

**Inhoud:**

Oostenrijk, geologisch gezien . . . . .	77	Het prepareren van fossielen en mineralen . . . . .	97
Enkele begrippen verklaard . . . . .	84	Boekbesprekingen . . . . .	103
Eduard Suess en Wenen . . . . .	85	In het kort . . . . .	104
Geothermische energie . . . . .	86	*	
Mikroskopen met gepolariseerd licht . . . . .	91	<b>Bijlagen:</b>	
		GEA-mededelingen, GEA-Kringmededelingen, GEA-Boekenservice.	

# OOSTENRIJK, geologisch gezien

door Prof. Dr. A. Brouwer

## I. INLEIDING

Vóór alles is Oostenrijk een Alpenland. Binnen de Alpen neemt het bovendien een boeiende plaats in. Het vormt het oostelijke uiteinde van de Alpen, juist daar waar dit indrukwekkendste gedeelte van het alpine systeem van jonge gebergten in het zuiden van Europa in twee takken uitéénwijkt: een noordelijke tak die de boog van de Karpaten vormt, en een zuidelijke die zich voortzet in de Dinarische Alpen van Joegoslavië. Binnen de Alpen is deze scheiding al aangeduid in de z.g. Alpino-dinarische lijn, een fundamentele naad die de Zuidalpen <sup>1)</sup> scheidt van het overige deel van het gebergte. De dalen van Drau en Gail volgen gedeeltelijk deze lijn, die verder gemarkeerd wordt door enkele alpine graniet-intrusies, waarvan het Adamello-massief, in Italië, het grootste is.

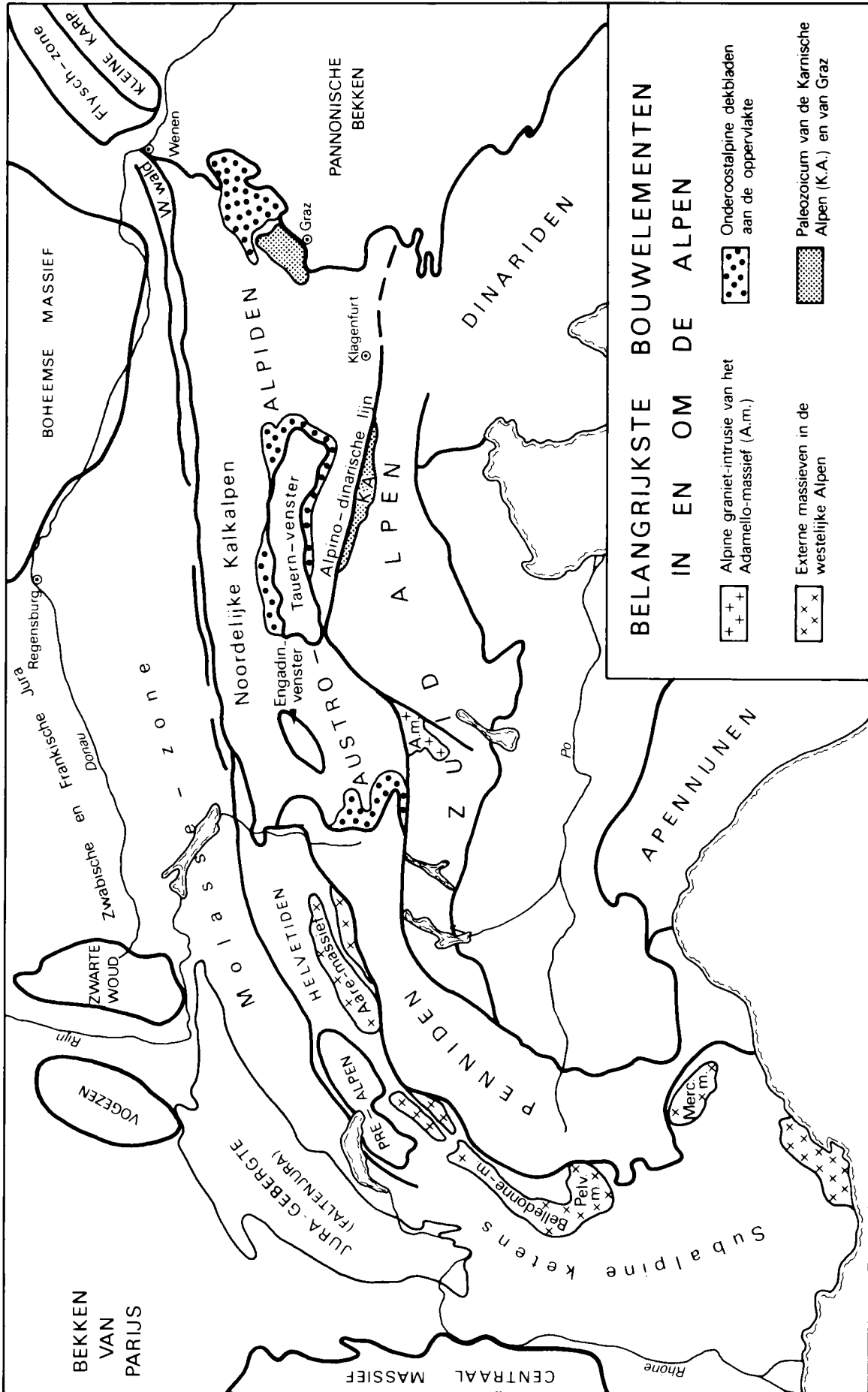
Het oostenrijkse deel van de Alpen heeft nog meer te bieden. Op enkele plaatsen (Karnische Alpen, de omgeving van Graz) komen nog gesteenten van paleozoïsche ouderdom aan de oppervlakte, die ontsnapt zijn aan de metamorfose, waardoor zij elders in de Alpen gewoonlijk als stratigrafische documenten onherkenbaar zijn geworden.

