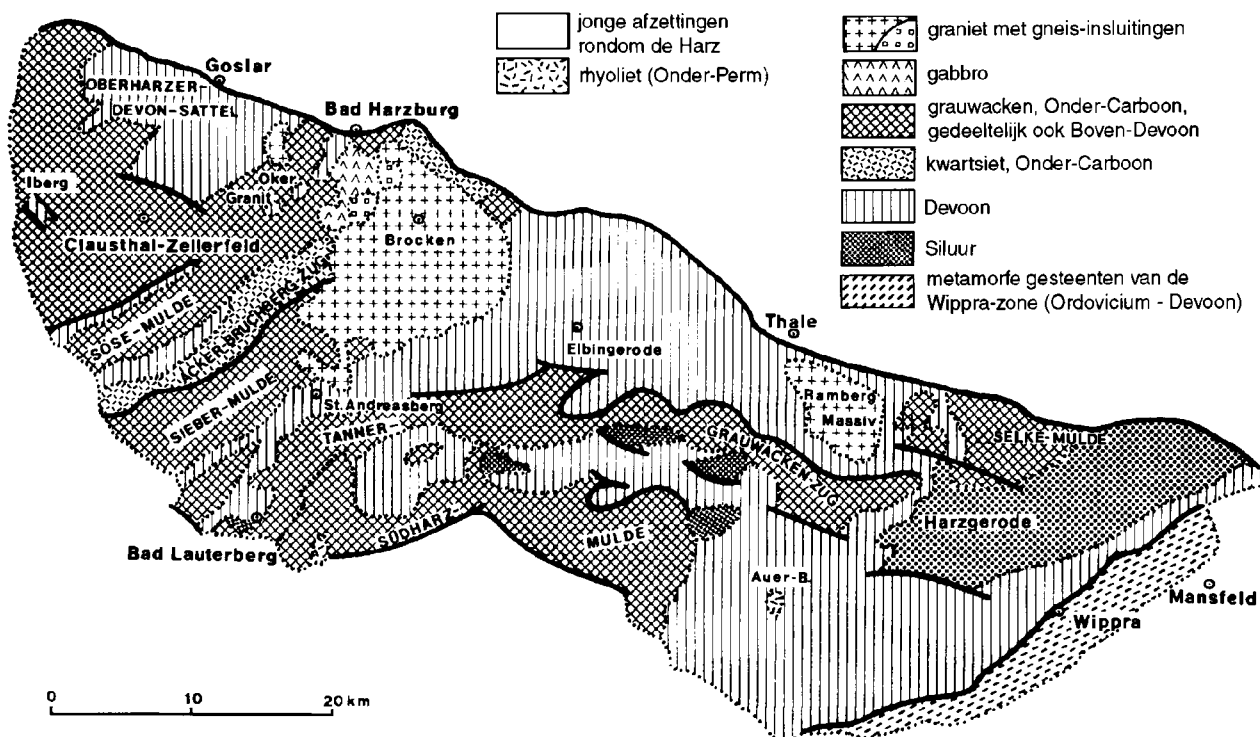


De HARZ

door Drs. W.C.P. de Vries



Inleiding

De Harz is een typerend voorbeeld van een Europees middengebergte. Daarbij is het een prachtig heuvelgebied dat op veel plaatsen bebost is. Het gebied werd tot 1989 doorsneden door de grens tussen West- en Oost-Duitsland.

De Harz vormt een deel van een gebergte dat zich rond 300 miljoen jaar geleden uitstrekte over vrijwel geheel midden- en Zuid-Europa. Dit zogenoemde Variscisch of Hercynisch Gebergte*) is natuurlijk als gebergtelandschap door de vertering en erosie verdwenen. Toch zijn er op vele plaatsen in Europa delen van de romp van dit gebergte zichtbaar, zoals het Massif Central in Frankrijk, de Spaanse Meseta en het complex van Ardennen-Eifel en het Rijnleisteengebergte en het Sauerland, waarvan het vervolg naar het oosten te vin-

Afb. 1. Geologische overzichtskaart van de Harz (naar D. Henningsen, 1981).

den is in de Harz. In de Harz komen we gesteenten tegen die ons herinneren aan die van de Eifel, onder meer de kalkgesteenten met fossielen van verschillende soorten zeedieren. De Harz is daarnaast zeer interessant vanwege de grote massa's van magmatische gesteenten die diep in de aardkorst zijn gestold en nu als grote massieven aan het aardoppervlak zichtbaar zijn. Door dit magma werd een grote hoeveelheid aan metaalertsmineralen aangevoerd, onder meer met lood, zilver en koper, die de Harz al sinds lange tijd geleden wereldberoemd hebben gemaakt. Het Harzgebergte bevatte een groot aantal mijnen en mijntjes, allemaal zijn ze nu uit bedrijf. Van vele mijntjes zijn de oude stortplaatsen nog te zien; daar is het minder rijke erts en het waardeloze

*) De term "Hercynisch Gebergte" is ontleend aan de door de Romeinen aan de Harz gegeven naam: *Silvae Hercynae* (het "Middenduitse Woudgebergte"). Daarnaast wordt vooral in de Duits sprekende landen, en ook internationaal in toenemende mate, de naam *Variscisch Gebergte* gebruikt, genoemd naar *Curia Variscorum*, de Romeinse naam voor de stad Hof in het Fichtelgebirge van Zuid-Duitsland. In dit artikel zal verder de term "Variscisch Gebergte" worden gebruikt.

gesteente waar het erts in voorkomt, het zogenoemde adermineraal, neergegooid. Op deze stortplaatsen zijn nog fraaie voorbeelden van vele mineralen te vinden, zowel van de erts als van de begeleidende adermineralen.

Ligging en landschap

De Harz heeft een langgerekte ovaalvorm, het gebied is in oost-zuidoost - westnoordwestelijke richting gemeten rond 90 kilometer lang, de breedte bedraagt ongeveer 30 kilometer. Afb. 1. Het massief rijst als een hoog heuvelland op uit het omringende laagliggende, glooiende landschap. Vooral in het noorden en noordwesten steekt de Harz op indrukwekkende wijze uit boven het vlakke land, dat ligt op een hoogte van 150 tot 200 meter. De grootste hoogte wordt bereikt in het granitische massief van de Brocken, waarvan de top op 1142 meter hoogte ligt. Afb. 2.



Afb. 2. Uitzicht vanaf de top van de Brocken. De blokken op de voorgrond bestaan uit dakgraniet.

De huidige geologische structuur van de Harz als geheel is een voorbeeld van een horst, het is een opgerezen stuk van de aardkorst. Door de opheffing zijn vele oude gesteenteformaties aan het aardoppervlak te voorschijn gekomen doordat door de opheffing vele sedimentaire gesteenten, die grote delen van Noord-Duitsland bedekken, hier verdwenen zijn. Niet alleen zijn alle jongere - Tertiaire en Mesozoïsche - sedimenten uit het gebied van de Harz verdwenen, maar de oudere, Paleozoïsche gesteenten zijn daarbij nog veel verder opgeheven en steken nu vele honderden meters boven de jongere sedimenten uit. De Harz werd langs breuken opgeheven. De opheffing is niet gelijkmatig verlopen, het noordelijke gedeelte werd veel verder opgeheven dan het zuidelijke deel. Dit is te zien aan de grotere hoogte van het noordelijk deel van de Harz en aan de flauwe zuidelijke helling van een aantal platte landoppervlakken: erosieoppervlakken, die in het landschap van de Harz kunnen worden onderscheiden.

De gesteenten van de Harz werden lang geleden gevormd, de sedimenten werden in de loop van het Paleozoïcum neergelegd. De plooi- en breukstructuren werden veroorzaakt door de Variscische gebergtevormende fase die plaats vond in het Carboon, rond 320 miljoen jaar geleden.

De huidige vormen van het landoppervlak, van het reliëf en het rivierpatroon zijn het resultaat van de gebeurtenissen tijdens het jongste gedeelte van het Tertiair en gedurende het Kwartair, toen het gebied in verschillende fasen werd opgeheven tot zijn huidige hoogte. De beweging is waarschijnlijk niet continu geweest, tijdens perioden van langzame opheffing werden er plaatselijk erosievlakten ontwikkeld.

De eerste, oudste en dus de meest hooggelegen erosievlakte van de serie van Tertiaire en Kwartaire vlakken wordt vertegenwoordigd door de vlakke top van de Brocken, zie afb. 2. Dan volgen achtereenvolgens (2) het vlak van de Kleine Brocken op rond de 1000 meter hoogte, (3) het Bruchberg-plateau dat op



Afb. 3. Monument op de voormalige Oost-West-grens, iets ten zuiden van de Brocken, op een van de bovenste erosievlakten.

rond 900 meter hoogte ligt, (4) het Heuvelland van Torfhaus tussen 820 en 740 meter, (5) de schiervlakte van de Andreasberg (700-650 meter) en dan de, vooral in het westelijke deel van de Harz (de Oberharz) wijdverbreide, zogenoemde 'Hoofdschiervlakte van Goslar', die op een hoogte van tussen de 600 en 550 meter ligt. Afb. 3.

Het centrale deel van de Harz, de Mittelharz, wordt voor grote delen beheerst door het Bovenste Rivierterras ofwel de Bode Hoogvlakte, die op een hoogte ligt tussen de 520 en 450 meter. Daaronder volgen dan nog twee vlakke gebieden; de onderste, die als een smalle strook langs de zuidwestelijke rand van de Harz voorkomt, ligt op rond de 300 meter hoogte.

Rivieren hebben door hun insnijdende en vervlakkende werking de vele erosievlakken gevormd. Door de meest recente periode van opheffing hebben de rivieren zich met soms spectaculair diepe kloofdalen in het landschap ingesneden. Vervlakking door het verbreden van de dalbodems is slechts op enkele plaatsen zichtbaar; daar stromen beekjes met fraaie meanders in een vlakke, smalle dalbodem. Dat de verbreding van de dalbodems nog weinig voorkomt geeft aan dat de opheffing van de Harz op het ogenblik nog altijd doorgaat. De snelheid van de opheffing bedraagt enkele centimeters per eeuw. Dit getal kan berekend worden uit de gevonden ouderdom van enkele van de erosievlakten. De Hoofdschiervlakte dateert uit het jonge Mioceen en is ongeveer 10 miljoen jaar oud. In de laatste 10 miljoen jaar is de Harz dus rond de 400 meter opgeheven.

Over het aantal schiervlakten is men het bepaald nog niet eens, veel erosieniveaus zijn geen volledig vlakke gebieden, het zijn vaak golvende oppervlakken, die niet altijd gemakkelijk te herkennen zijn. Daarnaast is ook de geologische structuur van invloed: in de Harz vinden we een aantal harde gesteenteformaties die veel weerstand bieden tegen verwerking en erosie en lange tijd als erosieresten, als *monadnocks*, boven een erosievlakte uit kunnen blijven steken. Harde gesteenten in de Harz zijn onder meer de gesteenten langs de randen van de granieten, die werden gebakken door het hete intruderende magma; daarnaast gedeelten van de 'Diabaas'-formatie en harde zandsteenpakketten, bijvoorbeeld die van de Kahleberg-zandsteen. Tijdens de Tertiaire en Kwartaire geschiedenis hebben de klimaatsomstandigheden zich meermalen sterk gewijzigd. We vinden sporen van een savanneklimaat tijdens het Tertiair, toen werd de graniet tot op grote diepte intensief verweerd. Op enkele plaatsen in de Harz zijn fraaie *tors* van opgestapelde granietwolzakblokken te zien. Deze zijn het resultaat van verwerking onder een warmer klimaat dan het huidige, de omstandigheden kwamen toen overeen met die welke nu in het Middellandse Zee-gebied heersen.

Daarnaast kent de Harz ook de sporen van vroegere gletsjers, in de vorm van morenen, bijvoorbeeld die van het Odertal, die op rond 500 meter hoogte liggen. Dalgletsjers daalden tijdens de koudeperiodes van de Pleistocene 'IJstijd' af van het topgedeelte van de Harz; kargletsjers lagen op de noordwestelijke helling van de Acker-Bruchberg.

Tijdens het Holoceen, in de warme Atlantische periode, ontstonden in de Harz uitgestrekte moerassen met hun karakteristieke plantengroei. Gedurende de afgelopen 8000 jaar werd er een turflaag gevormd die tot 5 meter dik is.

Geologische geschiedenis van de Harz

De Harz is een van de Europese middegebergten en is in geologisch opzicht het vervolg van het complex Ardennen-Eifel-Rijnleisteengebergte en het Sauerland. Veel structuren en gesteenteseries kunnen worden vervolgd van het 400 km zuidwestelijk gelegen Rijnleisteengebergte via de Harz naar de Flechtinger Höhenzug, op een goede 150 km naar het noordoosten gelegen aan de westelijke oever van de Elbe bij Magdeburg; de laatste sporen van het Variscisch Gebergte vinden we hier aan de oostelijke oever van de Elbe.

Al deze Variscische gebieden hebben een overeenkomstige geologische geschiedenis, allemaal zijn het gedeelten van het plooiingsgebergte, dat werd gevormd in de loop van het Boven-Carboon, tussen de 300 en 315 miljoen jaar geleden.

De Harz is, op enkele ontsluitingen bij Magdeburg na, het meest noordelijk gelegen element van het Variscisch Gebergte dat op het ogenblik aan het aardoppervlak zichtbaar is.

Hoewel er van het Variscisch Gebergte op het ogenblik slechts verspreide brokstukken aan het aardoppervlak zichtbaar zijn, heeft het gebergte zich tijdens het Carboon zonder onderbreking uitgestrekt van de Apalachen over de noordwestelijke rand van Afrika tot aan Cornwall en de Oeral.

