

Geologische indrukken van het Bregenzerwoud

door P. Lapperre

Als men vanaf het meer van Konstanz de stad Bregenz binnenrijdt kijkt men op tegen de eerste bergen van het Vorarlgebergte, het negende land van de republiek Oostenrijk. Iets ten Oosten van de stad Bregenz begint de streek die aangeduid wordt met de naam Bregenzerwoud, een streek die de indrukwekkendheid van het hooggebergte paart aan de liefelijkheid van glooiende hellingen met uitgestrekte bossen en daartussen brede open dalen. De grenzen lopen over de dorpjes Bödele en Alberschwende in het westen, naar Schröcken, Schönenbach en Sibratsgfall in het oosten.

Een toeristisch gebied voor de liefhebber, dat zich tot nu toe als een der eenvoudigste en rustigste van Oostenrijk heeft kunnen handhaven.

Het vormt het grensgebied tussen de ketens van de Alpen zelf en het Voorland, een omstandigheid die menig interessant verschijnsel met zich mee brengt.

Alvorens te komen tot een oppervlakkige beschrijving van het gebied is het onvermijdelijk eerst terug te keren tot het ontstaan van de Alpen in het algemeen.

Enerzijds daar zich hier een unieke gelegenheid voordoet verschijnselen uit de algemene geologie in de ruimste zin in het veld te bestuderen, anderzijds daar zonder kennis te nemen van de opbouw der Alpen een inzicht in de verschillende formaties onmogelijk is.

De Alpen.

Daar, waar nu de Alpen omhoogrijzen bevond zich vroeger de zee, met een geschatte breedte van 600 tot 1000 km. Heden ten dage bedraagt een afstand als die van Zürich naar Bellinzona ongeveer 140 km., men zal zich dus kunnen indenken over wat voor een afstanden er een samenpersing moet hebben plaats gevonden.

Deze oorspronkelijke zee nu, een enorme geosynclinale, werd langzaam maar zeker opgevuld met de afbraak-producten van oudere plooiingen en formaties. Tegelijkertijd met de opvulling van deze synclinaal werd zijn centrum door convectiestroom-verschijnselen in het onderliggende Simamagma omlaag getrokken en kwamen de vastelandranden naar elkaar toe. Steeds dikkere pakketten sedimentgesteenten werden afgezet tot het moment dat de oppervlakte vernauwing te groot werd en enorme gesteentemassa's uit zee omhoog rezen. De oude hercynische massieven waren heuvelland geworden en uit hun erosieproducten was een nieuw gebergte ontstaan.

In de cyclus van de gebergtevorming kan men verschillende fasen onderscheiden, welke eenvoudigheidshalve terug te brengen zijn tot drie hoofdfasen, te weten een geosynclinale fase, een archipelfase en een plooiings- en dekbladfase.

a. geosynclinale fase.

Een grote geosynclinale wordt opgevuld met verweringspuin van oudere gebergten. Door de convectiestroom wordt het Sial langzaam naar beneden getrokken, de sedimentatie blijft echter vrijwel gelijke voet houden met deze daling. Enorme gesteentemassa's zetten zich af tot soms een dikte van 10 km.

b. Archipelfase.

De geosynclinale vernauwt zich nu in snel tempo en de sedimenten worden omhoog geperst en komen boven de zeespiegel uit. Direct valt de erosie echter deze gebergte-eilanden aan en de eerste nieuwe verweringsgesteenten ontstaan. Als hedendaags voorbeeld van dit stadium neemt men de Indische Archipel.

c. Plooiings- en dekbladfase.

De randen van het vaste-land (continentranden) komen nog dicht-er naar elkaar en de laatste resten van de zee moeten wijken voor het snelgroeïende gebergte. Door ruimtegebrek schuiven enorme gesteentepakketten geheel over elkaar heen over afstanden van vaak tientallen kilometers. Deze laatste fase wordt afgesloten met een verticale opheffing van het gehele plooiingsgebied, wat te verklaren is door het verschil in soortelijk gewicht tussen het Sial en Sima, respectievelijk 2.7 en 3.5, waarop de wet van Archimedes van toepassing is.

Nu is het in werkelijkheid niet zo, dat men te doen heeft met eenmalige fasen en bewegingen. Er waren perioden van trans- en regressie, van grote oppervlakten land en enorme oppervlakten zee. Uiteindelijk resulteerden zij echter in de drie bovengenoemde fasen.

De vasteland-randen in bovenstaande theorie genoemd, worden gevormd door het Afrikaanse continent in het Zuiden en de Vogezen, Zwartewoud en boheemse Massief in het Noorden. De laatste drie vormden zo als het ware een stootkussen voor de huidige Alpen.

Grote systeemplooiingen zijn meestal tweestammig, dwz. de uitgeperste gesteentemassa's bewegen zich in twee richtingen, nl. de Alpen noordwaarts en de Dinariden zuidwaarts. Deze opheffingen en de daarop volgende plooiingen zijn geenszins eenmalig want de wordingsgeschiedenis der plooiingsgebergten is een cyclus van opheffing en afbraak, water en vasteland, in een eeuwig elkander concurrerende strijd.

Uit de grafische tijdschaal blijkt dat de vele gebergtevormende perioden elkaar afwisselden om voor ons in het begin van het Trias werkelijk interessant te worden. In het Trias, Jura en Krijt namelijk wordt de grote geosynclinale waaruit later de Alpen zullen groeien geleidelijk met erosieproducten opgevuld. Om dan in het Midden-Krijt opgeheven te worden en vier grote gesteentezones te vormen, te weten de Helvetische-, de Penninische-, de Oostalpine- en de Dinarische zone. Nog steeds worden de plooiingen door de zee omgeven, zij beginnen echter nu over elkaar heen te schuiven, zo zeer zelfs dat de Penninische gebieden bijna geheel bedekt worden door het Oostalpine dekblad. De zee van het Eoceen echter knaagt alweer aan de pas verrezen bergen en aan de voet zetten zich zandstenen, kalkstenen en leien af, de zgn. Flysch. De naar het Noorden opdringende plooiën bedekken het grotendeels en plooiën en het bovendien.

Een tweede fase van verweringsgesteenten wordt gevormd door de Molasse, meestentijds grove, maar ook fijnere afzettingen. De vooral in Zwitserland aan de dag tredende "Nagelfluh" is een voorbeeld van grof conglomeraat.

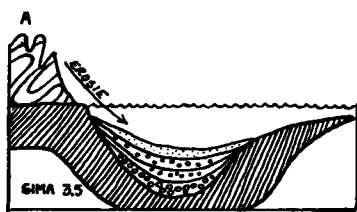
Niettegenstaande de gecompliceerdheid van alle fasen moeten we ons de Alpen in het begin van het Tertiair nog niet anders voorstellen dan hoogstens een middelgebergte. Niet overal ook vond de opheffing en vorming der gesteenten op dezelfde tijd plaats. De immense kalksteenpakketten behoren b.v. in de Oostalpen meestentijds tot het Trias terwijl in de Westalpen de Jura en het Krijt het grootste aandeel hebben gehad. Bovendien is het waarschijnlijk dat de opheffing in het Oosten eerder heeft ingezet dan in het Westen. Pas in het Pliocene wordt de uiteindelijke verticale opheffing een feit en houden de plooiende krachten op. Nu is het wel zo, dat wat wij heden ten dage van de Alpen te zien krijgen alweer zwaar aangevreten is door de altijd doorgaande erosie. Om een idee te krijgen van de oorspronkelijke hoogte kan men de hoogste toppen met elkaar verbinden en een zgn. "Gipfelflur" construeren, die men dan als de oorspronkelijke erosiebasis betitelt.