Het grootste deel van de oostenrijkse Alpen wordt gevormd door de Oostalpine dekbladen (Austro-alpiden). Op sommige plaatsen van zeer diep reikende erosie kan men zien dat deze oostalpine dekbladen op hun beurt overschoven zijn over de Penninische dekbladen, die een belangrijk element in de westelijke helft van de Alpen vormen. Verder naar het noorden kan men tenslotte nog juist binnen de grenzen van Oostenrijk waarnemen hoe de Alpen als het ware tegen de zuidelijke punt van het oude starre blok van het Boheemse massief geduwd zijn.

De loop van de Donau, Europa's langste rivier, weerspiegelt op merkwaardige wijze een aantal van de belangrijkste structurelementen in dit deel van ons continent. In Zuid-Duitsland volgt de Donau met een ongeveer naar het noordoosten gerichte loop de dagzoom van de hardere gesteenten van de Zwabische en de Frankische Jura, om dan bij Regensburg tegen het Boheemse massief te stuiten. De Donau wordt daardoor in zuidoostelijke richting afgebogen, volgt de rand van het oude massief, en wringt zich van Linz tot Krems tussen de zuidpunt van het Boheemse massief en de noordrand van de Alpen door, om dan van Wenen naar Bratislava tussen de Alpen en de Karpaten door in de Hongaarse vlakte te stromen.

## II. HET BOHEEMSE MASSIEF EN HET PRE-ALPINE PALEOZOÏCUM

Het Boheemse massief is, net als het Centrale massief en het Armoricaanse massief in Frankrijk, een brokstuk van het Variscische gebergte. Toen het tegen het einde van het Paleozoïcum geconsolideerd werd, had het al een lange en afwisselende geschiedenis achter de rug. De oudste gesteenten gaan tot in het Cryptozoïcum terug, en zijn sterk door assynthische bewegingen, voor het einde van het Cryptozoïcum, beïnvloed. Daarna is het weer in de paleozoïsche ontwikkeling opgenomen en is het hele gebied nogmaals variscisch geplooid. Waarschijnlijk zijn er ook daartussen nog wel fasen van metamorfose opgetreden. Het Boheemse massief bestaat dan ook voor het grootste deel uit magmatische en metamorfe kristallijne gesteenten van uiteenlopende ouderdom. Het is dus geen wonder dat de geschiedenis ervan moeilijk te ontrafelen is en nog tal



van onopgeloste problemen bevat. De Variscische plooiing is het duidelijkst in het noordwesten, het noordoosten en het zuidoosten. Het gedeelte dat daardoor omsloten wordt is het eigenlijke Moldanubicum. Men kan het beschouwen als een stuk van het grondgebied waarop de variscische sedimenten zijn afgezet. Het is in de variscische bewegingen weer meegenomen, en daarbij zijn er variscische granieten in binnengedrongen, o.a. die van Weinsberg.

Het grootste deel van het Boheemse massief ligt in het Tsjechische deel van Tsjechoslowakije. Slechts een klein gedeelte ligt binnen Oostenrijk (Mühlviertel en Waldviertel). Het behoort in hoofdzaak tot het Moldanubicum. Alleen ten noorden van Krems, in het oostelijke deel van het Waldviertel, komt de Moravische zone nog juist op oostenrijks grondgebied. In het algemeen is het iets minder metamorf dan het Moldanubicum. De gesteenten, oorspronkelijk vooral sedimenten van paleozoische ouderdom, liggen in naar het zuidoosten gerichte plooiën, die weer door het Moldanubicum overschoven zijn.

Plaatselijk liggen op het Boheemse massief nog restjes Kenozoïcum, en bij Zöbing ook wat Perm.

De paleozoische en prepaleozoische gesteenten van het Boheemse massief zetten zich in zuidelijke richting onder de Alpenrand voort, zoals uit boringen blijkt, en duiken daarna ook in de Alpen weer op. Deze tegen het einde van het Paleozoïcum variscisch geplooid gesteenten nemen ten opzichte van de eigenlijke alpine sedimentstapel een soortgelijke positie in als de moldanubische gesteenten ten opzichte van de variscische stapel: zij vormen er het fundament van (grondgebied).

In de Alpen komt dit op tal van plaatsen weer aan de oppervlakte, en wel in culminaties van de structuur waar de erosie diep kon doordringen. Het Paleozoïcum van de Karnische Alpen en de Karawanken behoort tot de Zuidalpen, het overige Paleozoïcum tot de Oostalpen. Het eerste heeft geen of slechts geringe metamorfose ondergaan; het tweede is door tektonische vervormingen en metamorfose dikwijls moeilijk stratigrafisch toegankelijk. Veelal berust de ouderdomsbepaling op enkele fossielvondsten, soms kan men naar de ouderdom slechts gissen. Radiometrische ouderdomsbepalingen wijzen er op dat in deze oude gesteenten van de Alpen ook nog Cryptozoïcum aanwezig is.

