

**BIJDRAGE TOT DE KENNIS DER STRATIGRAPHIE,  
TEKTONIEK EN PETROGRAPHIE  
VAN HET SENOON IN ZUID-LIMBURG**

**DOOR**

**J. H. F. UMBGROVE.**

(Met de platen 18—23).

## I N H O U D.

	Pag.
Inleiding . . . . .	257
<b>Eerste Gedeelte: Stratigraphie.</b>	
Inleiding . . . . .	259
<p>Onder-Senoon. — Samenvatting der Literatuur speciaal over het Onder-Senoon in Zuid-Limburg.</p> <p>Boven-Senoon. — Gulpensch krijt. — Kunrader formatie. — Maastrichtsch Tufkrijt. — Over het „craie de Spiennes”.</p> <p>Samenvatting. — Overzicht der kenmerken van de Senoon-onderafdeelingen in Limburg. — Stratigrafisch overzicht, vroegere indeelingen en aequivalenten.</p>	
<b>Tweede Gedeelte: Tektoniek.</b>	
Inleiding . . . . .	275
<p>De ondergrond van het Senoon. — Het transgressievlak van het Gulpensch krijt. — Het transgressievlak voor de Kunrader formatie. — Het transgressievlak van het Maastrichtsche krijt. — Noordgrens van het Gulpensch krijt. — Westgrens van de Kunrader formatie.</p> <p>Resultaten. — Verklaring van Blokdiagram en Profielen. — Overzicht der Epirogenetische bewegingen in Zuid-Limburg.</p> <p>Het krijt uit de Diepboringen van het Mijng gebied. — Het Onder-Senoon uit de Diepboringen. — Het Gulpensch krijt uit de Diepboringen. — De Kunrader formatie uit de Diepboringen. — Over het Maastrichtsch krijt uit Diepboringen. — De Mioceengrens in het Mijng gebied.</p> <p>Beschouwingen over de verzamelde gegevens der verspreiding van het Senoon en Tertiair in het Mijng gebied.</p>	
<b>Derde Gedeelte: Petrographie.</b>	
Inleiding . . . . .	295
<p>Onder-Senoon. — Beschrijving van eenige gesteentetypen: 1. „Gaize” van Holzetterheide bij Vaals. — 2. Concretie uit groenzand van Overgeul. — 3. Groenzand van kernstukken der Diepboringen.</p> <p>Boven-Senoon: G u l p e n s c h k r i j t: 4. Onsluiting bij Wahlwylre. — 5. Het krijt onder de „tussenlaag” van de groeve te Wahlwylre. — 6. De tussenlaag van Wahlwylre. — 7. Kiezelringen op schelpen. — 8. Krijt met vuursteen van Wahlwylre en Beritzenhoven. — 9. „Gaize” van Niswylre. — 10. Over de kleur der vuursteen in Gulpensch krijt. — 11. Over Genese, materiaal en ouderdom der vuursteen in Gulpensch krijt. — 12. Het conglomeraat van Welterberg en Staatsmijn Maurits.</p> <p>K u n r a d e r f o r m a t i e: 13. Harde kalksteenbanken. — 14. Harde kalksteen met glauconietslier. — 15. Tufkrijt van Stokhem. — 16. Andere vuursteen uit Kunrader formatie. — 17. Over genese, materiaal en ouderdom der vuursteen in Kunrader formatie. — 18. Het kwartzerijke losse</p>	

materiaal tusschen de kalksteenbanken. — 19. Over het ontstaan der afwisselende harde kalksteenbanken en kwartsrijke tusschenlagen in de Kunrader formatie.

Maastrichtsch Tufkrijt: 20. Tufkrijt. — 21. Vuursteen uit het horizontale vuursteensysteem. — 22. Vuursteen uit het verticale vuursteensysteem. — 23. Over de kleur der vuursteen in Kunrader- en Maastrichtsch Krijt. — 24. Over genese, materiaal en ouderdom der vuursteen in Maastrichtsch krijt. — 25. Harde kalksteenbanken. — 26. De onderste laag van het Maastrichtsch Tufkrijt aan den St. Pietersberg.