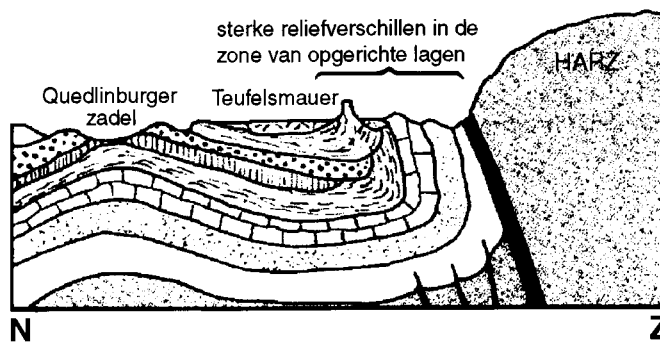
In het Mesozoïcum werd het inmiddels tot een plat vlak gedundeerde gebergte, waarvan grote gebieden zo ver daalden dat zij de bodem vormden van een uitgestrekte ondiepe zee, vrijwel overal bedekt door sedimenten. In jongere tijd, vooral aan het einde van het Tertiair en in het Kwartair, zijn er vele delen van de aardkorst van Europa opgeheven, soms langs breuken. In deze opgeheven gedeelten zijn de bedekkende sedimenten van de Variscische 'romp' verdwenen zodat nu de resten van dit Carbonische gebergte op veel plaatsen weer zichtbaar zijn en zelfs, zoals ook bij de Harz het geval is, heuvelgebieden vormen die ver boven de jongere 'bedekkende' sedimenten uitsteken.

De noordoostelijke randzone van de Harz in de omgeving van Goslar is wel de "Gouden vierkante mijl van de Geologie" genoemd, wegens de vele verschillende gesteenteseries uit een groot aantal geologische tijdvakken en de interessante structuren, zowel van de Harz zelf als van de gesteenten die de Harz omramen. (Hier werd overigens de Pruisische mijl bedoeld, die overeenkomt met 7,5 km).

Tegenwoordige structuur

De Harz is in zijn huidige vorm *niet* ontstaan doordat de aardkorst hier werd verplooid. De plooiing van de gesteenten en de vorming van een gebergte heeft plaats gevonden tijdens het Carboon; daarna is het gebergte verdwenen en heeft het gebied lange tijd, tijdens Perm, Trias, Jura, Krijt en een deel van het Tertiair, deel uitgemaakt van de zeebodem waarop tijdens deze perioden sedimenten werden afgezet.

Het gebied is in recente geologische tijd, d.w.z. aan het einde van het Tertiair en in het Kwartair, opgeheven; deze opheffing verliep deels langs een serie breuken. Door de opheffende beweging zijn vooral de gesteenten langs de noordoostelijke grens langs de breuken meegesleurd door de opstijgende Harz. Hier vinden we sedimenten uit Trias en Jura die zo sterk meege-sleept zijn dat de lagen werden opgeheven tot een verticale



Afb. 4. Schematisch profiel door de steil opgerichte lagen van het Harz-voorland en de overschuiving van de Harzrand ten oosten van Goslar. De Teufelsmauer bij Thale bestaat uit steilgestelde zandstenen uit het Boven-Krijt. De ouderdom van de opgerichte lagen reikt van Buntsandstein (Trias) bij de Harzrand (rechts) tot jong Boven-Krijt. Zie ook afb. 15.

stand en op enkele plaatsen zelfs een overkipte stand vertonen. Afb. 4, zie ook afb. 15.

Langs de zuidwestelijke grens van de Harz waren de bewegingen veel minder sterk. Hier liggen de bedekkende sedimentlagen van Permische en Triadische ouderdom, die de vlakgeërodeerde romp van het Variscische Harzgebergte bedekken, nog vrij vlak en hellen met een geringe hoek naar het zuidwesten. Het bedrag van de opheffing is aan de noordoostelijke zijde dus veel groter geweest dan langs de zuidwestelijke grens van de Harz. De Harz heeft naast de opheffende beweging dus ook een kanteling gemaakt en is te beschouwen als een scheefgestelde horst.

Indeling in drieën

De Harz wordt verdeeld in drie gebieden: Oberharz, Mittelharz en Unterharz. Deze indeling is gemaakt op verschillen in geologische opbouw en structuur. De drie delen worden gescheiden door zuidwest-noordoost lopende breuken. Het westelijke deel is het hoogst: de Brocken, die ligt op de grens tussen Ober- en Mittelharz, rijst op tot 1142 m. Een van de aspecten is dat naar het zuidoosten toe gaande er steeds meer oudere gesteenteformaties aan de oppervlakte komen.

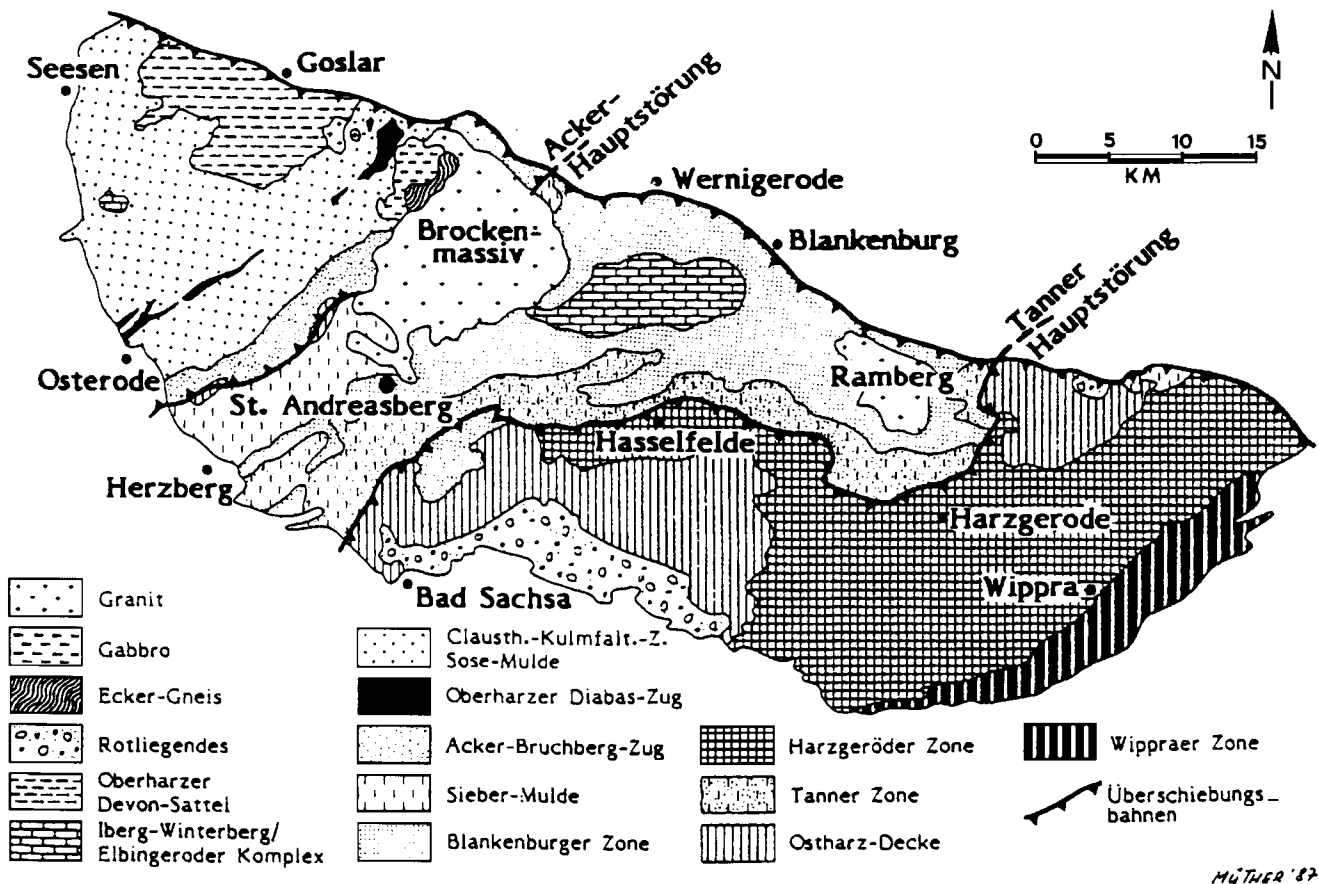
Unter- en Mittelharz liggen in het voormalige Oost-Duitsland.

In de Harz worden sedimentaire formaties gevonden die werden afgezet in het Siluur, Devoon en Carboon. De gesteenten zijn geplooid, doch voor het grootste gedeelte vrijwel niet metamorf, het zijn veelal zandstenen en leistenen; daarnaast komen er kalken voor die op een aantal plaatsen fossielen bevatten.

De grote bijzonderheid van de Harz en daarbij ook het grote onderscheid met de naburige Variscische gebieden is, dat er in de Harz een grote massa granitisch magma in de aardkorst opgestegen is en dat de graniet op het ogenblik op twee plaatsen aan het aardoppervlak zichtbaar is en granietmassieven vormt: de Brocken-graniet en de Ramberg-graniet.

De Variscische structuur van de Harz is ingewikkeld, de gesteenten zijn sterk verplooid en het gehele gebied is doorzet met breuken. De voornaamste richting van de plooiën en breuken, de strekking van deze structuren, is zuidwest - noordoost, dwars op de huidige lengterichting van het Harzmassief. Zie afb. 1.

Langs de series breuken in de Harz zijn plakken sterk geplooid gesteenteseries als dakpannen op elkaar geschoven. Naast elkaar gelegen schubben vertegenwoordigen soms sedimentseries die oorspronkelijk op vrij ver gelegen posities zijn afgezet en door de samschuivingen tijdens de gebergtevorming tegen elkaar aan zijn geschoven. In naast elkaar gelegen 'dakpannen' of schubben kunnen de gesteenteseries van samenstelling verschillen en een eenvoudige gesteenteepeenvolging is voor de Harz dan ook niet gemakkelijk te geven. Het geologische kaartje van afb. 5 geeft een overzicht van de structurele eenheden.



Afb. 5. Geologische overzichtskaart van de Harz met de structurele eenheden (naar Mütther, 1987).

Stratigrafie

Op enkele plaatsen in de Harz vinden we metamorfe gesteenten, onder meer in de 30 km lange en tot 7 km brede Wippraer Zone in het uiterste zuidoosten. Hier vinden we onder meer fyllieten, kwartsieten en groenschisten (metamorfe basische lava's). De ouderdom van deze gesteenten is nog altijd niet met zekerheid vastgesteld. Er zijn aanwijzingen dat er fossielen voorkomen die wijzen op een Ordovicische ouderdom, daarnaast wordt door velen aangenomen dat er ook Devonische en Carbonische gesteenten aanwezig zijn. Het gebied vertegenwoordigt dan een schub of dekblad, dat veel sterker door de Variscische gebergtevormende fase werd beïnvloed dan de naburige stroken van de Harz.

Siluur

De oudste met zekerheid gedateerde sedimenten stammen uit het Siluur in het gebied van Wieda en Zorge in de Unterharz, het zijn graptolietenleien en kalken.

De oudste sedimenten in de westelijke Harz vertegenwoordigen het begin van het Siluur, zij komen voor rond Lauterberg en in het Hinteres Sautal; het zijn donkere leien met graptolieten. Uit het Boven-Siluur zijn leien met kalkbanken bekend van de Mollenberg en het Grosze Bruchmanstal ten noorden van Zorge, verder bij de Wiedaer Hütte en de Käseberg bij Wieda. Tussen Harzgerode en Alterode vinden we de eerste sporen van magmatische activiteit: hier komt een bepaalde bazaltische lava voor, een *keratofier*, ingeschakeld tussen de graptolietenleien.

Devoon

Onder-Devoon

Tijdens het Devoon vinden we in het gebied dat nu de Harz is, en daarnaast ook over grote gebieden in midden en zuidelijk

Europa, een zeegebied waarin door rivieren van naburige landmassa's enorme hoeveelheden slib werden aangevoerd. Dit slib, bestaande uit zand en klei, werd op de bodem van de Devonische zee afgezet als zand- en kleilagen. We vinden deze sedimenten nu terug als een dikke serie zandsteen en leisteen. In de Oberharz is het Onder-Devoon vertegenwoordigd door de 1 km dikke Kahleberg-zandsteen in het oosten. Terwijl op de ene plaats deze enorme massa zand werd neergelegd, werden gelijktijdig meer westelijk klei en kalk afgezet; deze gesteenten komen op de uiterste westelijke punt van de Harz nu naast elkaar voor. De Kahleberg-zandsteen in de Oberharz komt overeen met de Hauptquarzit van de Mittelharz. Op het eind van het Onder-Devoon begon in het gebied van de huidige Oberharz weer vulkanische activiteit, die tot in het Carbon zou voortduren. In het Onder-Devoon vinden we enkele lagen van tuf.

Midden- en Boven-Devoon

In grote delen van de Harz zien we in het begin van het Midden-Devoon een vermindering van de aanvoer van detritus. Eerst wordt er nog veel klei aangevoerd, die nu als leisteen aanwezig is (Wisserbacher Schiefer). Dan worden er steeds meer kalken gevormd. De zee werd blijkbaar helderder, er zweefde minder slib in rond; we vinden dan kalken, deels leisteen met kalkknollen. Een beroemd kalkvoorkomen is dat van de Iberg; het is een kalkrif dat 1,5 bij 1 km meet; waarschijnlijk is het rif gegroeid op en om een groot vulkaaneiland.

In het oostelijk deel van de Mittelharz en in de Unterharz is de situatie verschillend. Hier vinden we slechts weinig kalken, die daarbij voornamelijk beperkt zijn tot het Midden-Devoon. In het Boven-Devoon wordt weer veel detritus aangevoerd, er zijn veel zandige sedimenten, die vaak grauwacken zijn. In het oosten van de Unterharz vinden we naast veel grauwacken ook kalken en leien; er komen, in tegenstelling tot in de westelijker delen, vrijwel geen vulkanische gesteenten voor.