Behalve in de graad van metamorfose bestaan er ook andere verschillen tussen het zuidalpine en het oostalpine Paleozoïcum. In de Karnische Alpen gaat de pre-alpine sedimentatie door tot ver in het Karboon; in de Oostalpen eindigt zij overal voor het einde van het Devoon. In beide gebieden begint de alpine sedimentatie weer in het Boven-Karboon. In de Zuidalpen duurt de onderbreking, die het gevolg is van de variscische bewegingen, slechts kort; er is geen ander gebied in de Alpen bekend waar de discordantie tussen de variscische en de alpine gesteenten een zo kortstondig hiaat vertegenwoordigt.

Uit het oogpunt van het pre-alpine Paleozoïcum zijn twee gebieden vooral van belang: de Karnische Alpen met de Karawanken, en de omgeving van Graz.

In de Karnische Alpen begint de dateerbare paleozoische opeenvolging met Boven-Ordovicium. (Dat geldt overigens ook voor alle andere gebieden. Het is mogelijk dat oudere afzettingen onherkenbaar zijn geworden door ordovicische metamorfose, waarvoor ook buiten de Alpen steeds meer aanwijzingen worden gevonden.) Het Boven-Ordovicium bestaat vrij uniform uit zandstenen, maar daarna treedt een differentiatie in de faciës op. In het Siluur en het Devoon zien we naast elkaar een opeenvolging die hoofdzakelijk uit kalken bestaat, soms in riffaciës, en een opeenvolging waarin lydieten en graptolietenleien overheersen. Voor de Karawanken geldt hetzelfde. In de Karnische Alpen zet zich dit beeld nog tot in het Onder-Karboon voort. De opeenvolging wordt afgesloten door de Hochwipfel-afzettingen, die als een variscische flysch-faciës worden beschouwd.

In het Paleozoïcum van Graz zijn kalken nagenoeg beperkt tot het Devoon, en dit is ook stratigrafisch het best bekende gedeelte.

De overige voorkomens van Paleozoïcum in het oostalpine gebied, waaronder de grauwakzone een grote plaats inneemt, zijn stratigrafisch minder goed bekend en behoeven in dit beknopte overzicht geen afzonderlijke vermelding.

### III. DE OOSTALPEN

De Oostalpen vormen het grootste deel van de oostenrijke Alpen. Zij bestaan uit een reeks van op elkaar gestapelde, d.w.z. noordwaarts over elkaar geschoven dekbladen. Gewoonlijk worden bovenoostalpine ('Oberostalpin') en onderoostalpine ('Unterostalpin') dekbladen onderscheiden. Sommige onderzoekers onderscheiden ook nog een 'Mittelostalpin'. Men moet hierbij in aanmerking nemen dat deze eenheden ieder nog weer uit verschillende dekbladen van kleinere omvang zijn opgebouwd. Het gevolg van deze dekbladenbouw is dat gesteenten van dezelfde ouderdom herhaaldelijk boven elkaar voorkomen. Oorspronkelijk zijn deze dus gelijktijdig naast elkaar afgezet, en wel zo dat de gesteenten in de hogere dekbladen verder naar het zuiden zijn ontstaan.

Afzettingen van dezelfde ouderdom kunnen dus uiteenlopende sedimentaire faciës vertonen. Bovendien heeft deze hele stapel een gewelfde vorm. In de culminatie reikt de erosie het diepst, en dit gaat zo ver dat op enkele plaatsen de hele stapel door erosie is opgeruimd en de ondergrond van de oostalpine dekbladen zichtbaar wordt. Men spreekt dan van een 'tektonisch venster'. Twee grote van dergelijke erosiegaten in de Oostalpen zijn het Tauern-venster en het Engadin-venster. De gesteenten die daar nu aan de oppervlakte komen vertonen een geheel ander beeld dan de gesteenten van de oostalpine dekbladen. Zij sluiten aan bij wat men in de Penninische dekbladen verder naar het westen in de Alpen vindt. Hieruit volgt dat de oostalpine dekbladen een hogere tektonische eenheid vertegenwoordigen, die kenmerkend is voor het oostelijke deel van de Alpen.

De belangrijkste gesteenten van het Penninicum zijn gneisen ('Zentral-gneis') en metamorfe sedimenten ('Schieferhülle'). De laatste bevatten mesozoïsche gesteenten (Trias, Jura, Onder-Krijt) die in betrekkelijk diepe troggen in het hele Alpengebied zijn afgezet. De 'Bündnerschiefer' ('Schistes lustrés' van de franse geologen) vormen er een belangrijk bestanddeel van. Het onderste deel van dit sedimentpakket is waarschijnlijk van paleozoïsche ouderdom (o.a. de 'Habach-afzettingen').