27. Bij de Tabel der Scheikundige analyses van het Boven-Senoon.

28. Analysenserie uit de Kunrader formatie.

29. Lithogenese der Senoonsedimenten in Zuid-Limburg.

30. Het probleem der vuursteenvorming in Zuid-Limburg.

31. Het probleem der vuursteenvorming in andere krijtgebieden: Engeland. — Henegouwen. — Noord-Frankrijk. — Baltisch krijtgebied.

Literatuuropgave . . . . . 330

## INLEIDING.

De uitgestrekte grindafzettingen der Pleistocene Maas-delta vormen het typische plateau karakter in het Zuid-Limburgsche landschap. In de dalen, die de latere loop der Maas en haar zijrivieren hierin gesneden hebben, komt in de Zuidelijke helft het Senoon aan den dag. Het grinddek van dit z.g. hoofdterras<sup>1)</sup> zakt begrijpelijkerwijze langs de dalhellingen naar beneden en vormt een kapvormige bedekking over het Senoon heen. Waar plaatselijk nog resten van Tertiair (Pliocene-mariene zanden) aanwezig zijn, worden deze zodoende geheel verborgen en is hun aanwezigheid (in dit gedeelte) alleen uit groeven en boringen bekend. Met uitzondering van enkele diepe groeven op het plateau zelf is dus alleen in de dalen het Senoon ontsloten en wordt daar nog op menige plaats door een dikke laag van jongere grind- en lössafzettingen (midden- en laag terras<sup>1)</sup>) bedekt. Ten Noorden van een strook, die ongeveer van Meerssen naar Kunrade loopt, is dit Senoon tot ongeveer 85 meters verzakt. Deze breukrand is door W. C. KLEIN in kaart gebracht<sup>2)</sup>. Van het Senoon komen in Zuid-Limburg de volgende 5 typen voor, die naar plaatsnamen genoemd zijn:

Maastrichtsch Tufkrijt (=M)	} Boven-Senoon
Kunrader formatie (=K)	
Gulpensch krijt (=G)	
Groenzand van Vaals (=V)	} Onder-Senoon
Akensch zand (=A)	

Deze benamingen zullen in het vervolg herhaaldelijk aangeduid worden door de hierboven gegeven afkortingen. Nadat eerst eenige geologische overzichtsheets gepubliceerd waren (LABRY, BINKHORST), verscheen in 1911 een nauwkeurige karteering van het te bespreken gebied, door UHLENBROEK verricht; Maastrichter en Kunrader formatie werden door hem met dezelfde letter en kleur aangegeven, LABRY had deze daarentegen van elkaar gescheiden gehouden op zijn geologische schetskaart van Zuid-Limburg.

Bij gebrek aan grootere profielteekeningen was het echter nog geenszins duidelijk hoe in den ondergrond de verschillende Senoon-onderafdeelingen voorkomen, zoodat Professor ESCHER mij aanspoorde te trachten dit nader vast te leggen.

<sup>1)</sup> W. C. KLEIN. Het Diluvium langs de Limburgsche Maas. Verhandl. Geolog. Mijnbouwk. Gen. Geol. Ser. Dl. 2, p. 1—112, 1914.

<sup>2)</sup> l. c. 1913, blz. 40 (l. c. verwijst naar de Literatuurlijst, die achter het Derde Gedeelte geplaatst is).

Toen ik nu zag, dat er verscheidene indeelingen van het Limburgsche krijt bestaan, die allen min of meer van elkaar afwijken, besloot ik geheel en al van voorafaan te beginnen en was het dus allereerst noodzakelijk te onderzoeken wat ik bij een karteering als eenheden (Senoon-onderafdeelingen) moest beschouwen. Hierover handelt het eerste gedeelte.

De opeenvolging der lagen in het Limburgsche krijt heeft men telkens vergeleken met die in het krijt van Henegouwen; het is n.l. wel waarschijnlijk, dat deze beiden en de daartusschen liggende kleinere krijtgebieden in België, erosieresten zijn van een oorspronkelijk samenhangend geheel. Wanneer in het eene gebied iets duister was, ging men zijn licht opsteken in een verderweg gelegen stuk. In dit opzicht was het een groot voorrecht, dat ik onder leiding van Professor CORNET te Mons aan een excursie in het krijt van Henegouwen kon deelnemen.