Buiten beschouwing gelaten werden in deze toch al lange inleiding de intrusies van kristallijne gesteenten in de plooiingsgebieden van de Alpen zelf en de breukgebieden van het Voorland.

Schematische sterk vereenvoudigde voorstelling van het ontstaan van plooingsgebergten.

Fig. 1

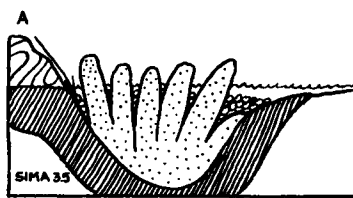
Geosynclinale fase.



■ sial 2.7
A. Oude Hercynische gebergte.

Fig. 2

Archipelfase.



■ sial 2.7
A. Oude hercynische gebergte.

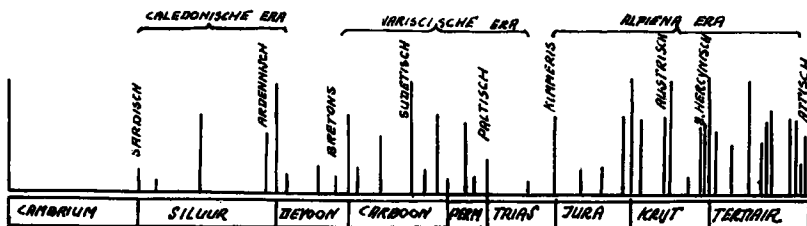
Fig. 3

Plooings- en dekblad fase.



■ sial 2.7
A. Oude Hercynische gebergte
B. Middellandse zee
I. Helvetische dekblad
II. Penninisch dekblad
III. Oostalpine dekblad
IV. Dinariden.

Fig. 4



Grafische tijdschaal naar Stille.

De hoogte der verticale lijnen geeft de opheffingsgraad der verschillende plooingen.

Vele theorieën worden nog bestreden, maar vast staat dat de ontwikkeling van de dekblad-theorie het mogelijk heeft gemaakt een weg te vinden in de eerst zo chaotisch lijkende opbouw der Alpen. Toch moet hierbij aangetekend worden dat vele stellingen door het uitgebreid onderzoek der laatste jaren alweer aan het wankelen zijn gebracht. Zo veronderstelt men geen éénmalige enorme dekbladen meer, zoals bv. het Oostalpine blad, maar een grote reeks van kleinere overschuivingen.

Het Bregenzerwoud.

Het Bregenzerwoud zelf is een gebied dat een grote mate van gevarieerdheid vertoont. In de eerste plaats zoals reeds gezegd door het in elkaar grijpen van de Noordelijke Kalkalpen de Flysch en de Molasse, ook echter, en dit is wel zo interessant, doordat het tegen het Alpen Voorland van Allgäu en Oberschwaben ligt.

Door de enorme druk ontstonden er breuken in dit gebied met het gevolg dat het magma zich door de sedimenten heen kon dringen en gangen vormde zoals bij het meer van Konstanz en Hegau. Kristallijne gesteenten dus, hoofdzakelijk bestaande uit granieten en diorieten.

Intrusies als genoemd ontbreken in het Bregenzerwoud zelf. Wat betreft de geologische opbouw van het landschap is het goed een verdeling te maken tussen de zones van het Flysch-Molasse gebied in het Noorden en de eigenlijke kalksteenplooingen in het Zuiden. Landschappelijk springen namelijk deze gebieden direct in het oog. De Molasse-Flysch is gekenmerkt door sterke erosie, wijde dalen en glooiende hellingen terwijl de kalkgesteenten echte alpinegebergten opbouwden met naakte rotsen en steile wanden. Dit hoogteverschil is niet alléén het gevolg van verschillende bouwstenen, doch ook van de hevigheid van de plooiing, die natuurlijk maar de alpenrand toe dus naar het noorden aanzienlijk in sterkte afneemt.

Noord-Bregenzerwoud.

We bevinden ons hier op de uiterste grens van de Alpenboog, in een gebied waar de tektonische verschijnselen het jongst zijn. Dat houdt in dat enorme massa's verweringsgesteenten van eerder opgeheven delen hier tot Flysch-afzetting zijn gekomen, met name de Flysch en de Molasse. De aanduiding Flysch is afkomstig van het woord "fliessen", en bevat een grote groep gesteenten van vaak kleihoudende aard. Bij volledige verzadiging met water hebben deze de eigenschap om te gaan afglijden en verschijven.

De stratigrafie van deze afzettingen leverde in het verleden grote moeilijkheden daar de lagen zeer fossiel-arm zijn en pas in de laatste tien jaren is men er in geslaagd bevredigende resultaten te bereiken.

Een volgende stratigrafische indeling moge houvast geven bij de verdere beschrijving van het Flysch-gebied.

I. Kristallijne gesteenten

deze komen alleen voor als rolstenen in het Flysch zelf.

II. Trias

In het Bregenzerwoud van weinig betekenis.

III. Jura

Dit treedt alleen plaatselijk als klippen op en is als volgt onderverdeeld:

a. Lias

Hoofdzakelijk bestaand uit de zgn. Grestenerschichten, strandfacies van de Oostalpine geosynclinale.

b. Dogger

c. Malm

Aptychenkalken met hoornsteen.

IV. Onder Krijt

De onderverdeling hiervan verloopt vrijwel gelijk aan die van de Helvetische zone, welke later in dit artikel wordt gegeven. Hoofdzaak is de scheiding van Tristelschichten en Gault. Beide gekenmerkt door glauconiethoudende gesteenten.

V. Boven Krijt.

Als hoofdgesteente treedt op de tot 150m. dikke Leimernschichten. Deze worden weer afgedekt door de zgn. Wildflysch of Ofterschwangerschichten.

VI. Eoceen.

Komt niet voor in het Flysch van het Bregenzerwoud.

VII. Basische uitvloeiingsgesteenten.

Komen niet voor in het Bregenzerwoud.

Behalve de stratigrafie is ook de tektoniek van het Flysch onontbeerlijk voor een verder begrip van het gebied. De Flyschafzettingen bestaan uit drie dekbladen.

I. Liebensteiner Decke.

Deze is alleen behouden in de vorm van resten van de Leimernschichten en Wildflysch.

II. Sigiswanger Decke.

III. Obersdorfer Decke.

Elk van deze dekbladen is afgezet in een afzonderlijke trog, welke gescheiden werd van de volgende trog door een drempel, deze zijn als conglomeraten bewaard gebleven.