*Fig. 1 – Schetskaartje met de belangrijkste structurele eenheden van de Alpen, en oudere en jongere eenheden in de omgeving.*

Direct om het Tauern-venster heen komen gesteenten aan de oppervlakte die tot de oostalpine dekbladen behoren, o.a. in de Radstädter Tauern. Zij vertonen een ingewikkelde bouw, met liggende plooiën en overschuivingen. De gesteenten behoren waarschijnlijk gedeeltelijk tot het Paleozoïcum, maar gebrek aan fossielen in deze metamorfe gesteenten maakt een ondubbelzinnige ouderdomsbepaling moeilijk. Beter gaat dat in het mesozoïsche gedeelte. Zo is er fraaie 1500 meter dikke Trias, die in sommige delen (Pleisling-faciës) overeenkomst met de Hauptdolomit van de Noordelijke Kalkalpen vertoont. De hele sedimentstapel omvat Boven-Perm tot Onder-Krijt, en wordt bedekt door het z.g. 'Altkristallin'. Sommigen zien daarin een belangrijke tektonische eenheid ('Mittelostalpin') tussen de onder- en de bovenoostalpine dekbladen.

De bovenoostalpine dekbladen vormen het grootste deel van de oppervlakte van de Oostalpen. Ten noorden van de axiale zone, die een ingewikkeld beeld van metamorfe gesteenten en stollingsgesteenten bezit, ligt de noordelijke zone, die grotendeels uit sedimentaire gesteenten bestaat. Met een zekere regelmaat volgen vijf zones elkaar van zuid naar noord op: de (noordelijke) grauwak-zone, de Noordelijke Kalkalpen (deze beide zijn verreweg de belangrijkste), de Flysch-zone, de Klippen-zone en de Helvetische zone<sup>2</sup>). Ten noorden daarvan ligt de Molasse-zone, die slechts ten dele aan de alpine bewegingen heeft deel-

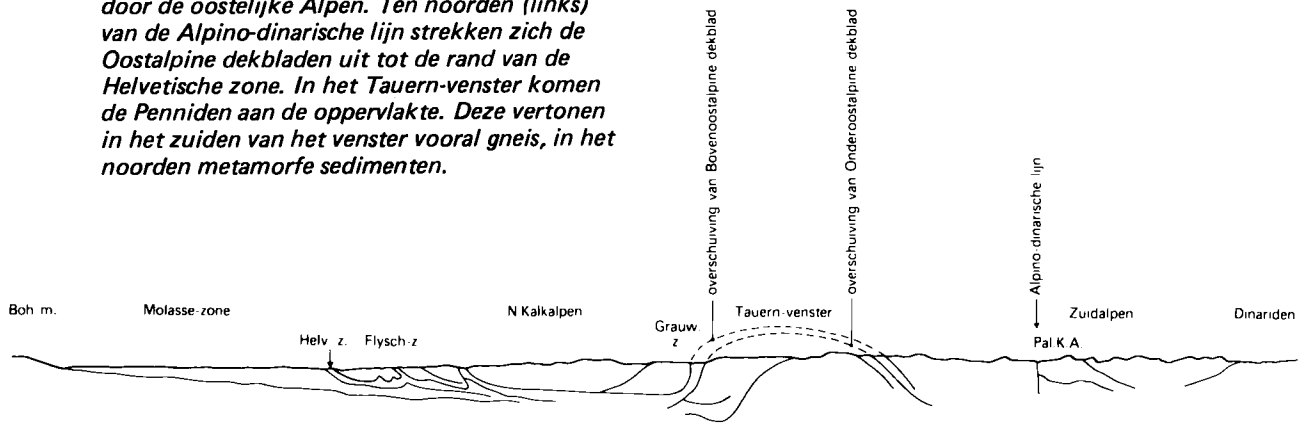
genomen. Zij wordt gedeeltelijk bedekt door de oostalpine dekbladen, en rust op haar beurt op gesteenten die met die van het Boheemse massief overeenkomen.

De grauwak-zone bestaat uit paleozoïsche sedimenten (Ordovicium-Karboon). De Noordelijke Kalkalpen vertegenwoordigen het eigenlijke alpine sedimentpakket van de bovenoostalpine dekbladen. De Trias heeft er het grootste aandeel in, maar ook Jura en een deel van het Onder-Krijt zijn aanwezig. Vooral in de Trias komen rifkalken en daarmee verwante faciëstypen voor. Echte rifmassa's komen vooral voor in de Dachstein-faciës (tot bijna 2000 m dik). Naar het noorden gaat deze faciës over in de Hauptdolomit-faciës (ca. 2000, m), die waarschijnlijk in de beschutting van de rifgordel ontstaan is. Zij bezit veelal de kenmerken van lagunaire afzettingen, al sluit dat de aanwezigheid van kleine, geïsoleerde rifjes niet uit. Ten noorden van de rifgordel ligt de Hallstätter faciës, die met kalken en schalies een open en wat diepere zee vertegenwoordigt. In de overgangzone vindt men niet zelden riftaalud-afzettingen, materiaal dat door de branding van de riffen is afgeslagen en dan langs de helling van de open zee is neergelegd. De Jura, dunner dan de Trias, vertoont ook nog riffen (Plassen-faciës). Zij liggen niet altijd op dezelfde plaats als in de Trias, en het hele beeld is onrustiger, wat op bewegingen van de ondergrond kan wijzen. Op sommige plaatsen ging de sedimentatie nog door tot in het begin van het Onder-Krijt.