## EERSTE GEDEELTE: STRATIGRAFIE.

### Inleiding.

Over de onderverdeeling van het Krijt in Limburg en de vergelijking met het Krijt in het Zuid-Westen van België zijn in de vorige eeuw, gedurende een periode van groote belangstelling, vele verschillende meeningen in een uitgebreide Literatuur vastgelegd. Het eindresultaat van de beschouwingen uit dien tijd kan men vinden in een korte samenvatting van RUTOR: „*Essai de synchronisme des couches Maestrichtiennes et Sénoniennes de Belgique, du Limbourg hollandais et des environs d'Aix la Chapelle*” (1894). RUTOR behandelt hierbij ook het Krijt der tusschen Mons en Aken liggende dalen van de Kleine-Geete, de Méhaigne en de Geer, die als tusschenschakels het verband van het Krijt in Limburg en Henegouwen ophelderen kunnen. Voor het Limburgsche gebied sluit hij zich aan bij de laatste inzichten (die in den loop der jaren veranderd waren) van C. UBAGHS, zooals die in twee kleine publicatie's van 1887 en 1888 (l.c.) neergelegd zijn <sup>1)</sup>. Voorzooover ik kon nagaan is DE GROSSOUVRE de eenige, die daarna een ander idee geeft voor het verband der Kunrader formatie met het overige Senoon, (hetgeen hierachter uitvoeriger besproken zal worden); anderen, die zich daarna met het Limburgsch Krijt bezig hielden, hebben geen nieuwe vindingen hieraan toegevoegd.

De uitvoerige beschrijvingen der gesteenten en vindplaatsen van IGN. BEISSEL in „*Der Aachener Sattel*” (1886) en van W. C. H. STARING in „*De Bodem van Nederland*” (Deel II, 1860), kunnen nog steeds als voortreffelijke samenvattingen uit dien tijd genoemd worden.

In het volgende wordt voor iedere onderafdeeling een groep fossielen vermeld, die te samen als kenmerkend (in Limburg) kunnen gelden en praktisch in ontsluitingen en boorkernen als de voornaamste kenteekenen mogen dienen om de onderafdeelingen van het Senoon van elkaar te kunnen onderscheiden. Werkelijke gidsfossielen, die „*één soort-alléén*” kunnen voldoen, laten soms lang naar zich zoeken. Zoo kan men b.v. bij het in situ vinden van één *Actinocomax quadrata* of van een enkele *Trigonia Vaalsiensis* zeker zijn met Onder-Senoon te doen te hebben; zoo duidt *Scaphites tridens* op G-krijt en een zoo merkwaardig voorwerp als *Gyrolithes Kunradensis* op K-krijt, tenslotte b.v. *Trigono-*

<sup>1)</sup> Deze drie genoemde kleinere verhandelingen kunnen als sleutel dienen voor de verdere uitgebreide oudere literatuur, waarop hier niet nader ingegaan zal worden, evenmin als op de latere literatuur, waarin men de herhaling van een of andere oudere zienswijze vindt.

*semus pectiniformis* en *Rhynchopygus Marmini* op M-krijt en *Nerita rugosa* op het jongste gedeelte van M. Doch praktisch heeft men slechts weinig aan de opgave van een enkel kenmerkend fossiel. Men zal bijna steeds een kleine fauna bijeen moeten zoeken.

Zoolang er nog geen uitvoerige palaeontologische revisie van het krijt in Henegouwen bestaat, zal de hier volgende aangave der Limburgsche aequivalenten palaeontologisch zwak geargumenteerd moeten blijven voor eenige onderafdeelingen; vooral voor de aequivalentie van A + V en van G zal blijken hoe weinig zeker wij nog kunnen concluderen.

Evenzoo is het niet mogelijk om een eenigszins volledige nieuwe fossiellijst met opgave der verticale verspreiding voor het Limburgsch krijt te geven, vóórdat vele nieuwe en nauwkeurige gegevens vooral over de juiste vindplaatsen der soorten bekend zijn en bovendien eenige groepen gereviseerd of beter bekend zijn.