Op de grens van Onder- en Midden-Devoon begint in de Ober- en Mittelharz een intensieve periode van magmatische activiteit met zowel tuffen als porfirische diabazen en keratofieren. De bazaltische lava's vertonen vaak kussenstructuren: zij vloeiden uit op de zeebodem. De magmatische gesteenten zijn gedeeltelijk door vulkanische, effusieve werking ontstaan; een ander deel van de gesteenten is intrusief en vertegenwoordigt de vulling van gangen en spleten. Tussen de magmatische gesteenten vinden we kiezelafzettingen (lydiet en kiezel), ontstaan doordat de vulkanen veel opgeloste kiezel in het zeewater brachten. In het Midden-Devoon van de Unterharz komen keratofieren, *Schalsteine* (tuffen) en veel kiezelleien voor (deze worden hier zelfs de *Hauptkieselschiefer* genoemd).

Zoals gezegd beperkte het vulkanisme zich niet tot het Midden-Devoon, want tot in het Carboon toe vinden we vulkanische gesteenten.

De magmatische gesteenten van de Oberharz zijn bekend als de *Oberharzer Diabas Zug* (Diabaas-zone), waarbij hier het woord diabaas zowel ganggesteenten van bazaltische samenstelling (diabaas) omvat als lava's. Ze worden geëxploiteerd in de groeve Huneberg, 6 km ZW van Bad Harzburg, die nog in bedrijf is. Afb. 6. In de 'Diabaas'-zone worden verschillende typen van gesteenten gevonden:



Afb. 6. Detail van de diabaasgroeve aan de Huneberg, die nog in werking is. Hier is magma van bazaltische samenstelling tussen de lei- en grauwackelagen gedrongen. Op de voorgrond zijn de scheefgestelde lagen van het Devonische sedimentgesteente te zien. Op de achtergrond zien we de afwisseling van sedimentlagen en donkere diabaasgangen.

- ganggesteente: gestold magma dat in een toevoergang van een vulkaan is achtergebleven en dus iets langzamer heeft kunnen afkoelen dan een uitgevloide lava. Dit is de *diabaas*, het gesteente wordt ook wel *doleriet* genoemd. Het komt in samenstelling overeen met de bazaltische lava,
- bazaltische tuffen. Dit is een verharde vulkanische as, dus gevormd als een laag van los vulkanisch gesteentegruis.
- bazaltische lava. Bijzonder aan veel van de uitgevloide bazaltlava is de karakteristieke 'kussenstructuur', welke vorm wijst op het feit dat de lava onder water is uitgevloide. De 'kussenlava'-structuur is op een aantal plaatsen in de Harz nog fraai te zien, o.a. in het Onder-Devoon bij St. Andreasberg.

Deze gesteenteserie vertegenwoordigt de bodem van een oceaan die hier tijdens het Devoon de oude Precambriese gebieden van het Scandinavische en het Canadese Schild heeft gescheiden van een zuidelijker gelegen continent. Dit continent was Afrika, dat echter langs zijn noordrand een brede zone bevatte

die, te beginnen in het Devoon, in stukken is gebroken. Deze stukken bewogen zich naar het noorden en noordwesten en vormden zo de Variscische gebergten die zich uitstrekten van Florida tot in midden-China.

Carboon

De Carbonische sedimenten van de Harz omvatten alleen het eerste gedeelte van de Carboon-periode. In deze tijd werd een enorme hoeveelheid klei en zand aangevoerd. De eerste laagpakketten bestaan voornamelijk uit kleilig materiaal, nu dus aanwezig als leien, deels aluinleesteen waarin fossielen voorkomen van een tweekleppige (*Posidonia becheri*, zie afb. 20), de Posidonienschiefer genoemd, deels kiezelige leien met rode en zwarte lagen van adinoool en lydiet, oorspronkelijk kiezelslik bestaande uit skeletjes van radiolariën. Naast tweekleppigen als *Posidonia* komen er enkele soorten van de voorlopers van de ammonieten voor: de goniatieten.

Daarop volgt een zeer dikke serie die een afwisseling vertoont van kleilagen (leesteen) en van een bepaald type van zandige gesteenten, waarvoor de Harz zeer bekend geworden is. Dit gesteente is een grijs-groen gekleurde zandsteen, die naast kwartskorrels een grote hoeveelheid andere fragmenten bevat: korrels van veldspaatkristallen, korrels van verschillende soorten van gesteenten en tussen de korrels een opvulling van kleimateriaal, *matrix* genoemd. Deze zandsteen, die naast kwartskorrels een grote hoeveelheid van 'onzuiverheden' bevat, heet *grauwacke*. In de gesteenteformatie van leien en grauwacken van het Onder-Carboon komen ook diabaaslagen voor. De serie omvat het Dinantien en de basis van het Namurien. Afb. 7.



Afb. 7. Geplooide Onder-Carbonische "Kulmtonschiefer" in het dal van de Innerste, in de westelijke Harz. De rode lijn was eerder door een Duitse docent aangebracht voor een geologische excursie.

De Variscische gebergtevormende fase (Boven-Carboon)

In de loop van het Boven-Carboon werd het gebied van de Harz geplooid tot een gebergte. De plooistructuren van de Harz zijn rechtstreeks te vervolgen in het oostelijke gedeelte van het Rijnleisteengebergte, 150 km ten westen van de Weser. Ook veel van de gesteenteseries van beide Middengebergten komen overeen. Aan de andere kant van de Harz, verder naar het noordoosten, zijn op enkele kleine plaatsen aan de oever van de Elbe bij Magdeburg ook gesteenten te vinden die de voortzetting vormen van de Harz.

Verder oostelijk is het Variscisch Gebergte echter niet meer aan het aardoppervlak te vervolgen. De Harz vormt dan ook het meest noordelijk gelegen element van het Variscisch of Hercynisch Gebergte.



Afb. 8. Brockengraniet met nevengesteente.

De bewegingen tijdens de Variscische gebergtevorming hebben de gesteenten sterk verplooid en slechts voor een deel enigszins gemetamorfoseerd; daarnaast zijn er een zeer groot aantal breuken ontstaan. Langs deze breuken hebben plakken gesteente zich opgestapeld als dakpannen en de voornaamste structuur van de Harz is dan ook die van een schubstructuur. Door het op elkaar schuiven van de schubben konden niet-metamorfe en metamorfe gesteenteseries van ongeveer dezelfde ouderom naast elkaar terechtkomen.

Granietintrusies en andere stollingsgesteenten

Door de sterke samschuiving van de aardkorst tijdens een periode van gebergtevorming wordt deze veel dikker dan normaal en vooral aan de onderzijde van de aardkorst zal een uitstulping ontstaan, de 'wortel' van het gebergte, waarvan de gesteenten vele kilometers diep in de mantel wegzinken.

Daardoor kan er aardkorstmateriaal worden opgesmolten. Deze smelt zal dan zijn weg zoeken door de aardkorst naar boven en ergens, altijd nog op vele kilometers onder het landoppervlak, in de aardkorst blijven steken en stollen. Hier zal het magma afkoelen tot een vast gesteente.

Het feit dat er in de Harz op het ogenblik twee granietmassieven aan het aardoppervlak zichtbaar zijn, welke gesteenten door langzame stolling op vele kilometers diepte onder het aardoppervlak werden gevormd, betekent dat het gebied zeer sterk is geërodeerd. Er is in de loop der tijden een gesteenteserie van vele kilometers dik verwijderd.

Brocken-plutoon

De Brocken-plutoon bestaat voor een belangrijk gedeelte uit biotietgraniet, daarnaast bevat de plutoon een aantal andere gesteenten, onder meer diorieten langs de oost- en noordrand en

Stollingsgesteenten

Een grote massa van granitisch gesteente komt naar men aanneemt als een gesmolten massa in de aardkorst omhoog. Een dergelijk gesteente heet dan ook een stollingsgesteente. Ook een op het landoppervlak uitgevloeiende lava is een stollingsgesteente, dit vloeit uit aan het aardoppervlak en heet dus een uitvloeiingsgesteente.

Een granietlichaam is echter diep in de aardkorst gestold. Dit heet dan een dieptegesteente ofwel een plutonisch gesteente.

de augiethoudende en granofirische graniet van de Oker-graniet.

In het centrale deel van de Brocken bevat de graniet grote aantallen xenolieten van nevengesteenten. Afb. 8. De graniet heeft tijdens zijn intrusie de sedimenten langs de randen gebakken tot zeer harde hoornrotsen.

Harzburger Gabbro

Aan de westrand van de Brocken-plutoon vinden we de 'Harzburger gabbro', een interessant stollingscomplex waarin niet alleen gabbro voorkomt maar daarnaast ook een zeer interessante groep van veelal zeldzame gesteenten, bijvoorbeeld de ultrabasische gesteenten *harzburgiet*, *bronzitiet* en verscheidene *noriet*-variëteiten.

De gabbro is ten zuiden van Bad Harzburg in een grote groeve ontsloten: de Bärenstein. Afb. 9 en 10.

De Harzburger gabbro werd voorheen beschouwd als een intrusielichaam van basische en ultrabasische gesteenten dat ouder was dan de Brocken-graniet. Het gabbrocomplex heeft echter een volledig andere geschiedenis, het is een stuk oceanische aardkorst met de daaronder liggende



Afb. 9. Reliëf boven de deur van het kantoor van de Harzburger Gabbro-Steinbruch. Hier wordt sinds 1838 steenslag gewonnen voor de wegenbouw. De groeve bevindt zich direct ten zuiden van Bad Harzburg, aan de B4 naar Torfhaus, en staat bekend als vindplaats van het ultramafische gesteente *harzburgiet* en vele mineralen, zoals *apatiet*, *allaniet*, *epidoot*, *hydrogrossulaar*, *prehniet*, *pyriet*, *rode spinel*.

mantelgesteenten en vertegenwoordigt dus een stuk oceanische lithosfeer die vermangeld werd tussen de fronten van het Scandinavische Schild en het noordelijke Variscische Blok die met elkaar in botsing kwamen. De Harzburger gabbro is dus een *ofioliet*, waarin de *harzburgiet* het mantelgesteente is. Afb. 11. Ook de *bronzitiet* behoort tot de mantel; eens was het gesteente als anders in de *harzburgiet* aanwezig.

Tussen de Brocken en de Harzburger gabbro ligt de Ecker-gneis, een qua ouderdom en structurele positie problematische gesteente-eenheid. De Ecker-gneis was oorspronkelijk een massa sterk geplooiende glimmerschisten, die door de beide intrusies werd gemetamorfoseerd tot het gneisachtige gesteente met biotiet en cordieriet. Afb. 12 en 13.

Ramberg-graniet

De tweede granietplutoon van de Harz is de Ramberg-graniet. Deze massa stollingsgesteenten is van veel uniformere samenstelling dan die van de Brocken. Het voornaamste gesteente is een graniet waarin zowel muscoviet als biotiet voorkomen. Een brede band van porfirische graniet loopt van noord naar zuid dwars door de plutoon. Langs de rand komen op enkele plaatsen gangen van fijnkristallijne apliet voor, daarnaast zijn er

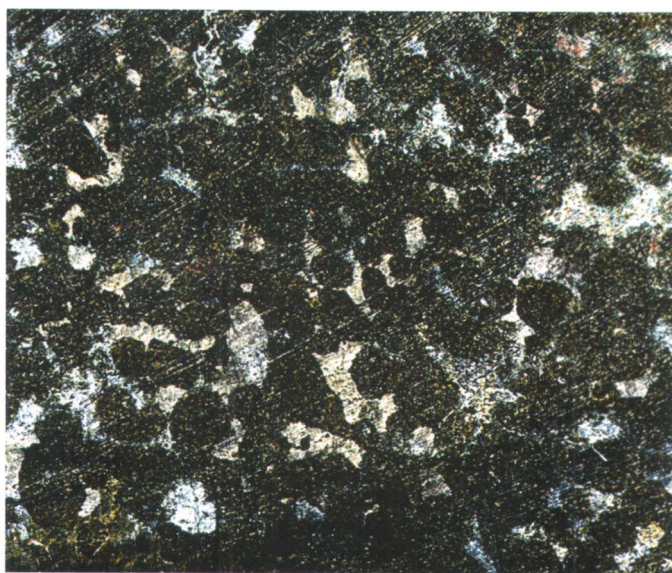


Afb. 10. Detail van de gabbro-groeve, ook wel Bärensteinbruch genoemd. Links boven het midden is een lichte plek, een enclave. Hier is een calciumrijk sediment in de gabbro ingesloten en daarbij tot een skarn gemetamorfiseerd. Bij microscopisch onderzoek bleek hierin, naast calciet, ook grossulaar, wollastoniet en tremoliet voor te komen.

verbindingen gevormd met daarnaast een aantal begeleidende mineralen (de gangmineralen). De ertsmineralen bevatten ijzer, lood, zink, koper en zilver, met soms wat nikkel en kobalt; de begeleidende mineralen zijn kwarts, calciet, fluoriet en bariet. Het zijn deze 'gangen' die de metaalertsen bevatten die de Harz zijn grote bekendheid en voorspoed hebben gegeven.

De Post-Variscische geschiedenis

In de loop van het Perm werd het Variscisch gebergte afgebroken en nog in deze periode was de Harz een vlakke erosievlakte, waarvan de sporen in de vorm van roodkleuringen door de intensieve verweering nog op het vlakke gebied tussen Clausthal en Osterode te zien zijn. Dit nu naar het zuiden hellende vlak is het zichtbare overblijfsel van de Permische erosievlakte.