#### *Trias van de Noordelijke Kalkalpen*



Fig. 2 – Schematisch dwarsprofiel (van noord naar zuid) door de oostelijke Alpen. Ten noorden (links) van de Alpino-dinarische lijn strekken zich de Oostalpine dekbladen uit tot de rand van de Helvetische zone. In het Tauern-venster komen de Penniden aan de oppervlakte. Deze vertonen in het zuiden van het venster vooral gneis, in het noorden metamorfe sedimenten.



Hoewel in het algemeen de indruk bestaat dat van noord naar zuid de opeenvolging wordt gekenmerkt door een lagunaire faciës, een riffaciës en een open mariene faciës, zijn er ook wel afwijkingen van dit beeld. Het spreekt vanzelf dat de reconstructie van het sedimentaire faciës-patroon afhankelijk is van de tektonische interpretatie. En deze levert nog heel wat moeilijkheden, ondanks het feit dat de tektoniek op het eerste gezicht eenvoudig lijkt. Er zijn weinig plooien en bijna geen plaatsen waar de opeenvolging op haar kop ligt. Meestal wordt aangenomen dat de Noordelijke Kalkalpen in wezen uit vier afzonderlijke dekbladen bestaan (van boven naar beneden): Boven-Juvavikum (Dachstein-faciës), Onder-Juvavikum (Halstätter faciës), Tirolikum (het belangrijkste element, veelal Hauptdolomit-faciës) en Bajuvarikum (Hauptdolomit-faciës). Tussen haakjes zijn de belangrijkste faciëstypen van de Trias vermeld. Een complicatie is al direct duidelijk: de meest zuidelijke faciës (Halstätter faciës) treedt niet op in het bovenste dekblad. Kleinere dekbladen en overschuivingen binnen deze vier eenheden zorgen voor verdere complicaties.

Tot slot mag niet onvermeld blijven dat op de zo juist besproken sedimenten, die met Jura of onderste Krijt eindigen, nog de z.g. Gosau-afzettingen kunnen liggen. Hun ouderdom reikt van Boven-Krijt (Coniacien) tot in het Eoceen. Lithologisch zijn zij zeer gevarieerd: van in ondiep water gevormde rijfjes tot afzettingen die op veel dieper water wijzen (o.a. met turbidieten). Zij moeten onder onrustige omstandigheden ontstaan zijn, en sommige onderzoekers zijn zelfs geneigd aan te nemen dat zij ontstaan zijn toen de opschuiving van de bovenostalpine dekbladen al begonnen was.

Ten noorden van de Noordelijke Kalkalpen komt de Flysch-zone er van onder te voorschijn. Het Wienerwald vormt het oostelijke einde van de Flysch-zone. De overschuivingsvlakken hellen naar het zuiden: het is alsof het front van de dekbladen na de depressie van de ondergrond onder de Kalkalpen opkruipt tegen een weer hoger liggende ondergrond, die tenslotte in het Boheemse massief zichtbaar wordt. Hoewel de afzettingen van de Flysch-zone ook hier en daar in vensters onder de Trias van de Noordelijke kalkalpen ontsloten zijn, strekken zij zich zeker niet over de hele breedte van de Alpen uit. Naar ouderdom omvat de Flysch-zone gesteenten van Boven-Krijt tot Eoceen (evenals de Gosau-afzettingen), lithologisch zijn het vooral kalken, schalies en zandstenen. Slechts een deel van de afzettingen van deze zone vertegenwoordigt een typische flysch-faciës (omgekeerd kan een flysch-faciës ook wel in andere tektonische eenheden

voorkomen). Toch wijzen de ouderdom, het karakter van de afzettingen en hun verspreiding (aan de noordkant van het alpine sedimentatiegebied) er wel op dat de gesteenten in deze zone met de op gang komende alpine bewegingen in verband staan (synorogene faciës).

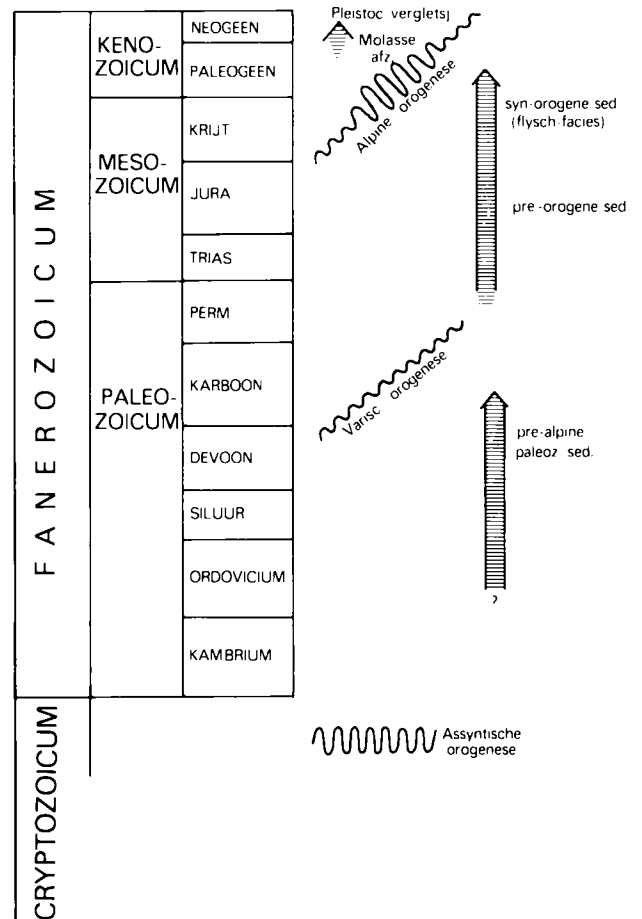


Fig. 3 – Tijdschaal met aanduiding van de ligging van de pre-alpine, de alpine en de post-alpine sedimenten.