#### Onder-Senoon <sup>1)</sup>.

Men onderscheidt 1°. Akensche zanden en kleiafzettingen; een kustformatie gevormd door duinzand <sup>2)</sup> met plaatselijk een ingespoelde mariene fauna en 2°. groenzand van Vaals <sup>3)</sup>: neritische glauconietrijke zanden met kleilizen.

Sedert PURVES <sup>4)</sup> worden deze twee typen van het Onder-Senoon veelal als twee afzonderlijke zône's beschouwd, waarbij dan A gelijkgesteld werd met de Craie de St Vaast en V met de Craie de Trivières.

1. Bij het doorzien van kernboormonsters en een voortreffelijk bewaard gebleven materiaal uit de schachten der Staatsmijn Emma en S. M. Maurits bleek mij, dat er voor V eenige goed- en gemakkelijk herkenbare fossielen zeer geregeld voorkomen. Deze zijn: *Inoceramus Cripsii* MANT., *Trigonia Vaalsiensis* BÖHM, *Crassatella arcacea* ROEM, *Pecten virgatus* NILSS, *Cardium Noeggerathi* MÜLL, *Liopistha aequivalvis* GOLDF., *Eryphila lenticularis* GOLDF., *Tapes faba* Sow, *Arca subglabra* D'ORB., *Cytheraea ovalis* GOLDF., *Lipodesthes Schlotheimi* ROEM., *Actinocomax quadrata* BLAINV., *Scaphites aquisgranensis* SCHLÜT.

2. HOLZAPFEL geeft in zijn uitgebreid werk over de Onder-Senone fauna ook een lijst van de mariene schelpen, die gevonden werden in het Akensch zand, afkomstig dus van kleine mariene afzettingen, die b.v. bij een hooge vloed in deze kustformatie neergelegd werden (l. c. blz. 36).

<sup>1)</sup> Naar de hierin voorkomende belemniet *Actinocomax quadrata* ook dikwijls aangeduid als: *quadrata*-krijt.

<sup>2)</sup> Een afbeelding van duidelijke kriskrasgelaagdheid gaf BEISSEL (l. c. blz. 89, fig. 9).

<sup>3)</sup> Vroeger ook dikwijls Hervensche zanden genoemd. Reeds in 1912 gebruikt VAN WATERSCHOOT VAN DER GRACHT de naam „Groenzand van Vaals” (De Ontwikkeling der Krijtformatie in Limburg en Brabant van de Z.-Limb. grens tot aan de groote rivieren. — Jaarversl. Rijks opsp. Delft, 1912.). Door RUTOT (l. c. blz. 181) is de aequivalentie der zanden van Herve en van Vaals aangetoond. Zie ook DEBEY (l. c. blz. 278).

<sup>4)</sup> Bull. Mus. Royal. Hist. Nat. Belg. T. II, 1883.

Hieronder bevinden zich: *Ostrea laciniata* NILSS, *Inoceramus Cripsii* MANT., *Trigonia Vaalsensis* BÖHM, *Crassatella Arcacea* ROEM.

3. Een typische combinatie voor de Craie de Trivières vormt *Actinoc. quadrata* en *Inocer. balticus* BÖHM, die beiden <sup>1)</sup> in het Vaalskrijt voorkomen, terwijl in de Assise de St Vaast en zijn equivalent in Noord-Frankrijk deze vormen niet voorkomen, maar deze formatie o. a. getypeerd wordt door *Actinocomax verus* en *Inoceramus involutus*, die in het Limburgsche gebied ontbreken <sup>2)</sup>.

Zoo is er geen reden om aan te nemen, dat er in Zuid-Limburg een equivalent van het Cr. de St Vaast ontwikkeld is <sup>3)</sup>, doch wij zien uit 1 en 2, dat de fauna's in A en V niet belangrijk verschillen <sup>4)</sup>, doch juist kenmerkende soorten gemeen hebben en dat A en V samen misschien als equivalent van het Trivières-krijt beschouwd kan worden.

Uit boringen is het juiste verloop der breede A-duinkust niet nauwkeurig vast te leggen; V ligt er voor een groot gedeelte transgressief overheen en terwijl waarschijnlijk een hoeveelheid van het duinzand in V opgenomen werd, bleven plaatselijk nog A-resten over (zie hierover verder blz. 284 en fig. 10).