Afb. 11. Harzburgiet van de Hausmannscher Schurf bij Baste Siedlung, ten N van Torfhaus. Dit ultramafische dieptegesteente bestaat voor ongeveer 2/3 deel uit olivijn (donker) en voor 1/3 deel uit orthopyroxeen (lichtgekleurd door weerschijn). Verder enig erts en apatiet. 3 x vergroot.

gangen van kwarts, soms met toermalijn. De Ramberg-graniet is te zien bij de Hexentanzplatz en La Vieres-Höhe ten noordwesten van Harzgerode.

Ertsvorming

Bij het stollen van een grote massa aan plutonisch gesteente blijft er als laatste rest van het gesmolten materiaal een oplossing achter, waarin veel chemische elementen zijn geconcentreerd die in de mineralen van de plutoniet geen plaats hebben kunnen vinden. In deze "restsmelt" bevinden zich onder meer veel metaalelementen. De restsmelt dringt verder in de aardkorst omhoog en maakt daarbij bij voorkeur gebruik van scheuren in de aardkorstgesteenten.

Deze scheuren waren in de Harz in groten getale voorhanden, er lopen door de Harz een 60-tal belangrijke breuken in westnoordwestelijke - oostzuidoostelijke richting (dus dwars op de algemene strekking van de Variscische structuren) waarin door deze restoplossingen een groot aantal waardevolle mineralen is afgezet.

Tijdens de weg omhoog koelt de oplossing verder af en succesievelijk worden een aantal verbindingen neergeslagen. Op dezelfde wijze als suiker of zout neerslaat uit een afkoelende oplossing, worden op deze wijze een groot aantal metaalerts-



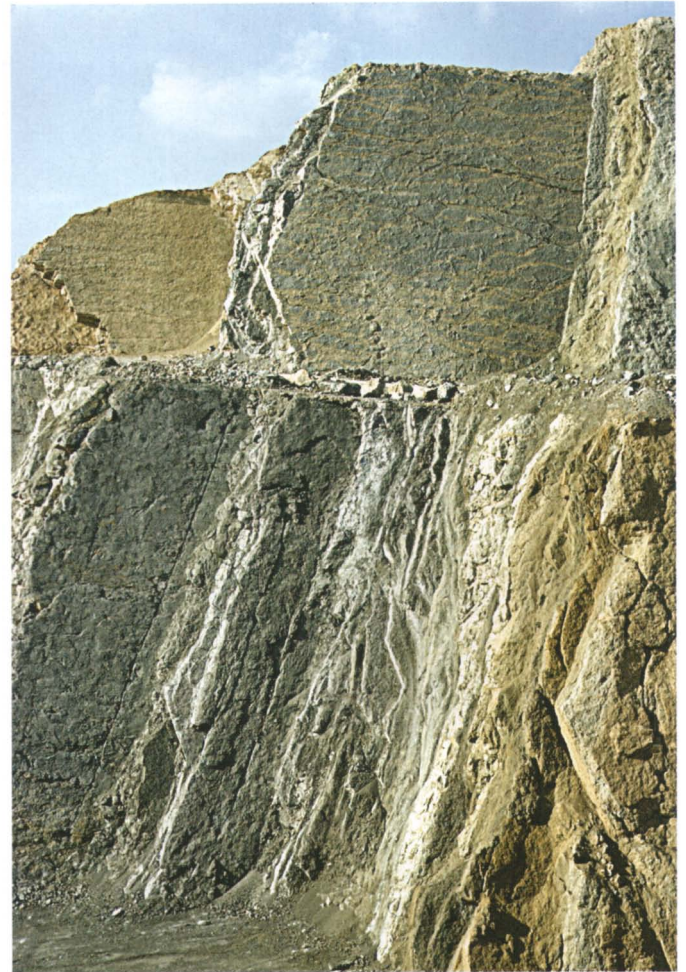
Afb. 12. In het dal van de Radau. Het blok links is Ecker-gneis.

In het gebied van Ilfeld zijn veel gesteenten uit het Onder-Perm (Rotliegendes) aanwezig met veel vulkanieten, zoals melafieren, felsieten, rhyolietporfieren. In de loop van het Zechstein, het Boven-Perm, werd dit vlakke gebied door de zee overstroomd. Deze zee was zeer ondiep en bestond waarschijnlijk uit een aantal binnenzeeën die regelmatig van de open oceaan werden afgesneden. Het klimaat was warm, tropisch; er werden riffen gevormd, onder meer de bryozoënriffen van Bartolfelde. Veel zeewater verdampte en dikke lagen gips, anhydriet en ook steenzout sloegen op de bodem neer. Deze dikke lagen gips uit de Zechsteintijd van het Perm liggen als een gordel langs de zuidrand van de Harz. De gips wordt in een groot aantal groeven geëxploiteerd. Afb. 14. Aan de noordrand zijn weinig Permische afzettingen te vinden, zij zijn door het omhoogrijzende Harzblok weggedrukt.

In uitgestrekte gebieden rondom de Harz vinden we sedimenten uit Trias, Jura, Krijt en Tertiair. Afb. 15. Er mag worden aangenomen dat uit veel van deze perioden ook in het gebied van de huidige Harz sedimenten afgezet zijn, deze zijn echter door de erosie verdwenen toen de Harz werd opgeheven.



Afb. 13. Ontsluiting van de Ecker-gneis in het dal van de Radau. De sterke plooiing en de afwisseling van lichte en donkere banden zijn goed te zien.



Afb. 15. De Langenberg-groeve bij Goslar, ten noorden van de noordelijke Harz-overschuiving. De steilstaande kalkige Malmlagen (Boven-Jura) worden nog steeds geëxploiteerd.



Afb. 14. "Slangengips", Oost-Harz, vindplaats onbekend. Dit is een voorbeeld van convolutie: plastische vervorming van het bodemsediment tijdens de afzetting zelf. Gips is zeer gemakkelijk vervormbaar!

Tertiair

Het Tertiair is voornamelijk vertegenwoordigd door sedimenten uit het Eoceen; hierin komen bruinkoollagen voor. Daarop volgen formaties uit het Oligoceen; in het begin van dit tijdvak werden de sedimenten nog in zee afgezet. Daarna begon een zeer langzame stijgende beweging van het toekomstige Harzgebied en in het midden van het Oligoceen verdween de zee uit het gebied. In het Mioceen was er een langdurige periode van vertering en erosie. Het resultaat hiervan was dat er veel sedimenten uit het

Tertiair en de Mesozoïsche perioden zijn verdwenen. Er werd een erosievlakte, een *schiervlakte* gevormd. Delen van deze erosievlakte zijn nu nog zichtbaar als de Clausthaler Kulmhochfläche, waarboven erosieresten tussen de 200 en 300 meter oprijzen. Het zijn toppen van de harde Kahleberg-zandsteen uit het einde van het Onder-Devoon, zoals de Wurmberg (972 m) en de granietmassa van de Brocken, die voor verdere vertering en erosie gespaard bleef door de harde gesteenten van zijn contactzone.

Ertsafzettingen: ontstaan en soorten

Ertsafzettingen zijn de natuurlijke vindplaatsen van 'ertsen' in de aardkorst. Ertsen zijn mengsels van mineralen waaruit metalen of verbindingen van metalen kunnen worden verkregen. Een erts is een natuurlijk aggregaat van een of meer mineralen waarin zich metalen bevinden.

Daarnaast zijn andere voor de mens bruikbare materialen in de aardkorst voorhanden die geen metalen zijn; deze noemt men delfstoffen. In alle gevallen geldt dat metalen en delfstoffen, in respectievelijk een ertsafzetting of een delfstofafzetting, in een veel grotere concentratie aanwezig zijn dan gemiddeld in de gesteenten van de aardkorst.

Een precieze aanduiding wanneer een bepaald mineraalvoorkomen als ertsafzetting of delfstofafzetting kan worden beschouwd is niet te geven, meestal wordt dit bepaald door economische factoren. Het geologisch belang ligt in het feit dat er een proces van verrijking in de aardkorst is opgetreden, waardoor een bepaald ertsmineraal of een ander mineraal of delfstof op een bepaalde plaats is geconcentreerd.

Een ander uitgangspunt voor een definitie van een ertsafzetting of een delfstofvoorkomen is de economische bruikbaarheid en de winbaarheid. Dan spelen ook factoren als zeldzaamheid en prijs van het erts of de delfstof, concentratie van het erts in het ertslichaam, afmetingen en bereikbaarheid een rol.

Vorming van ertsafzettingen

Bij bestudering van vele ertsvoorkomens op aarde blijkt dat er bepaalde ertsmineralen vaak als combinatie bij elkaar voorkomen en dat andere mineralen veelal niet tezamen in eenzelfde ertslichaam optreden. Een belangrijke reden is dat een bepaald ertsmineraal zich vormt onder specifieke omstandigheden, zoals bij een bepaalde temperatuur en druk. Daarnaast spelen andere factoren een rol, waaronder concentratie van bepaalde chemische elementen en de zuurgraad van de omgeving.

Een ertsgezelschap dat onder bepaalde omstandigheden is gevormd noemt men een *paragenese*. Door het bij elkaar voorkomen van bepaalde mineralen kan een idee worden verkregen over de omstandigheden tijdens de vorming van het ertslichaam. De mijnbouw in de Harz is vooral gespecialiseerd in de bonte metalen (lood (Pb), zink (Zn), koper (Cu) met soms edelmetalen (met name zilver).

Van magma tot gesteente

Veel ertsvoorkomens hebben een relatie tot het optreden van magmatische gesteenten, veel ertsmineralen zijn afkomstig uit magmatische gesteenten.

Het magma, de gesmolten gesteentemassa die op een bepaalde plaats in de aardkorst kan voorkomen, bevat een groot aantal chemische elementen. Dit magma zal diep in de aardkorst, d.w.z. op verscheidene kilometers diepte, heel langzaam afkoelen; dit kan bij een grote massa stollingsgesteente, een pluton of batholiet, wel enkele miljoenen jaren duren. In de loop van de tijd zal dit magma afkoelen van een begintemperatuur van bv. 1000 °C tot enkele tientallen graden. Tijdens de afkoeling zullen er zich achtereenvolgens een aantal verbindingen (= mineralen) gaan vormen. Elk mineraal dat op deze wijze in het gesteente ontstaat, kristalliseert uit bij bepaalde waarden voor temperatuur en druk, waarden die karakteristiek zijn voor een bepaald mineraal.

De meeste mineralen die zo worden gevormd zullen de grote massa van het gesteente opbouwen; bij een graniet zijn dit bv. veldspaat, glimmer en kwarts. Dit zijn de gesteentevormende mineralen, die gemeen hebben dat in vrijwel alle verbindingen het element silicium (Si) aanwezig is. De gesteentevormende

Ertsafzettingen in de Harz

De ertsafzettingen in de Harz zijn volgens drie processen ontstaan:

Endogene ertsafzettingen ontstaan in direct of indirect verband met magma, zij zijn dus van magmatische herkomst.

Bij **exogene ertsafzettingen** ontstaan ze tengevolge van de inwerking van de atmosfeer, hydrosfeer en biosfeer op de aardkorst, hun herkomst is sedimentair.

Metamorfogene ertsafzettingen ontstaan door verrijking door metamorfose van reeds bestaande gesteenten of ertsen: zij zijn van metamorfe herkomst.

In de Harz hebben alledrie de ertsvormende processen een rol gespeeld. Ze hebben zich in de Oberharz zelfs betrekkelijk dicht bij elkaar voorgedaan. Ze zijn hieronder (van oud naar jong) kort beschreven.

1. Endogene ertsen

De exogene ertsafzettingen zijn ontstaan tengevolge van sedimentatie. Het erts zette zich samen met klei af op de bodem van de toenmalige Onder- en Midden-Devoonzee. Ten NW van de zg. Oberharzer Devonsattel ontstond een geosynclinaal gebied, de Goslarer Trog. Deze werd met een meer dan 1000 m dikke laag marien sediment, vooral tijdens het Midden-Devoon, opgevuld. In het breukvormige grensgebied tussen de opheffing en daling zijn restoplossingen van een dieper gelegen magma doorgedrongen. De daaruit ontstane afgezette ertsen werden samen met de mariene sedimenten laagsgewijs afgezet. Ze zijn dus submariene (onder zee), syngenetisch (gelijktijdig met omringende sedimenten) hydrothermaal (uit hete waterige oplossingen) ontstaan. Tijdens de Variscische gebergtevorming vond plooiing, scheefstelling en omkristallisatie plaats, waardoor ze een fijnkristallijne structuur behielden.

De belangrijkste ertsen bevatten sulfiden van zink, lood, barium, ijzer en koper. Bovendien bevinden zich in het erts nog zeldzame metalen en edelmetalen. De ertsen (vooral lood- en zinkmineralen en zilver) bevinden zich bij de Rammelsberg bij Goslar (in twee lagen, waarvan de oudste in 1870 ontdekt is, en de nieuwste in 1859). Afb. 16.

De omgeving van de Rammelsberg staat bij veel mineralenliefhebbers hoog aangeschreven.

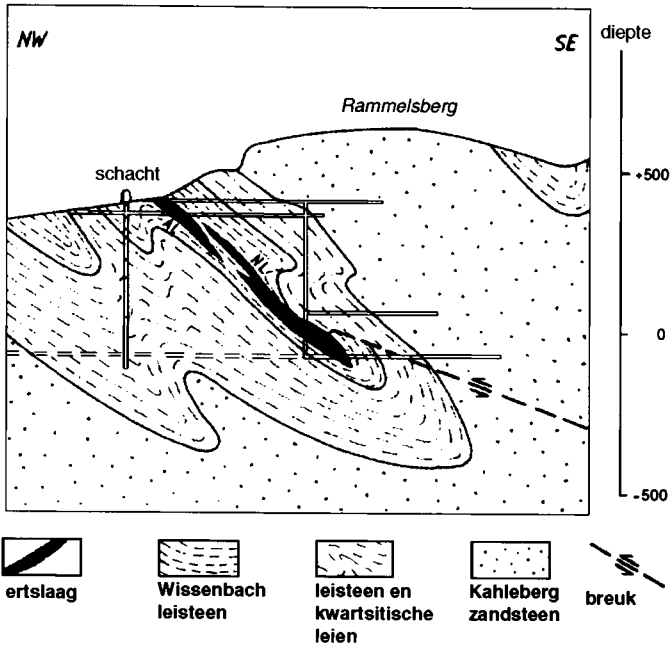
mineralen zijn dan ook vrijwel allemaal silicaten.