Tussen de Flysch-zone en de Molasse-zone langs de buitenrand van het gebergte nemen de Klippen-zone en de Helvetische zone een eigen, zij het bescheiden plaats in. Alleen in het westen, bij Bregenz, is er een duidelijke dagzoom. Verder oostwaarts maken enkele tektonische vensters in de Flysch-zone de aanwezigheid ervan duidelijk. De helvetische zone is waarschijnlijk een autochtone of para-autochtone eenheid, d.w.z. zij heeft niet of weinig aan grote verplaatsingen in dekbladen deelgenomen, wat niet wegneemt, dat zij wel intensief geplooid is. De afzettingen zijn aan de noordrand van het hele alpine sedimentatiegebied ontstaan, min of meer op de plaats waar zij nu liggen. Kleien en mergels overheersen, daarnaast komen kalkstenen en zandstenen voor. Naar hun ouderdom omvatten zij een vrij lang interval, dat reikt van Jura tot Eoceen. De betekenis van de Klippen-zone, dikwijls niet meer dan vele meters grote blokken, is niet geheel duidelijk. Misschien zijn het over een kleirijke bodem afgegleden gedeelten van de opeenvolging. Een andere mogelijkheid is dat deze zone een tektonische mélange vertegenwoordigt, een gedeelte dat tussen sterk bewegende eenheden in de knel gezeten heeft.

Tenslotte ligt buiten de Helvetische zone, en gedeeltelijk door deze bedekt, de Molasse-zone, in wezen een eenheid van posttektonische afzettingen (zie V).

#### IV. DE ZUIDALPEN

Ten zuiden van de Oostalpen ligt nog juist een klein gedeelte (Karnische Alpen, Karawanken) van de Zuidalpen binnen de grenzen van Oostenrijk. Deze beide belangrijke elementen van de oostelijke Alpen worden door de Alpino-dinarische lijn gescheiden. In tegenstelling tot het beeld in de Oostalpen zijn de bewegingen in de Zuidalpen naar het zuiden gericht. Alpine metamorfose is er van geen betekenis. De Zuidalpen zijn aan hun noordkant het hoogste opgeheven, waardoor zij aan die kant thans het Paleozoïcum aan de oppervlakte laten zien. Voor zover dit van pre-alpine ouderdom is, kwam het reeds ter sprake (II).

De eigenlijke alpine opeenvolging, d.w.z. boven de variscische discordantie, begint in de Karnische Alpen met de marine Auernig-Schichten van bovenkarbonische ouderdom. Met het Perm krijgen kalken en dolomieten de overhand, en dit zet zich in het Mesozoïcum voort. Hiertoe behoren o.a. de riffen van de Trias in de Dolomieten. Deze jongere gesteenten van de Zuidalpen liggen echter reeds buiten de Oostenrijkse grens.

#### V. DE JONGSTE GESCHIEDENIS

In de loop van het Kenozoïcum kwam het hele Alpengebergte boven zee te liggen. Wat lange tijd een marien sedimentatiegebied was geweest, werd nu in zijn geheel een erosiegebied. Grote hoeveelheden afbraakmateriaal kwamen beschikbaar, zo groot dat veel ervan slechts over korte afstand werd vervoerd. Men spreekt gewoonlijk van een molasse-faciës om afzettingen aan te duiden die zo duidelijk met een jong gebergte in de buurt verbonden zijn. Aan hun buitenrand zijn de Alpen, evenals trouwens de Karpaten, door een Molasse-zone omgeven. Ten noorden van de Oostalpen bereikt deze haar grootste breedte. In de binnenbocht van de Alpen zijn in het Po-bekken grote hoeveelheden afzettingen in molasse-faciës ontstaan. Door de wijze van ontstaan, en vooral ook door de betrekkelijk kleine transportweg, zijn de Molasse-afzettingen heel variabel, zowel naar ouderdom als naar samenstelling. Men heeft wel eens gezegd dat de geschiedenis van een

gebergte, in morfologische zin, nergens beter weerspiegeld is dan in de Molasse-afzettingen er omheen. Plaatselijk kan de afzetting in het Eoceen of in het Oligoceen begonnen zijn, maar het grootste deel is van miocene ouderdom. De afzettingen kunnen grof zijn, en dan rolstenen bevatten, en aan de andere kant fijnkorrelig zijn, tot kleien toe, vooral wanneer het materiaal wat verder werd getransporteerd. Op plaatsen waar het water stagneerde trad soms veenvorming op, waarvan de overblijfselen nu als bruinkoollagen worden teruggevonden. De oudste Molasse-afzettingen zijn meestal van mariene oorsprong; geleidelijk gingen de sedimentatie-omstandigheden via brakwater in continentale over. Dit beeld is echter enigszins verstoord door een transgressie in het Midden-Mioceen, die o.a. uit de Middellandse Zee langs de westelijke Alpen in de Molasse-zone doordrong. Dit leidde tot een tijdelijk herstel van de mariene omstandigheden.