HOLZAPFEL vermeldt, dat in V, de typische aan de kust voorkomende vormen, die men in de omgeving van Aken daarin vindt, meer naar het Westen verdwijnen, waar juist de pelagische typen op den voorgrond treden (l. c. blz. 39). (De Mollusken, die alleen in A en niet in V gevonden werden, wijzen alleen op een strandfacies).

Op enkele plaatsen zijn spicula's van kiezelponzen gevonden zoowel in A als in V (zie blz. 298). Een nader onderzoek naar hun aard alsook naar de vraag of deze al dan niet ingespoeld zijn, is nog niet geschied.

V rust op A of op Carboon met een basisconglomeraat, dat rijk is aan kiezelrolstenen <sup>5)</sup>. De verweerde Carbonische gesteenten vormen onder het krijt een laag die als „baggert" bekend staat <sup>6)</sup>.

### Samenvatting der Literatuur speciaal over het Onder-Senoon in Zuid-Limburg.

#### *Algemeene beschouwingen en Overzichten:*

M. H. DEBEY. Entwurf zu einer geognostisch-geogenetischen Darstellung der Gegend von Aachen, Aml. Ber. Gesellsch. Deutsch. Naturf. u. Artzt. v. 1849, A<sup>o</sup>. 1849, S. 269—328, Taf. IV (profielen).

<sup>1)</sup> Deze laatste wordt vermeld door HOLZAPFEL (1911, Blatt. Aachen, blz. 28).

<sup>2)</sup> Uitvoerder opgaven van fossielen uit het krijt van Henegouwen kunnen niet gegeven worden. Professor CORNET te Mons verzekerde mij, dat de andere opgaven volledig moeten worden gereviseerd.

<sup>3)</sup> RUTOT (l. c.) geeft aan, dat A aan de linkeroever der Maas en in het dal van de Geer ontbreekt. De „couches d'Eghezée" en de „glauconie de Loncée" in de dalen van de Kleine Geete en de Méhaigne geeft hij zelf als zeer twijfelachtige equivalenten van A aan. Tenslotte kan men zien, dat hij eigenlijk geen argument geeft voor zijn gelijkstellen van A met het krijt van St. Vaast; *Ostrea hippodium* heeft een te groote verticale verspreiding; *Bel. quadrata* wordt niet vermeld van St Vaast.

<sup>4)</sup> Zie HOLZAPFEL, l. c. blz. 36.

<sup>5)</sup> DEBEY l. c. blz. 276. BINKHORST l. c. blz. 181.

<sup>6)</sup> STARING l. c. blz. 355.



- IGN. BEISSEL. Der Aachener Sattel, 1886.  
 E. HOLZAPFEL. Die Geologie des Nordabfalles der Eifel und der Gegend von Aachen. Abhand. Geolog. Landesanstalt Berlin 1910, N. F. 66.  
 E. HOLZAPFEL. Erläuterungen zur Geolog. Karte von Preussen. Königl. Preuss. Geolog. Landesanstalt Gradabt. 65, N<sup>o</sup>. 11, 1911.

*Palaeontologie:*

*Flora:*

- M. H. DEBEY u. C. VON ETTINGHAUSEN. Die urweltlichen Thalphyten und Acrobyten des Kreidegebirges von Aachen und Maastricht. Gedenkschr. Kaiserl. Akadem. Wissensch. Wien, XVI—XVII, 1859.  
 (Hierin wordt de oudere Literatuur van SCHLOTHEIM, GÖPPER, DEBEY, POMEL en MIQUEL opgegeven en besproken).  
 M. H. DEBEY. Ueber fossile Coniferen der Aachener Kreide. Verh. Naturh. Ver. d. Preuss. Rheinl. u. Westfalen. Jahrg. XXXIV, S. 110, 1877.  
 M. H. DEBEY. Sur les feuilles querciformes des sables d'Aix la Chapelle. Compte rendu du Congrès de Botanique et d'Horticulture, Bruxelles de 1880—1881.  
 G. SMETS. Un reptile nouveau des sables d'Aix la Chapelle—Le Muséon Louvain, T. VI, p. 133—142, 1887. M. HOVELACQUE. Sur la nature végétale de l'Achénosaurus multident. G. SMETS. Bull. Soc. Belge de Geolog. etc. Mém. T. IV, p. 59, 1890. („Le prétendu machoire d'Aachenosaurus est un rameau de Dicotyledone").  
 TH. LANGE. Beiträge zur Kenntniss der Flora des Aachener Sandes. Zeitschr. Deutsch. Geolog. Gesellsch., Bd. XLII, S. 658—676, Taf. XXXII—XXXIV, 1890.  
 B. KRÄUSEL u. W. J. JONGMANS. Ueber pflanzenführende Kreideschichten aus der Umgebung von Heerlen und die Verbreitung des Aachener Sandes in den Südlichen Niederlanden. Senckenbergiana, Bd. V, heft 5—6, 1923.