Op het moment dat het magma voor het allergrootste gedeelte is gestold, is er nog een kleine rest van de smelt over: de 'restsmelt'. Deze rest bevat een groot aantal chemische bestanddelen die om verschillende redenen geen plaats hebben kunnen vinden in de mineralen van het stollende gesteente. Bijvoorbeeld omdat de afmeting van het atoom van het betreffende chemische element te veel verschilt met de plaats die in de atoombouw van het mineraal beschikbaar was, of omdat er elementen in deze smelt aanwezig waren die verbindingen vormen die pas bij veel lagere temperatuur kunnen ontstaan.

Een belangrijk bestanddeel van deze 'restsmelt' is water, daarnaast komen er grote hoeveelheden gasvormige verbindingen voor, die in de smelt zijn opgelost. Dit zijn onder meer CO₂, SO₂, HF, HCl. In deze restsmelt bevinden zich diverse elementen die veel van de waardevolle ertsafzettingen en delfstoffen zullen vormen.

De aanduiding 'hydrothermaal' voor een aantal typen van ertsafzettingen wijst op het belang van de rol van het water.

De CO₂ en de andere bovengenoemde verbindingen die aan het aardoppervlak veelal gasvormig zijn, behoren tot de zogenoemde 'vluchtige bestanddelen' in de restsmelt.



Afb. 16. Schematisch profiel met de ligging van de ertsvoorkomens van de Rammelsberg nabij Goslar (naar Stedingk, 1982 en Wrede, 1987). AL = Altes Lager; NL = Neues Lager.

de ondergrond Fe- en SiCl-houdende oplossingen en dampen aangevoerd, die met het zeewater reageerden. De daardoor ontstane afzettingen vormden later, samen met de kalk- en kleiseditimenten en onder invloed van gebergtevorming, de Roteisenstein (vooral hematiet).

Deze ertsafzettingen duidt men wel aan als vulkanisch-exhalatief-sedimentair. Deze ertsen komen voor in enkele dalen aan de rand van de Harz, met name ten NO van Osterode. De exploitatie ervan, die tot de vroege Middeleeuwen teruggaat, is nooit van grote betekenis geweest en is reeds lang (omstreeks 1900) stilgelegd (de bloeiperiode was in de 2e helft van de 19e eeuw).

3. Endogene ertsen

De endogene ertsafzettingen zijn ontstaan in het Boven-Carboon. Grote hoeveelheden granitisch magma kwamen vanuit de diepte naar boven. Restoplossingen hiervan drongen daarbij in spleten en scheuren die t.g.v. de Variscische plooiing ontstaan waren. Door afkoeling begonnen de verschillende mineralen uit te kristalliseren, echter niet gelijktijdig en zeker niet gelijkmatig. Met toenemende afstand tot de in de diepte ontstane graniet van het Brockenmassief (en afnemende temperatuur) komen de verschillende mineralen in een vijftal zones rond de Brocken voor. Afb. 17. Vooral de middelste of derde zone met zink- en Zn-houdende loodertsen was heel belangrijk voor de mijnbouw van de West-Harz. Deze derde zone komt voor ten W van de Brocken in ZO-NW richting. De ertsen werden in de Oberharz in kilometerslange, NW lopende gangen (Gangzüge) gedolven. In deze zone liggen de voornaamste (voormalige) mijnbouwgebieden, waarvan Clausthal-Zellerfeld de belangrijkste was. Ook St. Andreasberg ligt in deze zone, evenals Bad Grund.

De mijnbouw in de Harz is vooral gespecialiseerd in de bonte metalen (lood (Pb), zink (Zn), koper (Cu) met soms edelmetalen (met name zilver).

Typen van endogene ertsafzettingen

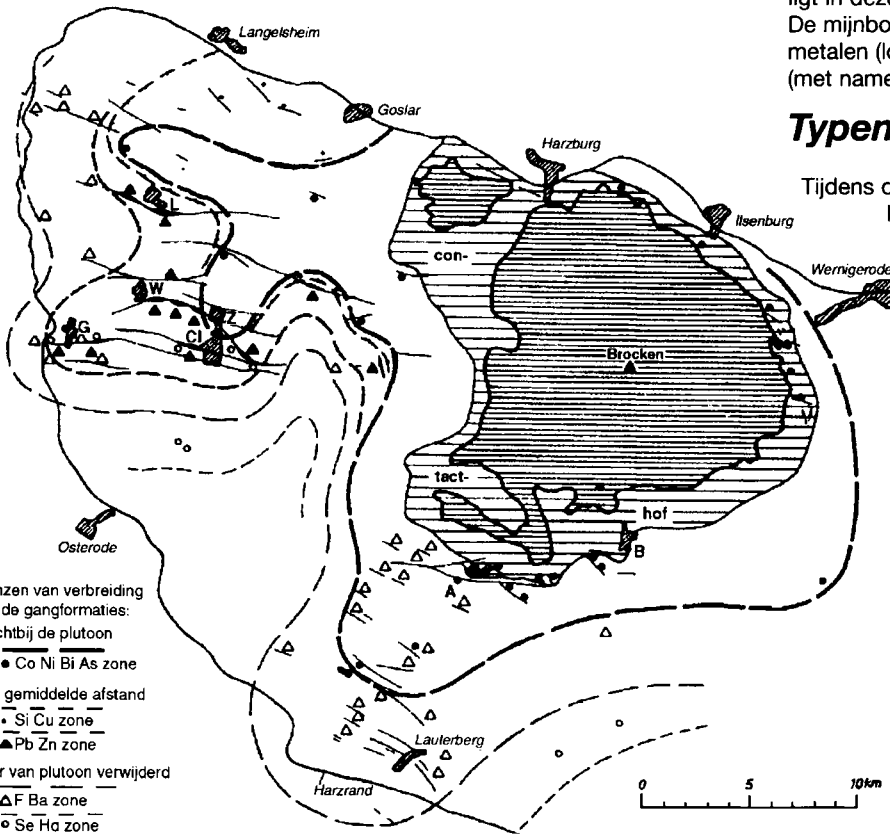
Tijdens de periode dat het magma nog grotendeels vloeibaar is kunnen er ook ertsmineralen in grote hoeveelheden kristalliseren. Deze kunnen soms tot ertsafzettingen worden geconcentreerd. Dit zijn dus ertsvoorkomens die tijdens de vloeibare magmatische fase worden gevormd en die dan ook behoren tot de zogenoemde **liquid-magmatische ertsen**.

Als de temperatuur van het stollende magma gezakt is tot rond de 550 – 450 °C zijn vrijwel alle gesteentevormende mineralen uitgekristalliseerd en is er nog een relatief kleine restsmelt over. Deze bevat dan een vrij hoog watergehalte; water is een verbinding die niet wordt opgenomen in de meeste gesteentevormende mineralen.

Deze restsmelt, rijk aan water (wat wil zeggen: 1 tot 2 gewichtsprocent) en aan vluchtige bestanddelen, bevindt zich langs de randen van de stollende plutoon en kan zich ook indringen in barsten in het gesteente van de aardkorst dat zich rondom de magmamassa bevindt: het 'nevangesteente'.

De afzettingen die hieruit ontstaan behoren tot de groep van **pegmatitisch-pneumatolitische afzettingen**. Een bekend gesteentetype dat in deze fase wordt gevormd is de pegmatiet, veelal bestaande uit mineralen van grote afmetingen.

Zakt de temperatuur onder de 450 °C dan moet worden aangenomen dat, op een kleine hoeveelheid restsmelt na, de gehele dieptegesteentemassa is gestold. Nu zoekt de restsmelt, rijk aan water en vluchtige bestanddelen, zich een weg naar boven door barsten en scheuren in de gesteenten van de aardkorst. Onderweg daalt de temperatuur doorlopend en kristalliseren er telkens



Afb. 17. Zonering van de ertsgangen om het Brocken-plutoon (naar F. Dahlgrün, 1950).

A: St. Andreasberg; B: Braunlage; Cl: Clausthal; G: Grund; L: Lautenthal; W: Wildemann; Z: Zellerfeld.

2. Metamorfogene ertsen

Bij de metamorfogene ertsafzettingen gaat het vooral om de vorming van zg. Roteisenstein van de Oberharzer Diabaszug. Ze danken hun ontstaan aan het vulkanisme uit het Boven-Midden-Devoon. Een diabaas is een submarien uitvloeiingsgesteente. In samenhang met de diabaasuitvloeiingen werden door spleten in

de ondergrond Fe- en SiCl-houdende oplossingen en dampen aangevoerd, die met het zeewater reageerden. De daardoor ontstane afzettingen vormden later, samen met de kalk- en kleiseditimenten en onder invloed van gebergtevorming, de Roteisenstein (vooral hematiet).

andere (erts-)mineralen uit. Dit zijn de zogenoemde **hydrothermale (erts-)afzettingen**. Deze komen dus voor als vullingen van barsten in gesteenten, en zijn soms zo ver verwijderd van stollingsgesteente, dat de relatie met een bepaald magmatisch gesteente niet gemakkelijk te leggen is.

Naast de metallische elementen voert de restsmelt een groot aantal andere chemische bestanddelen met zich mee die andere, niet-metallische mineralen vormen. Dit zijn geen metallische ertsmineralen maar mineralen die deels overeenkomen met of verwant zijn aan de gesteentevormende mineralen van de grote massa van het pluton. Deze mineralen, zoals toermalijn, lepidoliet, bariet en kwarts, treden op als 'begeleiders' van de ertsen, het zijn de zogenoemde 'gangmineralen'.

Ertsafzettingen die ontstaan in de **liquid-magmatische fase** komen vaak voor als lagen in grote massa's stollinggesteenten. Zij zijn getypeerd door oxidische ertsmineralen (een verbinding van een metaal met zuurstof) zoals, onder meer, magnetiet (ijzer-oxide), ilmeniet (ijzer-titaniumoxide) en chromiet (chromoxide). Zij worden ontgonnen voor ijzer, titanium en chroom, platina, nikkel, koper en kobalt. Bekend zijn de enorme magnetietvoorkomens in het Bosveld Stollingscomplex in Zuid-Afrika, in het Sudbury Complex van Canada en bij Kiruna in het noorden van Zweden.

Pneumatolitische ertsafzettingen bevatten onder meer tin-, wolfram-, bismut- en molybdeen-ertsen en het gezelschap goud, zilver, koper en lood. Bekende voorkomens van tinertsen zijn die in Cornwall in Zuidwest-Engeland en op de eilanden Banka en Billiton in Zuidoost-Azië. Tin- en wolframertsen komen voor in het grensgebied van Spanje en noordelijk Portugal. In de pegmatitisch-pneumatolitische fase komen in eerste instantie een aantal mineralen voor die ook voorkomen in de batholiet zelf: kwarts, veldspaten en glimmer, de laatstgenoemde in de vorm van de kleurloze muscoviet. Daarnaast kristalliseren er mineralen die chemische bestanddelen bevatten die geen plaats vonden in de mineralen van het pluton, onder meer lithium, beryllium, borium, zirkoon, thorium, uranium. Deze vormen mineralen als lepidoliet (een rose gekleurde lithiumhoudende glimmer), beryl, toermalijn, fluoriet en topaas. Karakteristiek is de schriftgranitische vergroeiing van kwarts en veldspaat die ontstaat door gelijktijdige kristallisatie van deze twee mineralen.

De derde grote groep van magmatische ertsvoorkomens is die van de **hydrothermale afzettingen**; de vormingstemperatuur van veel van deze afzettingen ligt onder de rond 375 °C. De laagste temperaturen waarbij er nog gesproken wordt over hydrothermale afzetting ligt even boven de 100 °C.

De mineralen worden aangevoerd in een oplossing van oververhit water, die zeer beweeglijk en zeer dunvloeibaar is; deze kan ver weg van de magmatische gesteentemassa indringen in barsten van het nevengeesteente.

Veel voorkomende metaalertsen zijn vaak sulfiden (verbindingen met zwavel) van lood, zink, koper, ijzer en zilver; daarnaast komen ook goud en zilver voor. Als begeleidende gangmineralen komen voor: kwarts, calciet, dolomiet, sideriet, bariet, chalcedoon en fluoriet.

Er wordt bij de hydrothermale voorkomens wel een onderscheid gemaakt in kata-, meso- en epithermaal, waarbij de katathermale bij de hoogste temperaturen zijn ontstaan en de epithermale bij de laagste. Arsenopyriet is een karakteristiek ertsmineraal voor katathermale afzettingen; zilverhoudende loodertsen met sfaleriet, bariet, fluoriet, calciet en kwarts zijn karakteristieke epithermale vormen.

Ertsvoorkomens in de Harz

Het begin van de mijnbouwactiviteiten in de Harz viel in de 10^{de} eeuw: de eerste documenten die verwijzen naar de mijnbouw van de Rammelsberg bij Goslar dateren uit het jaar 968. Vooral de Oberharz, het gebied tussen Oker, Altenau, Clausthal en Bad Grund kende in deze en volgende eeuwen een zeer grote activiteit.

De meeste ertsvoorkomens van de Harz zijn hydrothermaal en vallen onder de groep van de meso- tot epithermale ertsgangen. Het zijn doorgaans opvullingen van breuken. In de Harz zijn een groot aantal breuken aanwezig, de meeste lopen in westnoordwest - oostnoordoostelijke richting; de helling is steil naar het zuiden. De meeste gangen hebben een dunne vulling met ertsmineralen en begeleiders, een dikte van 6 meter is voor de Harz al veel.