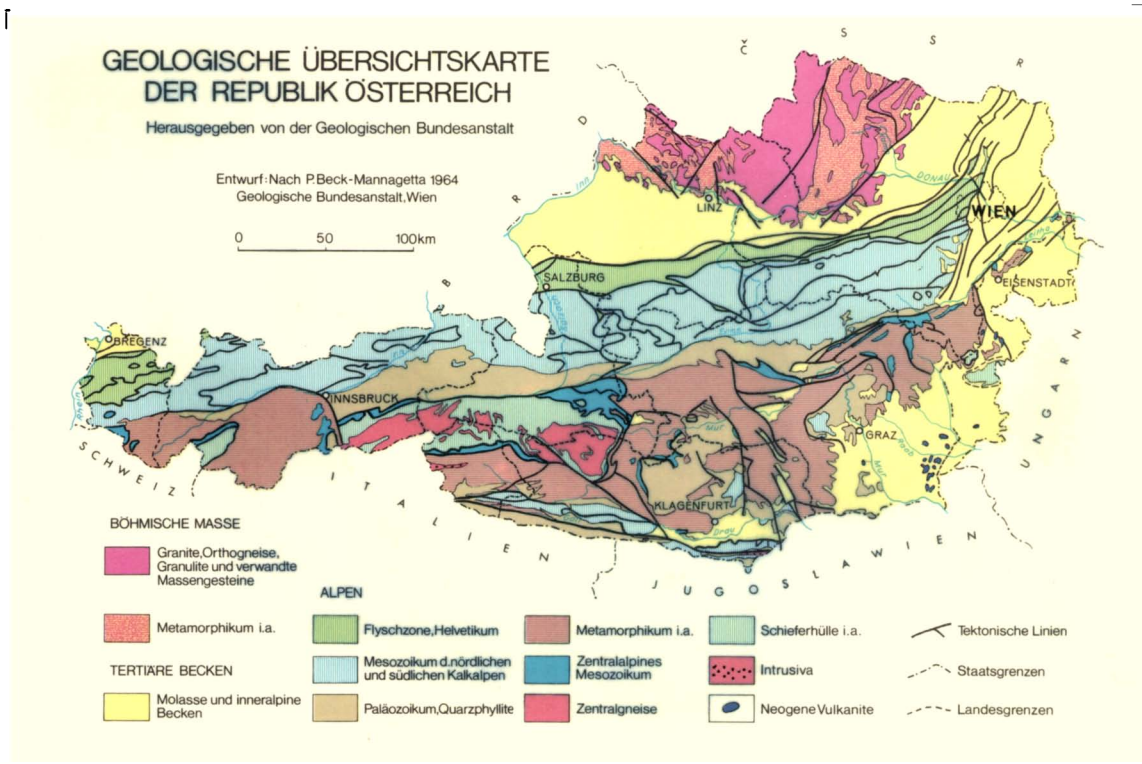
In een dwarsprofiel vertonen de Molasse-afzettingen een uitgesproken asymmetrisch beeld: de grootste dikte (tot enkele duizenden meters) ligt geheel in het zuiden. Aan die kant heeft de Molasse ook nog de invloed van de laatste alpine bewegingen ondergaan. De Molasse-afzettingen kunnen nog door de Helvetische zone en de Flysch-zone overschoven zijn. Men onderscheidt wel de Subalpine Molasse en de Vorland-Molasse; de laatste ligt buiten de invloedssfeer van zulke late alpine bewegingen.

Bij het oostelijke einde van de Alpenketen gaat de Molasse-zone over in het Bekken van Wenen. In deze door breuken bepaalde depressie die de Alpen van de Karpaten scheidt, ligt ca. 5000 m Neogeen, hoofdzakelijk van middenmiocene en jongere ouderdom. Door de rijkdom aan fossielen, die reeds in de negentiende eeuw onderwerp van uitvoerige studies vormden, speelt het Bekken van Wenen een rol in de klassieke stratigrafie van het Neogeen. Een sedimentatiebekken in de eigenlijke zin is het niet. Een deel er van, het 'Ausseralpine Wiener Becken', behoort tot de Molasse-zone, en verbindt de Molasse van de Alpen met die van de Karpaten. Het 'Inneralpine Wiener Becken' behoort tot de rand van het Pannonische bekken, dat op natuurlijke wijze wordt begrensd door de Dinariden en de Karpatenboog. Het zet zich voort in het Pontische bekken (Zwarte Zee en omgeving) en het Aralo-Kaspische bekken. Samen vormen zij de z.g. Paratethys. Thans verkeren deze drie bekkens ieder in een andere toestand (resp. droog, een beperkte verbinding met de Middellandse Zee, en een afgesloten watermassa), een situatie die de ingewikkelde geschiedenis van dit gebied gedurende het Neogeen weerspiegelt.