*Fauna:*

- J. MÜLLER. Monographie der Petrefacten der Aachener Kreideformation. Verhandl. Naturh. Ver. Preuss. Rheinl. u. Westf., 1e Abt. 1847, 2e Abt. 1851, supplement 1859.  
 P. DE RYCKHOLT. Mélanges Paleontologiques, le part. Aperçu géognostique des environs de Tournay 1847. (Mém. couronnés etc. Akad. Royale Belgique, T. XXIV, 2e partie. Aperçu Geognostique des environs de Visé, 1853).  
 J. MÜLLER. Ueber die gastropoden der Aachener Kreide. Progr. d. Königl. Gymn. Aachen 1849.  
 IGN. BEISSEL. Ueber die Bryozoën der Aachener Kreidebildung. Naturk. Verh. d. Holl. Maatsch. v. Wetensch. te Haarlem, 2e verz., Dl. XXII, 2e st., 1865.  
 E. HOLZAPFEL. Ueber einige wichtige Mollusken der Aachener Kreide. Zeitschr. Deutsch. Geolog. Gesellsch., Bd. XXXVI, S. 454—484, Taf. VI—VIII, 1884.  
 W. DAMES. Ueber kreide-Mollusken von Aachen. Zeitschr. Deutsch. Geol. Gesellsch., Bd. XXXVI, S. 882—884, 1884.  
 E. HOLZAPFEL. Ueber die Fauna des Aachener Sandes und seine Aequivalente. Zeitschr. Deutsch. Geolog. Gesellsch., Bd. XXXVII, S. 595—609, 1885.  
 J. BÖHM. Der Grünsand von Aachen und seine Molluskenfauna. Dissert. Bonn 1885. 2e. Verh. Naturk. Ver. d. Preuss.-Rheinl. u. Westf., Jahrg. XLII, 1885.  
 E. HOLZAPFEL. Die Mollusken der Aachener Kreide. Palaeontografica, Bd. XXXIV, S. 29—180, Taf. IV—XXI, 1888; Bd. XXXV, S. 139—268, Taf. VIII—XXXIX, 1889.  
 I. BEISSEL. Die Foraminiferen der Aachener Kreide. Abhandel. d. Kgl. Preuss. Geolog. Landesanstalt, N. F. Heft 3 u. Atlas, 1891.

**Boven-Senoon <sup>1)</sup>.**

**Gulpensch Krijt.**

Over het Onder-Senoon en de beide jongste afdeelingen van het

<sup>1)</sup> Naar het voorkomen van *Belemnitella mucronata* v. SCHLOTH. ook dikwijls *mucronaten-krijt* genoemd. De Franschen noemen dit Maestrichtien; in België verstaat