Merkwaardig is dat de oppervlakte-vernauwing van dit gebied veel groter is geweest dan dat van de Alpen in het algemeen. Al tijdens het Krijt namelijk werd het geheel samengedrukt van 225 km. tot 150 km. Tijdens de vroeg Tertiaire dekbladoverschuivingen vond een verdere vernauwing plaats tot 25 km. wat erop neer zou komen dat de Flysch drie maal meer aan ruimte zou hebben verloren dan de Alpen zelf.

De Flyschzones zijn in het Bregenzerwoud goed bewaard gebleven, alleen in het stuk tussen Sibratsgfall en het Illertal komen tektonische klippen voor van vreemde gesteenten. Bijvoorbeeld de Aptychenkalken van de Feuerstätterkopf en het Bolgenconglomeraat de discussie over de herkomst hiervan beweegt zich nog op te speculatief vlak om een verantwoorde conclusie te kunnen trekken.

Molasse.

De naamgeving stamt uit Zwitserland en oorspronkelijk duidde men hier een groep van zachtere zand en leistenen mee aan. Meer algemeen zijn het gesteenten die het middenland der Noordalpen hebben opgebouwd.

Alleen in het Bregenzerwoud ontwikkelden zich hieruit bergen van werkelijk alpine karakter. De grootste breedte van de Molasse bedraagt bij Allgäu circa 17 km. en is bij Bregenz het smalst nl 6 km.

Sub Alpine molasse.

Deze begint met klei en mergel afzettingen uit het Rupel. Daarover liggen de bonte Weissachsichten met Nagelfluh uit het Katt. De jongere afzettingen bestaan afwisselend uit Kojenschichten uit het Aquitan en Burdigal. Dit alles is afgedekt met enorme massa's Nagelfluh.

Stratigrafie:

I. Pliocene a. Levantin

b. Daz

c. Pannon

II. Mioceen

a. Sarmat

b. Torton. Afzettingen van zoetwatermolasse.

c. Helvet.

d. Burdigal. Transgressie periode. Schlier en zandsteen.

III. Oligoc.

a. Aquitan

b. Katt

c. Rupel. Transgressie der zee. Zandstenen, conglomeraat.

Tot zover wat betreft de stratigrafie en de tektoniek der noordelijke Flysch- en Molassezone.

Dit Noordelijke deel van het Bregenzerwoud is gemakkelijk toegankelijk, ook voor de gewone wandelaar. Als men op de Winterstaudegipfel staat en men kijkt in noordelijke richting dan ziet men een breed en open dal tussen de Pfänderketen (Oligoceen, Aquitan) en de Winterstaudezug.

Dit bekken is grotendeels opgevuld met enorme massa's Flysch en Molasse waarop ondermeer de dorpjes Hittisau, Sibratsgfall en Ittensberg liggen. Hier en daar heeft in het dal een gesteentepakket langer weerstand kunnen bieden aan de erosie, zoals bv. de Hittisberg, geheel opgebouwd uit Nagelfluhconglomeraat. Grote, overwegend licht gekleurde kalkrolstenen met als kitmiddel sterk roodachtige kalk.

Ook ziet men naar het Noorden de hoogste rand van de Alpen, gevormd door de Hochhäderisch (1668), de Hochgrat (1883) en de Rindalphorn (1882). Wij hebben hier te doen met Oligocene Molasse van zeer grove aard, afgewisseld met lagen kalk- en zandsteen van geringe dikte. Het geheel is vrij sterk geplooid, in tegenstelling tot de meer noordelijk afgezette Miocene lagen. Parallel aan deze keten lopen de toppen van de Sulzberg, die op gelijke wijze zijn opgebouwd.

Bij de beklimming van de Hochhäderich vanuit het dorpje Hittisau krijgt men een mooi inzicht in de deformatie die de Molasse hier heeft ondergaan. Opvallend zijn vooral de overwegend naar het noorden gerichte plooingen van langgerekte aard. Over een betrekkelijk smalle richel bereikt men van hieruit de Hochgrat, waarvan men een schitterend uitzicht heeft over het enkele honderden meters lager gelegen Allgäu en pas dan beseft men des te indringender te staan op de uiterste rand der Alpen: het dak van Europa.

In samenhang met deze noordelijke Flysch en Molasse komen weer enkele gesteenten voor die niet direct zijn thuis te brengen, nl. Jurageesteenten en grafiethoudende afzettingen. Naar alle waarschijnlijkheid moeten we deze beschouwen als verspreide resten van een ge-erodeerd dekblad der Helvetische zone.

En met die Helvitische zone maken wij kennis met een derde groep van gesteenten, totaal verschillend van de vooraangaande Flysch en Molasse: het Helveticum.



Foto's P. Lapperre.

Grens tussen Helveticum en Molasse in de bedding der Brengenzache. Links grof conglomeraat en rechts repetitiege-laagdheid van leisteen en kalk uit het Helveticum.



Mittagspitze bij Damüls.

Echt alpine-gebergte van het Helveticum.

Zuid en Midden Bregenzerwoud.

Een der veel bestudeerde en fraaie dekbladoverschuivingen van de Helvetische Alpen, nl. die van het Noord Zwitserse Sântisgebied vindt zijn voortzetting in het Bregenzerwoud. Dit dekblad verdeelt dan ook de Flysch in een noordelijk en in een zuidelijk deel, waartussen echter weinig of geen stratigrafische verschillen bestaan.

De verste uitloper van het Sântisgebied reikt totaan het dorpje Schopponau, daarachter gaan noordelijke en zuidelijke Flysch weer in elkaar over.

Het Helveticum vormt in het Bregenzerwoud een morfologisch volkomen zelfstandig gebergte dat sterk verschilt met bv. de Noordelijke Kalkalpen. Oorzaak hiervan is het ontbreken van dolomiet als bouwsteen, met hiervoor in de plaats een afwisseling van kalk- en mergelafzettingen. Bovendien treedt de buitengewoon gelijkmatige plooiing in het oog, de lengte van het totaal bedraagt circa 16km.

De stratigrafie komt grotendeels overeen met die van de Flysch de voornaamste verschillen zijn hieronder aangegeven.

- I. Kristallijne gesteenten
Deze komen niet voor.
- II. Trias
Van geen betekenis.
- III. Jura
Malm. Donkergrijze gelaagde kalken, de zgn. Quintnerkalk.
- IV. Onder Krijt.
Bijzonder rijk aan fossielen.
 - a. Gault. Glauconiethoudende zandstenen rijk aan fossielen.
 - b. Apt. Schrattenkalk met Requienia ammonia.
 - c. Barrême. De zgn. Drusbergschichten.
 - d. Hauterive. Kiezelkalken met Toxaster complanatus
 - e. Valendis. Mergelachtige gesteenten met aptychen.
- V. Boven Krijt
In tegenstelling tot de Noordelijke Kalkalpen bestaat er in de Helvetische zone geen diskordantie tussen Boven en Onder Krijt.
 - a. Cenoman. Tot 2 meter dikke lagen met Turritulites
 - b. Turon. Tot 20 meter dikke Seewerkalken
 - c. Onder Senoon. Tot 200 meter dikke Leistmergel
 - d. Boven Senoon. Wangschichten en zandige mergelgesteenten.
- VI. Eoceen
Glauconiethoudende gesteenten.
Nummulitenkalk bij bv. Dornbirn.
- VII. Basische uitvloeiingsgesteenten.
Afwezig.