In het gebied van de Oberharz, in **de regio van Clausthal**, komt een vrij groot aantal gangen voor, waarvan er een 20tal geëxploiteerd zijn. Deze gangen zijn opvullingen van breuken die soms over grote afstanden, tot 10 km toe, te vervolgen zijn. Ze bevatten lood-zinkertsen en hematiet, met kwarts en carbonaatmineralen, plaatselijk treedt bariet als begeleider op. Een opvallend punt is dat veel ertsaders naar de diepte gaande steeds minder erts bevatten, rond de 1000 tot 1200 meter onder het oppervlak van de hoogvlakte van Clausthal bestaan veel aders alleen nog maar uit kwarts en zijn verder steriel. Dit was onder meer de oorzaak van het stilleggen van de vele mijnen in de Oberharz. Alle ertsmijnen zijn inmiddels uit bedrijf.

In **het Lauterbergse ertsgebied** komen zilverhoudende lood- en zinkertsen voor (St.-Andreasberg). Begeleidende mineralen zijn bariet, fluoriet en ook anhydriet. In de contactzone van de Brocken-graniet, in Devonische lei, in kalksteen en diabaas, komt een aantal vrij kleine maar hoogwaardige aders voor. Deze liggen in vijf min of meer concentrische zones met ieder een bepaalde ertsvoering; zie afb. 17. In deze aders treden verschillende paragenesen bij elkaar op, zoals het kata- tot meso-thermale gezelschap van hematiet, magnetiet, pyriet, kwarts en mangaancarbonaat; daarna volgt de meso-thermale hoofdfase met galeniet, sfaleriet, chalcopyriet, vaalerts, bournoniet en jamesoniet met kwarts, calciet en fluoriet, afgesloten met onder meer arsenopyriet, kobalt-nikkel-arsenide met zeolieten en calciet. Deze ertsvoorkomens waren vooral in de 16de eeuw van groot belang; de laatste exploitatie werd in 1911 gesloten, ook hier werd op rond 1000 meter diepte het einde van de verertsingen bereikt.

In de Mittelharz, in het ertsgebied van Strabberg en Neudorf, beginnen de ertsen uit het pneumatolitisch bereik met een arsenopyriet-wolframietparagenese, dan volgen bij lagere temperatuur de associaties fluoriet-chalcopyriet; galeniet-sfaleriet-sideriet, en uiteindelijk antimoniet-bariet-hematiet. De lood-zinkertsvoorkomens zijn uitgeput. Belangrijke fluorietvoorkomens zijn die van de Flubschacht bij Stolberg, van Rottleberode en van de Herzogschacht bij Siptenfelde, maar ook deze exploitaties zijn inmiddels gesloten.

Getuigenissen van de pegmatitische fase in de Harz vinden we in de vorm van toermalijnkristallen in graniet, zoals bij Sonnenberg en Königskrug.

Zowel voor de aanvoer van water ten behoeve van machines, zoals voor de pompen, ventilatie, voor de hijsinstallaties voor mensen en erts, alsmede voor de afvoer van overtollig mijnwater werd een ingenieus stelsel van tunnels en stuwmeertjes met verbindingskanalen aangelegd. Zo kon men de op verschillende plaatsen gelegen stuwmeertjes naar believen vullen of laten leeglopen. De tunnels voor de waterafvoer waren soms zeer lang: de Ernst August Stollen, die uitmondt bij Gittelde aan de westelijke rand van de Harz, is 26 km lang; deze tunnel verzorgde de waterafvoer van de mijnen van Bad Grund, Wildemann en Clausthal-Zellerfeld.

Er kon op uitgebreide schaal van waterkracht gebruik worden gemaakt omdat de Harz een zeer regenrijk gebied is: op de Brocken valt tot 1600 mm regen per jaar (meer dan twee maal de Nederlandse hoeveelheid). Als centraal waterreservoir dienen de moerasgebieden op de hoogvlakten van de Harz. Belangrijke spaarbekkens zijn de Granetalsperre, de Innerstetalsperre en de Okertalsperre, die drinkwater leveren voor zowel de Harz zelf als voor grote steden als Hannover en Bremen.

Vegetatie en ondergrond

Voor de opkomst van de mijnbouw was de Oberharz een vrijwel onbewoond gebied. Dit werd vooral veroorzaakt door het feit dat akkerbouw en veeteelt beperkt werden door het klimaat (korte groeiperiode). In de dalen van de Harz wordt nu wel akkerbouw bedreven.

De vegetatie die we nu in de Harz vinden is sterk beïnvloed door de mens. Van oorsprong was de Harz voor het grootste deel bedekt met beukenbossen; dit is de climaxvegetatie voor de gematigde klimaatstreken. Dit bostype treedt in heel Midden-Europa op waar het niet te nat, te droog, te koud en te voedselarm is. Beukenbossen hebben een dikke en dichte kroonlaag, er valt weinig zonlicht op de bodem en daarom vinden we er weinig struiken en kruiden; alleen op plaatsen waar het licht de bodem kan bereiken staat een dichte vegetatie van lage planten met opslag van jonge beuken. Er is een tijd geweest dat men meende dat beuken een voorkeur hadden voor kalkige bodems, omdat we veel beukenbossen op deze gronden vinden. Het is echter gebleken dat de mens de veroorzaker is van dit verschijnsel. De mens heeft de beuken op de zure bodems gekapt en deze bodems beplant met de snel groeiende, 'waardevolle' naaldbomen (bv. voor huizenbouw en brandhout, mijnstutten voor de mijnbouw en houtskoolbereiding voor het stoken van de hoogovens t.b.v. de ertsverwerking). Vele naaldboomsoorten gedijen goed op zure bodems en doen het minder goed op kalkige bodems. Zo heeft het loofbos zich vaker op de kalkiger bodems kunnen handhaven.

Men heeft bij de aanplant van productiebos veel gebruik gemaakt van langstammige sparsoorten, vooral van fijnspar. Langstammige bomen hebben een grote kroon en horen eigenlijk in het laagland thuis. Deze bomen blijken niet bestand tegen de ruige winteromstandigheden en de grote sneeuwval in de Harz en breken vaak. Zulke bossen vertonen daardoor veel gaten.

Veen

Op plaatsen waar water uit de grond opwelt of waar het grondwater tot vlak onder het oppervlak komt of boven het oppervlak staat, kan geen bos groeien. De wortels krijgen geen zuurstof, voedingsstoffen zullen uit de bodem worden uitgespoeld en afvalstoffen van de vegetatie hopen zich op. Als het water van een moeras of ven stilstaat zal de zuurstof in het water snel opgebruikt worden en zullen de plantenresten in het water niet verder op de gewone wijze, met behulp van in het water opgeloste zuurstof, vergaan. Het afgestorven plantaardig materiaal zal op een andere wijze verder kunnen worden afgebroken door bacteriën die de benodigde zuurstof niet uit het water betrekken doch uit de bindingen van het plantenmateriaal zelf halen. Een andere zuurstofbron, naast het houtmateriaal zelf, zijn sulfaatverbindingen, die met andere organische, door de planten geproduceerde zuren zorgen voor de zeer hoge zuurgraad van het stilstaande, stagnerende veenwater. Door de onttrekking van de zuurstof aan de sulfaten ontstaat het naar rotting stinkende zwavelwaterstofgas. In een dergelijk 'rottingsmilieu' vergaat het afgestorven plantenmateriaal slechts voor een deel; veel plantenmateriaal wordt bewaard in de vorm van turf. Indien dit proces zich lange tijd kan voortzetten wordt het rottingsresidu steeds rijker aan koolstof; dit is de bron voor de steenkoolafzettingen. In een moeras dragen de veenmossen (*Spagnum*-soorten) het meeste bij aan de veenvorming. *Spagnum* kan enorme hoeveelheden water opnemen, het groeit snel, groeit daarbij op zijn eigen afgestorven materiaal verder en kan zo de grondwaterspiegel in een moeras meters hoger maken dan het oorspronkelijke waterniveau. In de veenvegetatie vinden we soorten als éénarig wollegras (*Eriophorum vaginatum*), veenbes (*Oxycoccus palustris*), rondbladig zonnedauw (*Drosera rotundifolia*), lavendelheide (*Andromeda polifolia*), struikheide (*Calluna vulgaris*), veenbies (*Scirpus caespitosus*) en kraaiheide (*Empetrum nigrum*).

De moerassen en venen, die vooral op de hoogste delen te vinden zijn, zijn gedeeltelijk verdwenen; wel zijn dit nog de meest oorspronkelijke vegetatiegebieden van de Harz.

Graslanden

Op de hellingen van de Harz vinden we mooie alpenweiden. Op drogere, ontboste plaatsen ontstaan graslanden; afhankelijk van het type en de intensiteit van de begrazing ontstaan verschillende typen graslanden. Op drogere, voedselarme plaatsen die veel beweid worden vinden we soortenarme graslanden met borstelgras (*Nardus stricta*). Op vochtiger en weinig beweidde plaatsen komen soorten voor als kogelranonkel (*Trollius europaeus*), adderwortel (*Polygonum bistorta*), moerasspirea (*Filipendula ulmaria*), goudhaver (*Trisetum flavescens*), gewone vrouwenmantel (*Alchemilla vulgaris*), kale jonker (*Cirsium palustre*), bereklauw (*Heracleum sphondylium*) en fluitekruid (*Anthriscus sylvestris*). Een opvallend kenmerk van planten die op voedselarme bodems voorkomen is dat deze vegetatie een opvallend diep wortelstelsel heeft, de wortels gaan wel tot rond de 70 cm diep de bodem in. Zo hebben de planten meer mogelijkheden om voedingsstoffen te verzamelen. Ter vergelijking: in de Nederlandse bemeste weilanden is deze diepte vaak niet meer dan 30 cm. De mijnbouwactiviteit in de Harz heeft een duidelijke invloed uitgeoefend op de vegetatie; op afvalhopen vinden we onder meer een typische zinkflora.

Zinkflora

In de Harz werden eeuwenlang grote hoeveelheden metaalerts gewonnen. Bij de winning werd, bij de uitgang van de mijn, het waardevolle ertsmineraal en het waardeloze nevangesteente gescheiden.

De storthopen van het afvalgesteente bevatten echter nog vaak vrij belangrijke hoeveelheden erts. De aanwezigheid van metaalertsmineralen in de storthoop kan verschillende redenen hebben: het was materiaal dat te veel verdeeld in het gesteente verspreid was, het was hetzij ertsmateriaal dat in de tijd van de exploitatie geen waarde had, hetzij een mineraal van een metaal dat niet bekend was, of een verbinding waaruit met de toenmalig beschikbare techniek het metaal niet te winnen was.

Een bekend voorbeeld van een ertsmineraal dat in veel storthopen van oudere (lood-)mijnen voorkomt is het zinkertsmineraal sfaleriet. Voor dit mineraal was tot in het midden van de 19de eeuw geen methode bekend waarbij het zink kon worden vrijgemaakt.

Door de verwerking van de erts van de storthoop zal er veel kans zijn dat er, relatief gezien, belangrijke hoeveelheden zink in de bodem terecht komen; dit zink zal door de vegetatie worden opgenomen.

Normaal gesproken hebben alle planten voor hun groei een aantal zware metalen als koper en zink nodig; dit zijn echter wel 'sporen': zeer kleine hoeveelheden. Bij aanwezigheid van grote hoeveelheden van deze metalen zullen deze als een gifstof gaan werken en zullen een aantal planten sterven. Er zijn echter bepaalde planten die een resistentie hebben opgebouwd tegen een overdadige hoeveelheid van bepaalde chemische elementen en deze planten zullen overleven op plaatsen waar veel andere, die in normale omstandigheden hun zware concurrenten zijn, het laten afweten. Zo is het - ook in Zuid-Limburg voorkomende - zinkviooltje (*Viola calaminaria*) een karakteristieke 'indicatieplant' voor de aanwezigheid van zinkerts. Afb. 18. Een andere zinkindicator is de zinkboerenkers (*Thlaspi caerulescens*).



Afb. 18. Het zinkviooltje (*Viola calaminaria*). Nederlandse ecologische flora, deel 2, 1987.

Literatuur en kaarten

Die Generalkarte, Bundesrepublik Deutschland, Blatt 9.

Naturpark Harz, Wanderkarte RV Reise- und Verkehrsverlag. 1:50.000.

Geologische Karte, RV Reise- und Verkehrsverlag. 1:100.000.

Van den Berg, W. en Van Loon, C.: Hütten en Halden in de Harz, mijnbouw en metallurgie door de eeuwen heen, en: Slakkenmineralen van de Rammelsberg (Harz) (met 16 kleurenfoto's); Gea, vol. 23 (1990), nr 1, p. 24-34.

Bode, R. en Wittern, A.: Mineralien und Fundstellen Bundesrepublik Deutschland; Bode Verlag, 1989, ISBN 3-925094-24-5. Bevat voormalig West-Duitsland.

Haake, R., Flach, S. en Bode, R.: Mineralien und Fundstellen Bundesrepublik Deutschland, Teil II, Bode Verlag, 1994; ISBN 3-925094-49-0. Bevat voormalig Oost-Duitsland.

Flexcursie 2002: Harz, Duitsland; GeoVUsie, Vrije Universiteit Amsterdam.

Geotagung '77, Göttingen. 1977. Exkursions-Führer. Band I, Rheinische Schiefergebirge, Harz. Geologisch-Paläontologisches Institut und Museum der Universität, Göttingen.

Jubitz, K.-B., 1964. Führer zu den Exkursionen anlässlich der 11. Jahrestagung der Geologischen Gesellschaft in der Deutschen Demokratischen Republik. Berlin.