Boven-Senoon bestaat een omvangrijke speciale palaeontologische Literatuur, maar een dergelijke ontbreekt voor het witte fijnpoederige schrijfkrijtachtige gesteente, het z.g. Gulpensch krijt. Wel zijn er enkele fossielen van beschreven in eenige werken (HOLZAPFEL, BOSQUET, SCHLÜTER, LAMBERT<sup>1)</sup>), maar vele der opgaven in oude fossiellijsten berusten op determinatie's naar werken over krijt in andere landen (b.v. Noord-Duitschland: Rügen — v. HAGENOW of Frankrijk: Meudon — HÉBERT). Betrouwbare gegevens over de G-fauna zijn dan ook veel geringer in aantal, dan voor een der andere onderafdeelingen. Behalve de doop het geheele Boven-Senoon zoo veel voorkomende: *Belemnitella mucronata* SCHLOTH en *Ostrea vesicularis* GOLDF. kan ik de volgende kleine lijst als typische G-krijt-combinatie vermelden: *Magas pumilus* Sow., *Terebratula carnea* Sow., *Rhynchonella cf. plicatilis* Sow., *Rhynchonella limbata* SCHLOTH., *Cardiaster granulosus* GOLDF., *Echinoconus sulcatoradiatus* GOLDF., *Salenia antophora* MÜLL., *Scaphites tridens* KNER., *Inoceramus Cripsii* MANT.<sup>2)</sup>

In Henegouwen is het oudste sediment met *Bel. mucronata* (met aan de basis afgerolde exemplaren van *Actinocomax quadrata*) de Assise de Nouvelles; het eenige gegeven, dat men verder kan vermelden om een aequivalentie aan te toonen met het G-krijt is het veelvuldig voorkomen van *Magas pumilus*. Eerst indien men de hierachter volgende aequivalentie's der jongere Boven-Senonische étages aanneemt (die inderdaad op veel gegevens berusten), zal men de hier aangeduide mogelijkheid eener gelijkstelling van G met de assise de Nouvelles toch niet zoo geheel onwaarschijnlijk kunnen achten; om het G-krijt te gaan onderverdeelen en de craie de Nouvelles en craie d'Obourg in Limburg te herkennen, ontbreekt echter op 't oogenblik het noodige zorgvuldig genoeg verzamelde palaeontologische materiaal. (Misschien is het conglomeraat van Wahlwylre<sup>3)</sup> een belangrijke scheidingslaag — ?).

Er komen in Gulpensch krijt veel vuursteenknollen voor, die zeer

men onder Maestrichtien (sensu stricto) het bovenste gedeelte van het Fransche Maestrichtien, dus wat wij Maastrichtsche Tufkrijt noemen (zie Tabel blz. 273).

<sup>1)</sup> J. LAMBERT. Description des Echinides Crétacés de la Belgique. Mém. Mus. Royal d'Hist. Nat., Tome IV, 1911. (Hierin worden ook Echiniden uit de Kunrader kalksteen beschreven).

<sup>2)</sup> Literatuuropgaven die de eerstgenoemde brachiopode ook van lagere of hogere niveau's vermelden, heb ik niet kunnen controleren; een dergelijk voorkomen is best mogelijk; ook uit de Engelsche *Trimingham Chalk* wordt ze door CORNET (p. 599, 1923) vermeld; andersom werd in het G-krijt van Slenaken *Trigonosemus Palássi* gevonden (verzameling Leiden), die juist in het gebied van Mons als kenmerkend beschouwd wordt voor de Assise de Spiennes. Dit kan er alleen op wijzen, dat men bij formatie's, die weinig in ouderdom verschillen, verkeerd doet slechts één „gidsfossiel" in 't oog te houden. *Terebratula carnea* komt zeker in het geheele Limburgsche Boven-Senoon voor, *Cardiaster granulosus* in G, niet in K, *Echinoconus sulcatoradiatus* komt volgens andere opgaven (BEISSEL) ook in K voor, volgens CORNET ook in het Craie de Trivières. *Salenia antophora* is zeldzaam, schijnt tot nu toe alleen in G gevonden te zijn. *Scaphites tridens* schijnt eveneens tot G beperkt te zijn en zou wellicht het meest in aanmerking komen een gidsfossiel genoemd te worden. *Inoc. Cripsii*, reeds uit Ondersenoen bekend, komt vooral aan den Schneberg in groote exemplaren voor.