Landschappelijk behoort het Helveticum zeer zeker tot de echte alpinegebergten vormende perioden. In de omgeving van de Kanisfluh (2014) en de Mittagspitze (2040) is het dekblad zo sterk geplooid dat de jongere lagen er sneller zijn ge-erodeerd en er Quinterkalk aan de oppervlakte komt. Merkwaardig is in dit verband dat vele toppen aan de noordzijde steil aflopen en zo vaak tot 100 meter hoge loodrechte wanden vormen, de zgn. "Wandstufen". De zachtere lagen hebben glooiende hellingen daartussen kunnen vormen.

Als mooie voorbeelden hiervan zijn te beschouwen de Kanisfluh bij Schnepfau en de Hoher Ifen bij Schönenbach. Zoals reeds gezegd vormt het Helveticum een voortzetting van dat van Zwitserland dat daar gescheiden is in twee delen door de Amdener Mulde, te weten het gebied van Churfürsten en het Sântisgebied.

Deze tektonische elementen zijn ook terug te vinden in het Bregenzerwoud. Er ligt hier een Mulde van Fraxern over Bizau naar het Rohrmooser Tal, het noordelijk van deze Mulde gelegen smallere deel der Helvetische zone is de voortzetting van het Sântisgebied het ten zuiden daarvan gelegen deel dat van de Churfürstengroep.

Tektoniek van het Helveticum.

Naar Em. Kayser.

<u>Krijt</u>	Boven Krijt	Senoon
		Emscher
		Turon
		Cenoman
	Onder Krijt	Gault
		Neokom
<u>Jura</u>	Malm	
	Dogger	
	Lias	

Andere formaties treden niet aan de oppervlakte, maar zijn volgens boringen wel in de ondergrond aanwezig.

Het uiterste grensgebied van het Bregenzerwoud.

Achtereenvolgens zijn we met onze geologische Landschapsbeschrijving van het uiterste Noorden afgezakt naar het diepste Zuiden. Uit de Duitse Landstreek Allgäu omhoogklimmende naar de ketens van Hochgrat, Häderich en Rindaphorn hebben we kennis gemaakt met de Molasse-afzettingen, verder zuidwaarts met die van de Flysch. Halfweg rezen toen uit de betrekkelijk glooiende Flysch-massa's de toppen van het Helveticum met als hoogste punten de Kanisfluh en de Mittagspitze, daarachter lag weer het Flysch, nl. de zuidelijke zone van het Bregenzerwoud.

In het uiterste grensgebied van het Zuid Bregenzerwoud nu, duikt achter de Unsen bij het dorpje Hopfreen een geheel nieuwe formatie van bergketens op, zo hoog dat men er meestentijds wel sneeuwvelden kan zien glinsteren.

De Widderstein is met zijn 2536 meter de hoogste, zij het niet mooiste, formatie. De Kunzelspitze echter en de Zitterklapfen (2437) behoren tot de imposantste en mooiste bergen uit het grensgebied, die vooral bij minder goed weer menig alpinist nog ontzag inboezemen.

De oorzaak van het aanzienlijke hoogteverschil met het overige deel van het Bregenzerwoud is niet alleen het hoger opgeheven zijn naar de Alpen centraal toe, maar vooral het verschijnen van een nieuwe bouwsteen: de dolomiet.

We hebben hier te doen met de noordelijke uitlopers v.d. Noordelijke Kalkalpen. Na de Flysch, de Molasse en het Helveticum, de vierde zelfstandige eenheid in het Bregenzerwoud.

Stratigrafie.

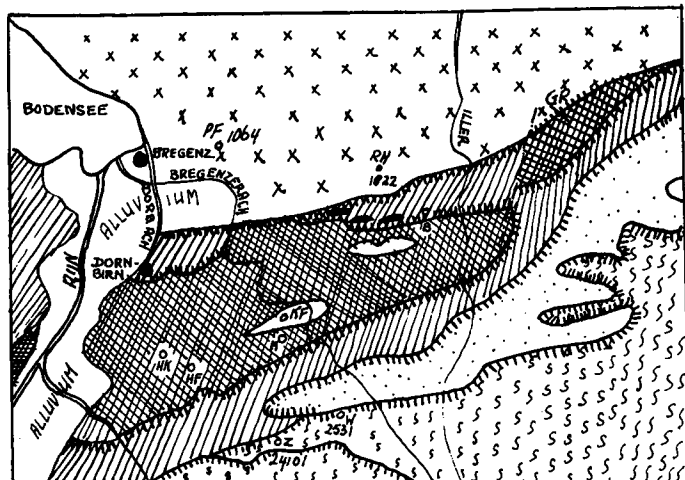
<u>Trias</u>	Skyt	Prebichlschichten, d.i. het brandingsgruis van de opdringende Triaszee. Werfenschichten, zandstenen rijk aan muscoviet	
	Anis	Invloed van de kust is gereduceerd. Kalken.	
	Ladin	Partnachsichten, opvallend door mooie gelaagdheid, Arlbergschichten + Wettersteinkalk.	
	Karinth	Zand + kleien. Gipsafzettingen.	
	Nor	Geen zanden en kleien meer, maar kalkgesteenten. Hoofddolomiet en Dachsteinkalk.	
	Rhät	Kössenerschichten. Donkerdere gesteenten door toename van de organische stof.	
<u>Jura</u>	Lias	Grestenerschichten.	
		Fleckenmergel met grijze kalken en mergel-lagen.	
		Kiezelkalk met hoornsteen en knollenkalk.	
		Hirlatzkalk (rood of wit).	
		Bonte cephalopodenkalklagen.	
	Dogger	Komt nog minder voor dan de Lias.	
	Malm	Onder Malm	radiolarieten.
		Boven Malm	aptychenkalk, d.i. mergelachtige dun gelaagde kalk.

<u>Krijt</u>	Onder Krijt	Neokom. Neokom en Aptychenkalk gaan meestal geleidelijk in elkaar over.	
		Series van grijze mergelgesteenten.	
		Rossfeldschichten.	
	Boven Krijt	Cenoman	
		Gosauschichten.	
	Tertiair	Niet belangrijk.	

SCHEMATISCHE OVERZICHTSKAART

V.H. BREGENZER-WOUD.

Rh Rindalpf Horn
Pf Pfänder
GR Grünten
B Bolgen
Kf Kanisfluh
M Mittagspitze
Hk Hohe Kugel
Hf Hoher Freschen
W Widderstein
Z Zitterklapfen



FLYSCH.
 ALLGÄUDECKE.
 TECTONISCHE KLIPPEN.
 HELVETICUM.
 LECHTALDECKE.
 MOLASSE
 MALM.
 OVERSHUIVINGS-RANDEN.

NAAR VERMESSUNGS-ART
 BADEN. WÜRTTEMBERG 1953
 OF
 F. X. Schaffer 1951

Het meest opvallende gesteente van de Noordelijke Kalkalpen in het Bregenzerwoud vormt wel de eerst genoemde dolomiet. Dolomiet ontstaat uit gewone kalk onder inwerking van het zeewater, waarin immers $MgCl_2$ in oplossing is. De chemische formule luidt $CaCO_3 \cdot MgCO_3$.