Kakes, P., Stroobach, H. en Visser, H.: Onderzoek naar de dakhangen van de Königskopf in het Brockenmassief, Harz. Gea, vol. 33, (2000), nr. 2, p. 53-56.

Klose, F., 1985. Der Mineralienführer: Harz. Klose, Goslar-Jerstedt.

Mohr, K., 1971. 400 Millionen Jahre Harzgeschichte. Die Geologie des Westharzes; Ed. Piepersche Buchdruckerei und Verlagsanstalt, Clausthal-Zellerfeld.

Mohr, K., 1973. Harz, Westlicher Teil. Sammlung geologischer Führer 58. Bornträger, Stuttgart.

Weisz, S.: Mineralfundstellen Atlas Deutschland West; Christian Weise Verlag, 1990, ISBN 3-921656-16-8.

Bezienswaardigheden en vindplaatsen in de Harz

De Harz is een gebied waarin nog steeds vele geologische bezienswaardigheden te zien zijn. Door het sluiten van de mijnen, het egaliseren van veel storthopen, uitbreiding van woonkernen of opname in het Harz National Park zijn vele van de mogelijkheden die de Harz vroeger voor mineralenverzamelaars zo aantrekkelijk maakten verdwenen. Toch is er nog veel te genieten en van deze mogelijkheden hebben wij een opsomming willen geven. Verscheidene locaties waren te vinden op het internet. Vooral aan de site http://www.nfb.de/geologie/anwendungsgebiete/objektliste_geotope.htm zijn veel gegevens ontleend. Deze worden in de hier volgende lijst gemerkt met: IN. Mensen die deze locaties willen bezoeken wordt aangeraden de desbetreffende internetpagina's te raadplegen. Daar is namelijk veel meer informatie te vinden over openingstijden, aanrijroutes en geologie, dan hier opgesomd kan worden - met plaatjes en foto's bovendien.

Musea, leerpaden, bezoekersmijnen

- IN. Het Mijnbouwmuseum van de Technische Universität Clausthal in Clausthal-Zellerfeld heeft een mineralogische verzameling van 120.000 stukken. Een tentoonstelling in een onlangs gerenoveerde didactische opstelling bevindt zich in het hoofgebouw. Interessante fossielen illustreren een reis door de evolutiegeschiedenis temidden van het landschap van de Harz. Er is een geïllustreerd *Begleitheft* van 130 pagina's. Een bezoek is bijzonder aan te bevelen. De Technische Universität ligt aan de Adolph Roemerstrasse 2 a in Clausthal. De ietwat trage internet-site van de T.U. bevat mooie mineralenfoto's. Ga naar: www.tu-clausthal.de/geomuseum/
- Goslar: oude zilvermijn, nu UNESCO Welterbe. Het Bergwerk en het Bergbaumuseum zijn te bezichtigen.
- IN. Mijnbouwmuseum Lautenthals Gluck, in Lautenthal.
- IN. Mijnbouwmuseum "19-Lachter-Stolle" in Wildemann, met een waarschijnlijk toegankelijke halde.
- Wettelrode: bezoekerscentrum met museum. Er zijn ook hal-

den in de omgeving. Zie ook Hettstedt (onder: Mijnbouw, mineralen).

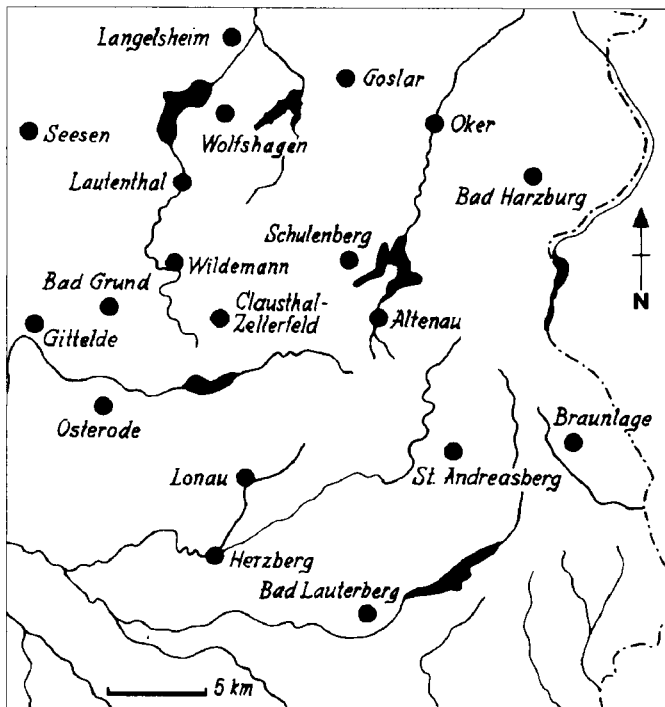
- IN. Geologische wandelroute bij Schalker Teich, ten noorden van Oberschulenberg, waar een steengroeve te vinden is met vele fossielen (o.a. zeelelies, koralen).
- IN. Geologische leer/wandelroute bij Lautenthal. De wandeling voert langs diverse steengroeves uit verscheidene tijdvakken (Boven-Devoon, Onder-Carboon). Er zijn fossielen te vinden, het gaat dan om microfossielen die slechts met een loep te zien zijn (Ostracoden, Conodonten, Tentaculieten, Styliolinen).
- Bij Elbingerode is een *Schaubergwerk*: een bezoekersmijn.
- Ilfeld-Netzkater. Omgeving station (Bahnhof): Rabensteiner Stollen. Deze Oost-Duitse steenkolenmijn werd in 1949 gesloten maar is nu een Besucherbergwerk, er is ook een bescheiden stortplaats waar gezocht mag worden, mits toestemming gevraagd is.
- In Wernigerode is een Harzmuseum met fossielen uit de Rabensteiner Stollen: o.a. *Annularia*, *Neuropteris*, *Calamites*, *Lebachia*, *Cordaites*. Er is een smalspoorbaan voor een tocht in de omgeving. Het is ook een mooi wandelgebied. (Fossielen 4/2003, p. 226).

Mijnbouw, mineralen

- IN. Rammelsberg in Goslar. Op deze locatie werd al van oudsher erts gewonnen. De sporen van de ertswinning zijn hier nog overal merkbaar. Belangrijke mijncentra van de West-Harz waren Zellerfeld, Clausthal, Grund, Wildemann, Lautenthal, Altenau en St. Andreasberg. Zie kaartje afb. 19. Alle ertsmijnen zijn nu gesloten, als laatste de mijn Hilfe Gottes van Grund. Hetzelfde geldt voor de Oost-Harz. Bekende namen zijn hier Harzgerode (wolframiet), Neudorf (mooie galeniet), Straßberg, Wolfsberg (antimoniet), Rottleberode (fluoriet).
- Ochsenhütte. Oude hoogoven, waarvan de slakkenhopen grote belangstelling trekken van mineralenzoekers. Zie Gea 1990,

nr. 1, themanummer Mijnbouw en storthopen. Hierin beschreven Wim van den Berg en Cees van Loon de Hütten en Halden van de Harz met hun slakkenmineralen in twee artikelen. Enkele gegevens hieruit zijn opgenomen in een apart hoofdstukje elders in dit nummer.

- Bij Hettstedt, in de regio Sachsen-Anhalt, omgeving Magdeburg, liggen storthopen van oude mijnen. Hier zijn – op micro-mountgrootte – kopermineralen te verwachten. Genoemd worden verder o.a. laurioniet, sfaleriet, boleiet, paratacamiet. De talrijke halden van de omgeving zijn al van ver zichtbaar. Voor bezoek aan de grote storthopen is toestemming vereist, voor bezoek aan de kleine doet men niet moeilijk. Zie ook Wettelrode (bezoekerscentrum). (Lapis 2001, nr. 6).
- IN. Groeve Samson en Groeve Catharina Neufang in St. Andreasberg. De Samson is de beroemdste groeve van het St. Andreasberggebied; het is o.a. de typelocaliteit van het mineraal samsoniet. De mijn is al lang dicht, de storthopen hebben mogelijk nog iets te bieden.



Afb. 19. Schetskaartje met de voormalige mijncentra in de West-Harz. --- oude grens tussen BRD en DDR.

Gesteenten, algemene geologie

- Huneberg: diabaasgroeve, nog in bedrijf; 6 km ten NO van Altenau, 6 km ten ZW van Bad Harzburg. Dit diabaasvoorkomen ligt op de Diabaszug. Behalve het vulkanische gesteente komen o.a. de volgende mineralen in spleten voor: epidoot, annabergiet, sfaleriet, zeolieten.
- Bärenstein-bruch, in het Radautal, 3 km ten Z van Bad Harzburg. Ook in deze groeve wordt nog gewerkt. Hier komt het gesteente harzburgiet voor. Ook mineralen kunnen worden gevonden, o.a.: apatiet, allaniet, bruciet, prehniet-aggregaten, pyriet, rookkwarts, bergkristal, epidoot-waaiers, gadolinit, hydrogrosulaar.
- Kohlebornskehre: typelocatie van harzburgiet. Deze plaats is beschermd, men mag niet hakken (wel losse stenen vinden).
- IN. Bij de dagbouw van Elbingerode zijn keratofieren uit het Onder- en Midden-Devoon te zien.

- IN. Bij Lerbach zijn diabazen te zien.
- IN. Hammerstein kliffen bij Stieglitzteck. De kliffen bestaan volledig uit kwartsiet uit het Carboon. Het zijn mariene afzettingen (zandkorrels zijn aan elkaar gekit tot het massieve kwartsiet).
- IN. Klusfelsen in Goslar. Dit is een 20 meter hoge en 50 meter lange zandsteenrots uit het Krijt. Het zijn kustafzettingen, ook is hier glauconiet te vinden.
- IN. Wolzakverwering van graniet is te zien bij Oderteich. Een ander woord voor wolzakverwering is exfoliatie. Door klimatologische omstandigheden verweert het graniet dusdanig dat er bolvormige gesteenten overblijven. Laag voor laag verdwijnt er door verwering, zoals je een ui laag voor laag kunt pellen.
- IN. Granietrotsen en waterval in het Okertal. Het gaat om de Oker-graniet uit het Devoon.
- IN. Grauwacke-steengroeve in Innerstetal (ten zuiden van Wildemann). Hier zijn afzettingen uit het Onder-Carboon te vinden. Grauwacke (Engels: greywacke) is een term die door de mijnwerkers in de Harz is bedacht. Ze gebruikten deze naam voor waardelose stenen. Zij leidden de naam af van de grijze kleur en de puddingachtige structuur.
- Omgeving Thale: de Teufelsmauer (ten NW van Thale). Dit is een resistente zandsteenlaag, afgezet in het Boven-Krijt en scheefgesteld in het Tertiair tijdens de Alpiene plooiingsfase. Deze laag loopt nu als een muur door het noordelijke Harz-voorland. Er is een mooie wandeling van 3 km te maken, vanaf Blankenburg naar Timmenrode.
- Het Bodental, ten Z van Thale. Een vrij woest rivierdal tussen steile granietwanden met wolzakformaties. De graniet is van het Ramberg-plutoon. Na verloop van tijd bereikt u het gebied waar de indringende graniet het nevingesteente veranderde. Deze zone van contactmetamorfose bestaat uit hoornrots en nopjesschist.
- Hexentanzplatz, ten Z van Thale. Een mooi uitzichtpunt boven het Bodental, met zicht op de Rosztrappe (hoge rotspieken) vanaf de Ramberg-graniet. (Heksen en duivels zijn bekende figuren uit de folklore van de Harz).
- De Brocken. Naar de top loopt een stoomtrein vanaf Thale – Blankenburg – Wernigerode, al sinds 1899. De Brocken heeft een extreem klimaat. Er is gemiddeld 300 dagen mist per jaar; boven de 1100 m groeien geen bomen meer.
- Er is een wandelweg naar omlaag van 8 km, die bij Torfhaus eindigt (ongeveer 2,5 uur). Dit is de zg. Goethewandeling, genoemd naar Goethe, die deze tocht als eerste gemaakt heeft. (Dat was in 1779, toen er nog geen weg was. In de Harz worden vele herinneringen aan deze grote schrijver, denker en natuuronderzoeker levend gehouden. Hij woonde en werkte enige tijd in Torfhaus). Onderweg naar Torfhaus zijn diverse markante punten te zien, die op borden worden aangegeven. O.a. gaat men bij een uitzichtpunt langs het Goethemoor; verderop wordt de oude grens tussen Oost- en West-Duitsland gepasseerd. Er zijn ijstijdverschijnselen en authentieke moerassen, zoals het Groszes Torfhausmoor, met dikke lagen hoogveen, voornamelijk bestaande uit spagnum. Uiteraard ligt dit belangrijke natuurgebied binnen het Harz Nationaal Park (zie onder).
- Op de Jordanshöhe: Gesteentekundig leerpad in de omgeving van St. Andreasberg, langs de weg van de Sonnenberg naar Andreasberg. De gesteenten van de Harz worden in 39 voorbeelden voorgesteld. Ook wordt de herkomst van de gesteenten uitgelegd. De Jordanshöhe ligt midden in het Naturschutzgebiet van de Oberharzer Bergwiesen.

Fossielen, kalkgroeven

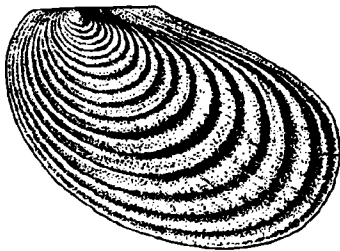
- IN. Kalksteengroeve Winterberg, 2 km ten noorden van Bad Grund. Het is een voorkomen van zeer zuivere koraalkalken uit

het vroeg-Boven-Devoon, die al van verre te zien zijn. In dit opmerkelijke Iberg-Winterberg-Massiv komen veel kalkalgen en fossielen uit de dierenwereld van het koraalrif voor, zoals koralen, bryozoën, brachiopoden, slakken en soms goniatiëten. Aan de weg Clausthal – Seesen, aan de voet van de Iberg, zou het goed zoeken zijn.