Aan de oostkant van de Alpen verdwijnen de meeste structurele eenheden onder neogene afzettingen van verscheidene kleinere bekkens (Eisenstadt, Neusiedler See, Klagenfurt, e.a.). Gedeeltelijk stonden zij in verbinding met het Pannonische bekken, gedeeltelijk leidden zij een eigen leven. Het Steirische Bekken is het belangrijkste van de jonge bekkens aan deze kant van de Alpen.

Gedurende het Pleistoceen waren de Alpen enige malen grotendeels vergletsjerd. Directe sporen daarvan ziet men in de morene-afzettingen. Vele meren en meertjes danken hun ontstaan aan eindmorenes die dalen afsluiten. Indirecte sporen vindt men in de fluviatiele afzettingen ('Schotterterrassen') langs vele rivieren, het mooiste ontwikkeld in de Molasse-zone. De bekende namen (Günz, Mindel, Riss en Würm) die Penck en Brückner in het begin van de eeuw voor de opeenvolgende vergletsjeringen invoerden, zijn daaraan ontleend.





## VI. OVERZICHT

De vorming van de Alpen, en van het gehele alpine gebergtesysteem dat zich van de Atlantische Oceaan tot in het zuidoosten van Azië door de Oude Wereld uitstrekt, is nauw verbonden met de grote geografische veranderingen die zich in dit deel van de Aarde sinds het Paleozoïcum hebben voorgedaan. Tegen het einde van het Paleozoïcum vormden de continenten één samenhangend geheel, Pangea. Men kan er twee blokken in onderscheiden, een noordelijk (Laurazië) en een zuidelijk (Gondwana). In het oostelijke deel waren zij gescheiden door een oceaan, waarvoor Suess de naam Tethys invoerde, naar de zuster en echtgenote van Okeanos, beiden kinderen van Uranos en Gaea.

Gewoonlijk laat men de eigenlijke alpine ontwikkeling met de Trias beginnen, al kan dat moment in de oostelijke Alpen, en vooral nog verder naar het oosten in de alpine ketens, ook wel iets vroeger worden geplaatst. Maar de westelijke Alpen worden eerst in de Jura geheel in de ontwikkeling van de Tethys opgenomen. Dit wijst er op dat gedurende Trias en Jura de Tethys zich uitbreidde door de uit elkaar gaande beweging van Europa en Afrika, en, in ruimer verband gezien, van Laurazië en Gondwana. De sedimentatie, op vele plaatsen op de geërodeerde resten van variscische structuren, was overwegend van het kalktype; daarnaast ontstonden ook evaporieten en fijnkorrelige klastische afzettingen. De diepste delen van het sedimentatiegebied moeten waarschijnlijk gezocht worden in de Bündnerschiefer en andere afzettingen die nu de Penninische dekbladen vormen. Op veel plaatsen bevatten zij onderzees uitgevloede bazalten (ofioliëten e.d.).

Met het Krijt openbaart zich een nieuw sedimentatiebeeld. De pre-orogene kalksedimentatie maakt plaats voor de synorogene flysch-faciës. Het materiaal hiervan is niet aangevoerd van de begrenzende continenten, maar stamt

duidelijk uit het alpine gebied zelf. De beginnende orogeenetische bewegingen zorgden blijkbaar voor de brongebieden van nieuw afbraakmateriaal. Zowel sedimentair als tektonisch markeert het begin van het Krijt een belangrijk punt in de ontwikkeling. De meest voor de hand liggende verklaring is aan te nemen dat de begrenzende continenten van bewegingsrichting veranderden, en naar elkaar toe begonnen te bewegen. Dit bereikte zijn climax in het Eoceen, toen Afrika en Europa op elkaar botsten. Van het Krijt af werden de sedimenten in de alpine trog al in elkaar gedruwd, geplooid, nu werden zij door ruimtegebrek op elkaar gestapeld en als dekbladen over elkaar heengeschoven, noordwaarts tegen Europa en zuidwaarts tegen Afrika. Deze geweldige verdikking van licht korstmateriaal verstoortte het hydrostatische evenwicht en leidde de opheffing van het gebergte in, met als direct gevolg de afzetting van de post-orogene molasse-faciës. De afbraak van het gebergte was begonnen.

*De tekeningen bij dit artikel zijn van Prof. Dr. A. Brouwer, de foto's zijn beschikbaar gesteld door het Oostenrijks Touristenverkeersbureau te Amsterdam en de Geologische Übersichtskarte is een uitgave van de Geologische Bundesanstalt, Wien.*

- 1). De termen Zuidalpen en Oostalpen zijn hier steeds in geologische zin gebruikt, ter aanduiding van bepaalde bouwelementen. De termen oostelijke Alpen en westelijke Alpen zijn in geografische zin gebruikt; de grens ligt niet ver van de Rijn.  
De oostelijke Alpen omvatten dus zowel de Oostalpen als het grootste deel van de Zuidalpen.
- 2). Op de schetskaart konden deze laatste drie in het oostenrijkse deel van de Alpen niet afzonderlijk worden aangegeven. Zij vormen een smalle strook tussen de Noordelijke Kalkalpen en de Molasse-zone.