Overigens kan men het ontstaan van de vele kalkstenen die reeds eerder ook genoemd worden, niet alleen verklaren door een toename van temperatuur en druk bij de sedimentatie. De kalkconcentratie in zeewater is nl. zo gering dat op normale neerslag niet is te rekenen, wel kunnen verschillende organismen bij hun schaalbouw kalk binden en later met hun skeletten de zeebodem bedekken.

Toch slaat er ook wel kalk rechtstreeks neer! Door de organismen wordt immers steeds meer $CaCO_3$ aan het water onttrokken, waardoor de concentratie aan zouten steeds hoger wordt. (b.v. $CaCl_2$ en $CaSO_4$). Als een organisme op de bodem van de zee afsterft dan zullen de eiwitten ontleden waarbij NH_3 vrijkomt, dat zich verbindt in het water tot $(NH_4)_2CO_3$. De kalk slaat dus in het organisme neer als volgt: $CaSO_4 + (NH_4)_2CO_3 \rightarrow CaCO_3 + (NH_4)_2SO_4$.

Verharding van het kalkslib is ook te verklaren door de werking van het door de organismen in omloop gebrachte CO_2 het zou echter te ver voeren al deze, zij het interessante, processen te verklaren.

Al is het dan de dolomiet die b.v. de Widderstein zijn hoge rotswanden heeft opgebouwd en dus de uiteindelijke vorm bepaalt, er komen in deze Kalkalpen-zone nog enige interessante gesteenten voor. Een daarvan is de Liasvlekkenmergel, die tussen de dorpjes Schröcken en Hochkrumbach aan de oppervlakte komt en daar, vlak tegen de dolomiet-reuzen, een afgeronder en glooiender landschap vormt.

Bij het stadje Lech komen melaphyren en tuffen uit het Ladin van het Trias aan de oppervlakte als laatste rest van vroegere vulkanische werkzaamheid. Zij vormen de enige basische uitvloeiingsgesteenten in het Bregenzerwoud.

De drie geschematiseerde profielen spreken voor zich zelf, zodat een verdere uitwijding daarover niet op zijn plaats zou zijn. De tektoniek van de noordelijke kalkalpen is een hele theorie apart en is gezien de kleine plaats die zij inneemt in het Bregenzerwoud het uitvoerig bespreken niet waard.

Ik wil er dan ook mee volstaan en alleen de drie hoofdfasen van beweging en plooiing aan te geven.

- a. Een plooiing in het Cenoman.
- b. Een dekbladoverschuiving en plooiing vóór de afzetting v.d. Gosaschichten.
- c. Een dekbladoverschuiving en plooiing tussen Onder- en Midden Oligoceen. (parallel aan de Pyreneeën fase).

Het laatste vormt de overschuiving v.d. Noordelijke Kalkalpen over de Flyschzone van het Bregenzerwoud.

Ampferer onderscheidt de volgende overschuivingsvlakken:

- a. Allgäudecke.
- b. Lechtaldecke.
- c. Innthaldecke.
- d. Krabachjochdecke.

De Allgäudecke ligt het noordelijkst tegen het Flysch en is sterk geplooid en verschoven. De Lechtaldecke schoof hier plaatselijk overheen met hoofddolomiet over Lias-vlekkenmergel.

En hiermede zijn wij aan het einde gekomen van de landschapsbeschrijving van het Bregenzerwoud.

Streven naar volledigheid is geenszins haar doel, liever dan dat te doen, wil ik nl. nog enige interessante waarnemingen en ontsluitingen afzonderlijk de revue laten passeren.

Erosie als tegenpool van plooiing en opheffing.

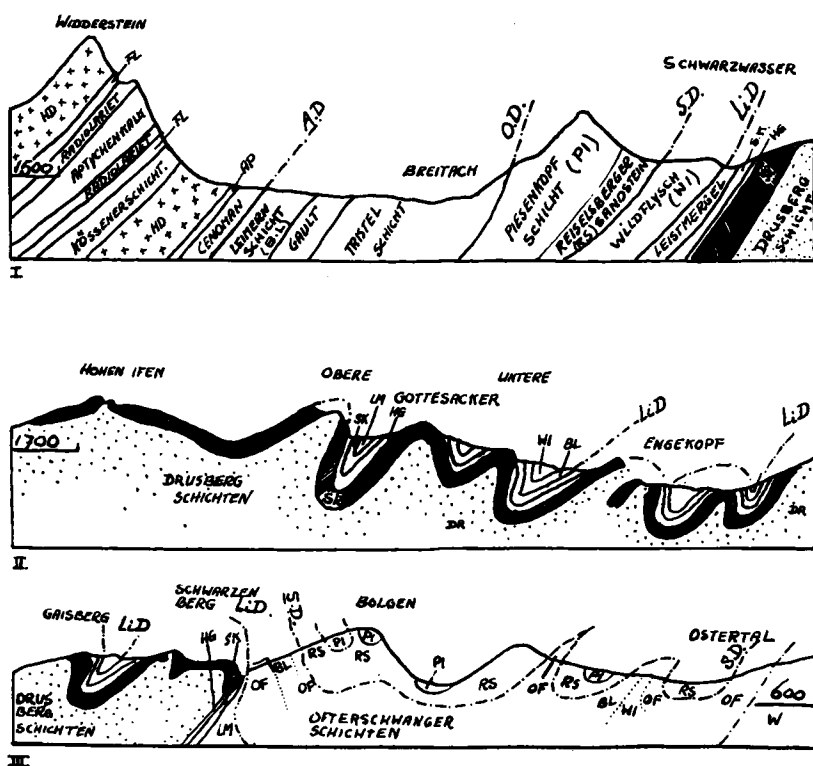
De vraag rijst al snel wat nu de uiteindelijke oorzaak is geweest van de huidige vorm der Alpen. In het midden gelaten welke factor nu primair is, kan men zeggen dat het landschap zoals dat voor ons ligt, een product is van de erosie: van de insnijding der rivieren en de dalvorming; van de enorme krachten van het ijs en van die specifieke eigenschap van kalk, dat het oplosbaar is in water.

Rivieren.

In het Bregenzerwoud hebben we te doen met de Bregenzerache, die ontspringt op de Hochtannenberg. De lengte van haar stroomgebied bedraagt een dikke 65 km. en het totale oppervlak dat hierop afwatert beslaat een gebied van 830 km².

Op weg naar haar uitmondingspunt in de Bodensee vlak bij Bregenz voegen zich vele kleinere rivieren bij haar, zoals de Bolgenach de Subersach, de Leckerach en de Weissach, de grootste zijrivier van de Bregenzerache.

Profiel door de Helvetische-zone en Flysch-zone van het Bregenzerwoud en Allgäu.



Het profiel bestaat uit drie delen. Boven het zuidelijkste deel en onder het noordelijkste.