- IN. Steengroeve Langenberg, gelegen vlakbij Oker. Hier zijn fossielrijke kalkstenen te vinden, ook het aanzicht van de groeve is spectaculair, er is verticale gelaagdheid te zien. In de kalkstenen bevinden zich de volgende fossielen: Brachiopoden, zeeegels, gastropoden, crinoiden en graafgangen. In de jongere afzettingen zijn ook wel eens botten van dinosauriërs gevonden. De kalken komen uit het Onder-Midden-Malm (Boven-Jura).

- Bij Förste, omgeving Osterode, liggen diverse gipsgroeven, met gips in diverse variaties, zoals marienglas; ook anhydriet. Tussen Dorste en Förste ligt vlak voor F. (rechts) een groeve; rondom Förste liggen er nog meer, o.a. bij fabriek Lichtenstein, Dorste en Katzenstein. Toegang na 17 uur of in het weekend geen probleem.

- IN. Tussen Lautental en Seese ligt een kleine fossielrijke groeve. Het gaat om afzettingen uit het Onder-Carboon. Er zijn o.a. de volgende fossielen te vinden: *Posidonia becheri* (afb. 20), de ammoniet *Goniatites* sp., de trilobiet *Cyrtoproetus moravicus*.



Afb. 20. De mollusk *Posidonia becheri*, gidsfossiel, Onder-Carboon. Ware grootte.

- IN. Steengroeve Uhrde ten zuidwesten van Osterode. Hier zijn kalk- en gipsafzettingen uit het Zechstein (Perm) te zien. Op het grensvlak van de kalk en het gips zitten fossielen van *Stromatolieten*. De groeve is nog gedeeltelijk in werking, voor toegang moet toestemming gevraagd worden.

- Hüttenrode: oude groeve Garkenholz in Midden-Devonische kalken, waarbij in de buurt de Blauer See ligt. Dit is een meertje dat bij zonneschijn onder invloed van algen en stof in het water soms blauw gekleurd is. Dit komt doordat het blauwe licht door het kalkrijke water minder wordt opgenomen dan de andere kleuren.

- Barkhausen aan de Hunte bij Bad Essen, ten oosten van Osnabrück: dinosauriërsporen. Deze zitten in een wand van een oude groeve van 10 meter lang en 6 meter hoog. De ouderdom is 140 miljoen jaar (Malm, Boven-Jura). Niet meer in het besproken gebied, maar liggend op de weg tussen Hengelo en de Harz. Je moet ze zeker eens gezien hebben!

Grotten, karst

- IN. Iets ten zuiden van de Harz, rondom Kyffhauser, ligt een gipsgebied (Zechstein). Het gaat om gips uit het Perm. Op de website: <http://www.showcaves.com/german/de/region> zijn verwijzingen naar de Harz en het Kyffhausergebied te vinden, o.a. grotten en andere informatie.

In dit gebied zijn de volgende grotten te zien:

- Barbarossahöhle in Rottleben
- Prinzenhöhle iets ten noorden van Rottleben
- Schusterhöhle bij Tilleda

- IN. Tussen Förste en Polsfeld is een wandeling te maken die

door verschillende karstlandschappen gaat. Meer informatie is te verkrijgen in Osterode.

- IN. In de omgeving van Rübeland, ten ZO van Elbingerode, kan men naar de Baumannshöhle of de Hermannshöhle gaan. Dit zijn druipsteengrotten in de verkarste rifkalken van het Elbinger complex. De kalk die je ziet werd in het Onder-Devoon afgezet. De Baumannshöhle werd al in de 15^e eeuw ontdekt. Er zijn mooie stalactieten en draperieën en een grote "Goethesaal", waar uitvoeringen gegeven worden.

- IN. In Bad Grund kan men naar de Iberger Tropfsteinhöhle gaan, dit is een druipsteengrot. De kalkafzettingen komen uit het Boven-Devoon.

- IN. Rhumequelle. Dit zijn karstwaterbronnen in de buurt van Herzberg. Er zijn hier mooie wandelingen te maken.

- IN. De Einhornhöhle is een 400 meter lange grot bij Scharzfeld, in de Zechstein-dolomiet (Boven-Perm). In een donkere leemlaag liggen de botten van de bewoners uit de tussenijsijd, o.a.: hollenleeuw, hollenbeer, bruine beer, reuzenhert, wolf, wild zwijn.

Naturschutzgebiet

Het Harz Nationaal Park werd in 1994 gesticht. Het ligt in twee deelstaten en omvat 15.800 ha; het bestaat voor 95% uit bos. Er zijn zes verschillende vegetatiesoorten te onderscheiden, van subalpiene tot middengebergtebegroeiing. In het gebied liggen vele belangrijke mijnbouwkundige voorkomens, die nu beschermd zijn en waar hakken en graven dus verboden is.

Dankbetuiging

Deze zo recent mogelijke opsomming van geologisch/mineralogisch/paleontologische facetten van het Harzgebied kwam tot stand met gebruikmaking van de kennis en ervaring van velen: de samenstellers excursiegids Flexcursie 2002, Harz, Duitsland, van de VU; GEA-VIS; veldgegevens van diverse bezoekers, o.a. P. Kakes e.a. leden van de GEA-Werkgroep Optische Petrologie II; B. van der Heide van Kring Amstelland; W.R. van den Berg, C.D. van Loon; literatuur en internetsites.

Allen die meewerkten aan dit project willen wij hartelijk bedanken. Joke Stemvers-van Bommel, Martine van den Berg

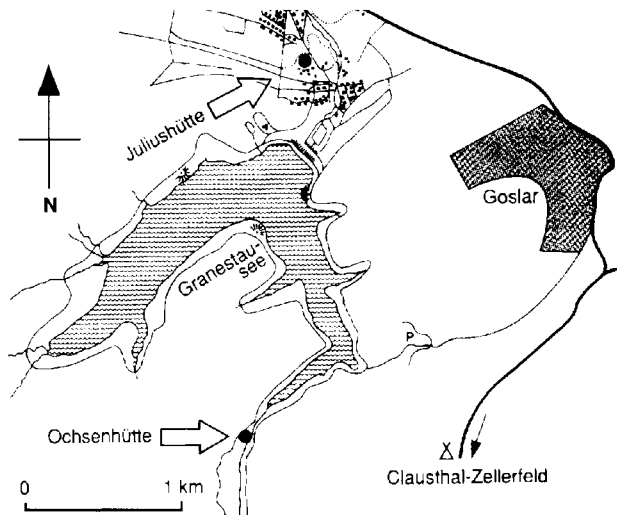
Slakken en slakkenhopen: de Ochsenhütte

Slakken zijn een bijproduct van de ertsverwerking. Ze bestaan uit gesteenteresten, kleine hoeveelheden mineralen en eventueel bij de ertsverwerking gebruikte toeslagmiddelen. In deze slakken zijn door oxidatie van lood, koper en zink, maar ook van andere mineralen, die als bijmenging in het erts aanwezig waren, secundaire mineralen gevormd.

Verspreid over een groot deel van het Harzgebied zijn - soms al heel oude - slakkenhopen gevonden, waarvan de slakken afkomstig bleken te zijn van erts uit de Rammelsberg. In totaal zijn in de Harz honderden slakkenhopen gevonden, die in omvang variëren van slechts enkele m³ tot vele tienduizenden m³. Voor een goede oriëntatie in de Harz is een goede kaart met een schaal van 1 : 50.000 of nog beter 1 : 30.000 onontbeerlijk. Men kan de plaats van de slakkenhopen soms herkennen aan de afwijkende plantengroei. Er zijn een aantal planten die zware metalen heel goed verdragen. De bekendste hiervan is wel het zinkviooltje (afb. 18).

Een aantal grote slakkenhopen leent zich goed tot het zoeken van slakkenmineralen. Dit geldt bijvoorbeeld de slakkenhopen van de Ochsenhütte ten ZW van Goslar. Tussen de vele grauw

gekleurde slakken ter grootte van maximaal enkele centimeters komen ook grotere brokken van een of enkele decimeters lengte voor. Een deel van de kleine en grote brokken is groen/blauw gekleurd. In de holten van sommige hiervan bevinden zich kleine - meestal bijzonder fraai uitgekristalliseerde - mineralen. Het slakkenmateriaal is als regel zacht en gemakkelijk te splijten. De grote smelterij Ochsenhütte is productief geweest van 1300 tot 1573. Zowel Rammelsberger koper- als looderts is hier verwerkt, maar daaraan kwam een einde in een periode met aanvoerproblemen van het hout. De Ochsenhütte is wat lastig te bereiken en vraagt een wandeling van ca. 25 minuten. Afb. 21. De wandeling gaat echter door een fraai bosgebied, waarbij men een schitterend uitzicht heeft. U verlaat Goslar zuidwaarts in de richting van de Konigsberg. Na ca. 3 km, nog voor de berg, is er



Afb. 21. Ligging van de Ochsenhütte bij Goslar.

een grote parkeerplaats. Vervolgens gaat u lopend over een onverharde weg parallel aan de zuidwestelijke arm van de Granestausee. Hiervoor moet u wel eerst een stukje bergafwaarts lopen. Aan het einde van de Granestausee, waar de Granebach in het meer uitmondt, ligt de grote, afgevlakte storthoop. De beste vondstmogelijkheden zijn achteraan op de storthoop, waar na enig spitwerk gekleurde slakken aangetroffen kunnen worden. Vergeet niet na het zoeken de gemaakte gaten weer netjes dicht te gooien!

Enkele mineralen die bij de Ochsenhütte kunnen worden verwacht:

Serpieriet; $\text{Ca}(\text{Cu},\text{Zn})_4[(\text{OH})_3/\text{SO}_4]_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$; zie de voorplaat. Komt veel voor als plaatvormige, soms vezelige, lichtblauwe kristalletjes. Op de Julius-hütte en in mindere mate ook op de Ochsenhütte kunnen prachtige, orthorhombische kristallen met eindbegrenzing worden gevonden, die felblauw gekleurd zijn. Meestal samen met gips.

Schulenbergiet; $(\text{Cu},\text{Zn})_7[(\text{OH})_5/\text{CO}_3/\text{SO}_4]_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$; zie de achterplaat. Dit naar Ober-Schulenberg genoemde mineraal is perfect uitgekristalliseerd te vinden op de Ochsenhütte. Het lichtblauwe mineraal vormt matte, hexagonale blaadjes, die zijn vergroeid tot roosjes (tot 3 mm). Met linariet, brochantiet, ramsbeckiet.

Gips; $\text{Ca}[\text{SO}_4] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Overvloedig aanwezig op alle slakkenhopen; zowel transparante, monokliene als meer naaldvormige kristallen zijn waargenomen; tot 3 cm.

Linariet; $\text{PbCu}[(\text{OH})_2/\text{SO}_4]$; afb. 22. Helderblauwe, brede, prismatische en ook wel naaldvormige, in bosjes gegroepede kristallen, tot 5 mm. Kan verwisseld wor-

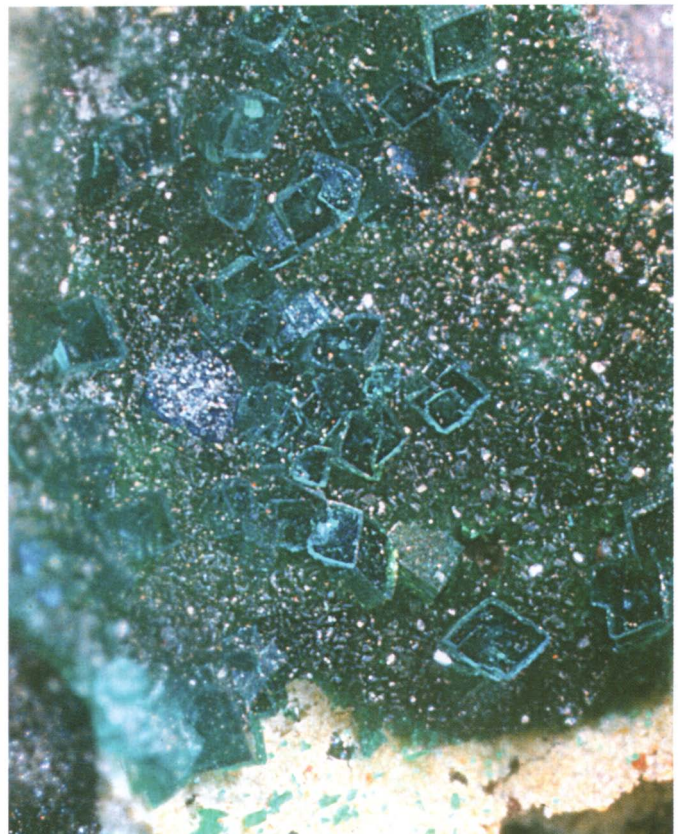


Afb. 22. Linariet (helblauw) en langiet (blauwgroen). Harz; 4 mm.

den met azuriet, dit laatste mineraal is echter zeer zeldzaam in de slakken van de Harz. Op de Ochsenhütte komt veel mooie linariet voor, samen met malachiet, brochantiet en ramsbeckiet.

Ramsbeckiet; $(\text{Cu},\text{Zn})_7[(\text{OH})_5/\text{SO}_4]_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$; afb. 23. Ook van de Ochsenhütte. Het flessengroene, glasachtige mineraal bestaat vaak uit korstjes, maar bij goed zoeken kunnen tot 1 mm grote, op wiebertjes lijkende kristalletjes worden gevonden. Dit interessante mineraal komt samen voor met connelliet, cupriet, langiet, schulenbergiet en brochantiet.

Wim van den Berg, Cees van Loon



Afb. 23. Ramsbeckiet, beeldbreedte 3 mm.