Allgäudecke.

hd dolomiet
fl vleckenmergel
ap aptychenkalk

Helveticum.

hg gault
sk seewerkalk
lm leistmergel
sr schrattenkalk

Molasse

w weissachs-schichten

A.D. basis der Allgäudecke.
C.D. basis der Obersdorfer-decke.
S.D. basis der Sigiswanger-decke.
Li.D. basis der Liebensteiner-decke.

Totale lengte van het profiel bedraagt 24 km.

(Naar Richter 1937. Uit Geologie von Oesterreich 1951.)



Foto P. Lapperre.
Anticlinaalvleugel bij het
Rappenloch in de Dornbirnerache.

Er wordt veel materiaal meegevoerd door deze sterk terugsnijdende erosie, puin dat lager op de helling als natte kegels wordt afgezet.

Bijzonder fraaie voorbeelden van dit verschijnsel vindt men bij het dorpje Damüls, waar men zelfs de vorming van embryonale zijdalen kan waarnemen.

Het eenvoudige beekafvoer systeem.

Het dal van Lecknerach biedt een inzicht in een veel verder gevorderd stadium van erosie.

Vanaf zijn oorsprong aan de zuidelijke helling van de Hochgrat op ongeveer 1700 m. stroomt de Ache op 1600 m. door de Lecknersee om daarna in het dal van de Molasse, tussen de ketens van Häde-rich en Winterstaude, te verdwijnen.

Vanaf zijn oorsprong tot de uitmonding in de Bregenzerache heeft het riviertje een lengte van ongeveer 8 km. met een hoogteverlies van 800 m.

In de bovenloop hebben zich geweldige conglomeraatblokken (tot 20 m. hoog!) v.d. Molasse opgehoopt, maar dalinwaarts wordt de fractie steeds kleiner en hier is het ook dat men rolstenen van kristallijne herkomst kan aantreffen. Waarschijnlijk zijn deze afkomstig van de verschillende drempels, die de verschillende dekbladtroggen in het Helveticum van elkaar hebben gescheiden.

Het ligt voor de hand dat de beek in zijn huidige gedaante nooit de enorme massa's puin had kunnen vervoeren, vooral niet in de bovenloop. Dit transport zal dan ook moeten hebben plaats gevonden in de tijden dat het ijs zich terugtrok en de enorme smeltwater massa's een weg omlaag zochten.

Jaarlijks transporteert dit systeem 56.000 m³ afbraakproducten naar de Bodensee en als men daarbij nog rekent de hoeveelheden die jaarlijks door de Rijn hier tot afzetting komen, dan blijkt dat de Bodensee zich snel opvult met het puin van de Alpen en zo de synclinale vormt in de geweldige kringloop der gebergtevorming. .

We kunnen in het Bregenzerwoud alle stadia van erosie door stromend water terugvinden van zijn eenvoudigste tot meest gecompliceerde vorm.

De "Wildbach".

Dit verschijnsel kan men beschouwen als het jongste en hevigste erosieverschijnsel en het is specifiek voor het hooggebergte. Bij zware regenval ontstaan plaatselijk op alle steile hellingen spontane waterafvoersystemen van eenvoudige aard. De snelheid van het afgevoerde water in deze systemen is sneller dan de max. voortplantingssnelheid der golven en men spreekt hier van de "Überwellengeschwindigkeit".

De "Mure".

Het begrip Mure is het beste te vergelijken met de bekende laharstromen uit de tropen. Tijdens zware en vooral langdurige regenval neemt het beekwater steeds meer gruis en puin op, hoewel water steeds het hoofdbestanddeel blijft vormen.

Soms gaat deze afvoer echter zo ver dat de totale hoeveelheid water wordt overtroffen door de massa's meegevoerd puin. Door de hier-op-volgende heftige ablatie (dit is erosie van het losse materiaal in een waterloop) wordt de gehele bedding dan meegevoerd en de naakte ondergrond komt te voorschijn. In de aldus gevormde brijachtige massa kunnen zelfs door het verschil in soortelijk gewicht zware rotsblokken boven komen "drijven".

De Mure is een gevreesd verschijnsel in de Alpen door zijn niets ontziende kracht. Als zo'n modderstroom een keer in beweging komt vernietigt het alles wat het op zijn weg vindt, van grote oppervlakten bos, tot bruggen, huizen en wegen. In het voorjaar van 1965 kwam tussen Hirschgund en het dorpje Sibratsgfall een grote Mure omlaag, die daar nog jaren zal getuigen van haar enorme kracht.

Verskillende erosievormen.

De hevigheid van de verschillende erosievormen blijkt afhankelijk te zijn van het verval, de regenhoeveelheid, en vooral van het materiaal waaruit de ondergrond bestaat.

Het beddingmateriaal speelt dan ook een overwegende rol en er bestaat een in het oog springend verschil tussen de erosievormen van Flysch en Molasse enerzijds en het Helveticum en Noordelijke Kalkalpen anderzijds.

In het eerste gebied hebben zich wijde dalen gevormd met brede terrassen, b.v. het dal van de Lecknerach en de Bolgenach, terwijl in de hardere kalkstenen en de dolomietmassa's nauwe kloven werden uitgeslepen, met als voorbeeld de Dornbirnerasche en de bovenloop van de Bregenzerache.

De Dornbirnerasche snijdt zich, na door de Staufensee gestroomd te zijn, diep in het kalkgesteente van het Helveticum in. Twee dingen vallen hierbij direct op en wel ten eerste de prachtige aansnijding van anti- en synclinalen en ten tweede de vele vormen en variaties van "Strudelkessel", die men er kan bewonderen. Vooral de omgeving van het Rappenloch blinkt in dit opzicht uit.

Het ontstaan nu van deze zgn. Strudelkessel kan niet alleen worden verklaard door de zuivere mechanische werking van het water alleen, hoe groter nl. het percentage zand en andere bestanddelen is, hoe groter de kracht van deze zandstraal zal zijn. Daar waar door daltrappen of instortingen watervallen zijn gevormd zal het water neren gaan vormen (neren zijn draaikolken, die aan hun buitenkant de grootste snelheid hebben). Deze neren versterken het zandstraaleffect en slijpen zodoende diepe kolken uit. Een tweede prachtig voorbeeld van zo'n kolk bevindt zich in het Märchenwald iets ten zuiden van Sibratsgfall op de weg naar Schönenbach-Vorsäß.

De meander, laatste fase der rivier erosie.

De meander, die we zo goed kennen van onze eigen lage landen, hoort eigenlijk niet thuis in het hooggebergte, ware het niet dat de Subersach in de bovenloop vlak bij de oorsprong bij de Haloen Hoch Alm een uitzondering maakt.

Op grote hoogte wordt het water nl. even voor het Gerachsattel gedwongen over een vrijwel vlak terrein zijn weg te zoeken en vormt daarbij duidelijke meanders (7 stuks met een afsnijding) met convexe en concave oevers. Duidelijke sedimentatie in de binnenbochten (fractie fijn/grof grind) en afkalving in de buitenbochten.

Erosie door chemische processen.

Water is niet alleen een mechanisch werkende erosiekracht, zoals uit het voorafgaande zou zijn op te maken, water maakt echter ook chemische processen mogelijk, waarvan de karst wel de meest bekende en de aansprekendste is.

Als men vanuit het dorpje Schönenbach de klim naar de Schwarzwasserhütte en de Hohen Ifen begint, bevindt men zich aanvankelijk nog in de zone van de conglomeraten der Molasse, al snel gaat men echter steil omhoog de kalkgebergten van het Helveticum in. Op 1400 m. iets boven het Gerachsattel vertoont de kalk aan de noordhellingen een sterke en uitgesproken gelaagdheid en na een klim over de begroeide zuidhelling van de Hohen Ifen staat men ineens, eigenlijk na zo'n lange tocht nog onverwachts, op de top.

Van hieruit kijkt men neer op een hoogvlakte die het meest grillige en indrukwekkende erosiebeeld biedt dat men zich indenken kan: de hooggebergte karren.

Het bovenste deel van het plateau heet de Obere Gottesacker. daaronder liggen de Untere Gottesacker.

Het karrenoppervlak bestaat uit een netwerk van scheuren en spleten, variërende van enkele centimeters tot vele decimeters breedte.

Voor het ontstaan van deze vorm van erosie moet aan enkele specifieke voorwaarden worden voldaan. Het moedergesteente moet uit kalk bestaan en het klimaat moet een zekere hoeveelheid regen en sneeuw waarborgen, bovendien moet het terrein redelijk vlak zijn omdat anders de oppervlakte afstroming te groot zou worden.

Hoe zuiverder de kalk is zo veel te beter zal hij oplossen in het doorsijpelende regenwater. Gewone kalksteen is echter maar matig tot slecht doorlatend voor water, zodat er een andere oorzaak te vinden moet zijn voor het binnendringen van de neerslag. Deze oorzaak vinden we in het optreden van zgn. diaklazen, bij de gebergtevorming en plooiing ontstane kleine scheurtjes in de oorspronkelijk horizontaal afgezette kalklagen.

Deze diaklazen nu vormen de eerste aanloop tot een verbijsterende erosie, zij werken nl. als capillairen, d.w.z. zij bezitten het vermogen om water op te zuigen en vast te houden. Hierdoor vindt een eerste verwijding van de waterafvoer plaats volgens het volgende principe:

CaCO_3 lost moeilijk tot niet op in zuiver water en daar regenwater vrijwel zuiver is zou dit geen aanleiding kunnen geven tot grootscheepse erosie, ware het niet dat er in de lucht CO_2 werd opgenomen.

$\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 + \text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaH}_2\text{C}_2\text{O}_6$, of calcium-bicarbonaat. Deze oplossing wordt door de verwijdde capillairen weggevoerd.

De oorspronkelijke nauwe poriën worden snel tot spleten en kloven. Zo gauw er een verweringslaagje ontstaat en organismen



Foto P.Lapperre.

Obere Gottesacker gezien vanaf de Hohen Ifen. Op de achtergrond een iets ouder stadium van Schratten-(karren) vorming.

de kans krijgen zich op de kalk te vestigen wordt het gehele proces aanzienlijk versneld. Immers door de stofwisseling van de organismen wordt meer CO₂ in omloop gebracht en door het water opgenomen en zo dienstbaar gemaakt aan een sneller verloop van de chemische oplossing. Ook de ontstane zuurresten en zouten helpen mee aan deze reactie.

Het erosievlak van de karren bestaat uit harde kalksteen van het Helveticum, de z.g.n. Schrattenkalk uit het Krijt. De op deze Schrattenkalk gevormde karren worden Schratten genoemd, een naam die is afgeleid van het dialectwoord voor kobold, een vergelijking die niet eens zo vreemd is als zij op het eerste gezicht lijkt.

Stel u een vroege morgen voor met grote wolkenflarden over de bergen en hoogvlakten. Bij het bereiken van de top kijkt men ineens uit over een fantastische samenstelling van spleten en kloven, gedeeltelijk in de wolken met stijgende en zwenkende nevelbanken. Een indrukwekkend maar ergens ook angstwekkend schouwspel tegelijk, een effect dat nog versterkt wordt als het regent en wanneer het water zich gorgelend en brommend een weg zoekt door miljoenen spleten en kloven. Zo krijgt de naam Schratten en bovenal ook de naam Gottesacker van een gewone kaart op een grauwe nevelige morgen een betekenis, die verder gaat dan alleen een topografische aanduiding.

De genoemde Gottesacker behoren tot het type van de naakte karst door het ontbreken van een noemenswaardige vegetatie. Opmerkelijk is dat men in de directe omgeving van de Ifen drie verschillende stadia van karrenvorming terug kan vinden. Het oudste stadium vindt men in de omgeving van de Ifen Alm op ongeveer 1500 m., waar door de meer gematigde klimaatsomstandigheden zich een met vegetatie bedekt karrenoppervlak heeft kunnen vormen. Hier vindt men zelfs een zekere mate van bodemvorming in de vorm van een vrij dikke laag welke zeer dicht staat bij de z.g.n. terra rossa's van b.v. de Povlakte. Een iets jonger stadium vinden we terug op ongeveer 1700 m. vlak voor de laatste steile klim naar de Hohen Ifen.

De klimatologische omstandigheden verkeren hier reeds zodanig in het minimum dat er van behoorlijke begroeiing nauwelijks meer sprake kan zijn en de naakte kalk aan de oppervlakte komt.

Wel zijn de grotere kloven opgevuld met een verweringslaag van rode kalkaarde.

Het jongste stadium vormen de genoemde Gottesacker op ongeveer 2000 m.

In het bovenstaande viel enkele malen het woord bodemvorming en terra rosa, twee begrippen die ik eigenlijk niet zonder meer voorbij kan laten gaan.

Bodemvorming.

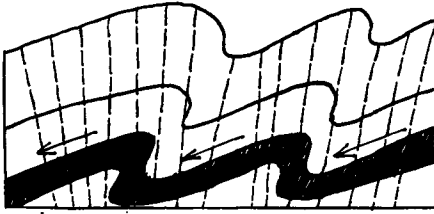
De terra rossa of rode kalkaarde is een typisch erosieproduct van kalksteen onder bepaalde klimaatsvoorwaarden.

Kenmerkend is hun voorkomen in gebieden met een sub-tropisch klimaat en nauw verwant aan dit type zijn dan ook de laterieten uit de tropen en de rendzina's in de meer gematigde luchtstreken. Ook de kalksteenbruinaarden kunnen worden opgevat als rechtstreekse familie van de overige drie.

De oorsprong van de rode kalkaarde in de gebergten rondom de Middellandse Zee is een nogal omstreden zaak. Een verbreide mening is deze dat de terra rossa is op te vatten als een vroegere lateriet, die gevormd zou zijn in het Tertiair toen Europa tot ver in het Noorden een tropisch klimaat bezat.

De laterieten echter vertonen vele kenmerken, die bij de kalksteen roodaarden geheel of gedeeltelijk ontbreken. Ev. de vorming van ijzeroerbanken, sterke uitspoeling en ontkleuring,

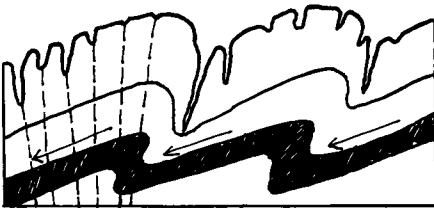
SCHEMATISCHE VOORSTELLING VAN HET ONTSTAAN VAN "KARREN".



Geplooide kalk met diaklazen



Ouder stadium naakte karst



Naakte karst



Begin van een bedekte karst

 slecht doordringbare laag

 Afgevoerde water

lage zuurgraad en vele ijzerconcreties. De theorie van deze, als het ware fossiele bodems, is dan ook weinig aanvaardbaar.

Een tweede theorie gaat uit van het feit dat Europa, vooral langs de Middellandse Zee behoort tot een zeer oud beschavingscentrum, al zeer lang geleden, omstreeks het begin van onze jaartelling en nog eerder, begon in deze gebieden de ontwoeding, waardoor de onderliggende rendzina's (bodems op kalkondergrond) en kalksteenbruinaarden bloot kwamen te liggen. In de steeds terugkerende droge zomers zouden deze gronden door de duizenden jaren heen sterk gedehydrateerd zijn en zodoende terra rossa achtige eigenschappen hebben verkregen. Ook deze theorie geeft echter geen sluitende verklaring voor onze gronden in het hooggebergte, zodat het beter is voorlopig hier nog een vraagteken te plaatsen.

Het is een onmogelijkheid in dit bestek dieper in te gaan op de vele aspecten van de bodemvorming in het algemeen en die van het hooggebergte in het bijzonder. Ook het bespreken van benamingen als lateriet, rendzina en kalksteenbruinaarde zou te ver voeren.

Ik wil volstaan met alleen iets van de terra rossa te vertellen. Het zijn zware kleigronden met een uitgesproken rode kleur een zeer hoge zuurgraad en een enorme hoeveelheid geabsorbeerde kationen aan het kleicomplex. Profielvorming, d.w.z. het onderscheid in verschillende lagen, ontbreekt vrijwel geheel doordat er geen uitspoeling in deze gronden optreedt.

Wel kan men vaak fraai het verschil zien tussen gedehydrateerde en gehydrateerde zones. De eerste zone komt voor vlak tegen het moedergesteente waar het water stagneert, terwijl de gedehydrateerde fel rode zonen daar voorkomen, waar de terra rossa uitgedroogd wordt door de zonbestraling. Aan de oppervlakte dus waar weinig vegetatiebedekking is. Het gehalte aan ijzer is betrekkelijk laag doordat het kalkmoedermateriaal nu eenmaal arm is aan ijzer. Alleen de zandfractie (b.v. de glauconiet) zou eventueel dit element kunnen leveren.

De in Oostenrijk zo belangrijke loessafzettingen zijn niet ter sprake gekomen, hoofdzakelijk daarom, omdat zij niet voorkomen in het Bregenzerwoud. Zij spelen echter wel een belangrijke rol in de jongste geologische geschiedenis der ijstijden.

Hiermede zijn we aangeland bij de laatste vorm van erosie: het ijs.

De ijstijden.

Deze worden naar het wereldberoemde systeem van A. Penck onderverdeeld in: a. Günz, b. Mindel, c. Riss, d. Würm.

De verschillende perioden van vergletsjering werden afgewisseld door warmere perioden of interglaciaaltijden. De verschillende loessafzettingen stammen uit deze perioden, en moeten worden opgevat als opgedroogd slib dat door de wind elders werd afgezet.

Naar het Alpen Voorland toe nam de vergletsjering sterk af, en in de jongste tijden bereikte het ijs de alpenrand al niet meer.

Op verschillende plaatsen zijn puinafzettingen van fluvioglaciale oorsprong terug te vinden, zoals b.v. rondom het dorpje Egg, waar dit puin voor bouwdoeleinden wordt afgegraven. Herinneringen aan de gletsjers zelf vinden we terug op b.v. de Felli Alm ten zuiden van Sibrategfäll, waar inderdaad prachtig glad gepolijste stukken kalksteenondergrond voorkomen, soms zelfs met fraaie gletsjerkrassen.

De erosie door de werking van de gletsjers zelf is veel minder sterk dan men vroeger wel gedacht heeft en staat in geen vergelijking met de rivierenerosie.

Het ijs heeft slechts de bestaande dalen getransformeerd en afgerond, maar heeft nooit zelfstandig dalen doen ontstaan. En eigenlijk zijn we zo aan het einde gekomen van de geschiedenis van een klein stukje Alpen in een haast vergeten hoek van de imposante ketens van Oostenrijk.

Ik heb slechts een greep kunnen doen uit de vele vragen die je op je tochten door dit prachtige gebied kunnen bezighouden. Te veel zou nog verteld en uitgeweid moeten worden om tot een vollediger geheel te komen, maar dat is ook niet mijn doel geweest.

Veel meer heeft het mij bezig gehouden dat wij als bewoners van de lage landen haast zouden vergeten dat de geologenwens voor een geslaagde tocht nog steeds bestaat uit een welgemeend "Glück auf!"

Een Glück auf dat ook ik u toewens bij een bezoek aan het prachtige Bregenzerwoud.

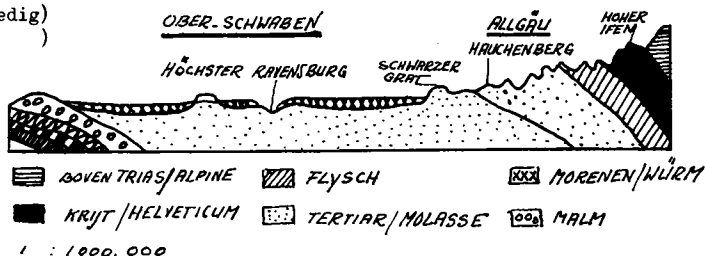
Amsterdam,
september 1965.



Molasse conglomeraat uit het dal van de Subersach bij Sibratsgfall. Onder de hamerpunt een ingesloten rolsteen wederom bestaande uit conglomeraat. Een verweringsrest van een vroegere opheffing van het gebied der Alpen.

STERK VEREENVOUDIGD GEOLOGISCH PROFIEL.

(hoogte is niet evenredig)
(met de profiellengte)



LITERATUUR

Schaffer F.X.

Geologie von Oesterreich. F. Deuticke, Wien 1951.

Mylius H.

Die geologische Verhältnisse des hinteren Bregenzerwaldes. Geographische Gesellschaft München 1909.

Straeter H.E.G.

Geologische Untersuchungen zwischen Winterstaude und Subersach. Diss. Zürich 1925.

Koenderink A.G.

De Karstverschijnselen. G & H 1962. blz. 105/113.

Escher B.G.

Grondslagen der Algemene Geologie. Wereld Bibliotheek-Amsterdam 1962.

Mohr E.C.J.

Baren van F.A.

Tropical Soils. A critical study of soil genesis as related to climate, rock and vegetation. Van Hoeve-Den Haag 1959.

Bülow von K.

Geologie für jedermann. Franck'sch Verlagshandlung, Stuttgart 1936.

Geologischen Landesamt
Baden-Württemberg.

Erläuterungen zu der geologischen Karte von Baden-Württemberg und der angrenzenden Gebiete. Freiburg I. Br. 1953.