<sup>3)</sup> Zie blz. 282, 301 en fig. 2.

dikwijls zwart of zwart-grijs gevlekt zijn. Hun vorm is meestal zeer onregelmatig en op vele plaatsen is een rangschikking in horizontale niveau's duidelijk te zien. Op grond van het voorkomen of ontbreken van vuursteen baseerde C. UBAGHS een onderverdeeling van het krijt, zoo dus b.v. „Gulpensch krijt met zwarte vuursteen”. Het komt echter niet altijd heel mooi uit, want er zijn even goed geheel grijze typen onder, die weer kenmerkend voor een andere afdeling behoorden te zijn <sup>1)</sup>).

Er zal in het derde gedeelte aangetoond worden, dat de vuursteen in het Limburgsch krijt niet gelijktijdig met het sediment zelf gevormd zijn en men kan ze dus niet voor het maken van een stratigrafische indeeling gebruiken, doch eerst later, wanneer deze indeeling gereed is, kan men onder de kenmerken der onderafdeelingen ook den aard der daarin eventueel voorkomende vuursteen beschouwen.

Bijzonder kenmerkend voor het G-krijt is allereerst de fijnpoederige geaardheid, die aan schrijfkrijt doet denken en het mikroskopisch beeld met de talrijke kleine sponsspicula's (mèt askanalen). (BEISSEL geeft hiervan reeds uitvoerige beschrijving en bijzonderheden aan.) Deze twee kenmerken heb ik als zeer belangrijk beschouwd, omdat ze gebonden schijnen te zijn aan een meer bathyaal karakter van de zee, waarin het sediment werd afgezet <sup>2)</sup>). Dit vormt een scherpe tegenstelling met de neritische facies der beide andere leden van het Boven-Senoen. Ik zal in het vervolg met G-krijt steeds bedoelen het hier aangeduide fijnpoederige witte krijt: met of zonder vuursteen er in en eventueel aanwezige glauconiet en dit geheel kan dan waarschijnlijk als aequivalent beschouwd worden aan de Assise de Nouvelles, hetgeen bij gebrek aan voldoende gegevens echter niet met zekerheid gezegd kan worden.

UBAGHS en RUTOT namen aan een aequivalentie van het grofkorrelige tufkrijtachtige gedeelte (met de vele vuursteenlagen) onder het z.g. coprolithenlaagje langs de Zuid-Willemsvaart (ten Zuiden van Maastricht) met het: *craie grossière de Spiennes* en rekenden hiertoe verder ook het fijne witte krijt met zwarte vuursteen in het Oosten der provincie. Zij noemden deze beiden samen: „Gulpensch krijt met zwarte vuursteen” en beschouwden hierbij het tufkrijtgedeelte en het witte krijt als facieel verschillend doch synchroon. Het wit fijnkorrelig Gulpensch krijt zonder vuursteen en het z.g. glauconietkrijt werden dan gelijkgesteld met *craie de Nouvelles* resp. *craie d'Obourg* <sup>3)</sup>). Indien men echter het kenmerk der „zwarte vuursteen” zijn waarde ontnemt en alléén het „schrijfkrijttype”: Gulpensch krijt noemt, dan valt vanzelf het hier genoemde krijt langs de Zuid-Willemsvaart buiten het begrip: Gulpensch krijt en kan aan den anderen kant Gulpensch krijt (in den nieuwen zin) niet zoo maar tot het „*craie grossière de Spiennes*” gerekend worden <sup>3)</sup>) — ook al komen er zwarte vuursteen in voor.

<sup>1)</sup> Hierop werd reeds duidelijk gewezen door J. VAN BAREN (Bodem van Nederland, blz. 295).

<sup>2)</sup> Als derde — negatief — kenmerk kan men nog hieraan toevoegen het ontbreken van de elders zoo rijk vertegenwoordigde neritische typen onder de Lamellibranchiata en het nagenoeg afwezig zijn van Gastropoden.

<sup>3)</sup> Zie hierover verder blz. 269.

Op Duitsch gebied vindt men aan den onderkant van het G-krijt een basisconglomeraat, waarin afgerolde versteeningen uit het Onder-Senoon voorkomen. HOLZAPFEL vermeldt, dat het bovenste gedeelte van het G-krijt met vuursteen discordant op het onderste rust met een breccie en dunne laagjes glauconiet (tusschen Aachener Wald en Lusberg) <sup>1)</sup>. Dit is waarschijnlijk een voortzetting van de tusschenlaag van Wahlwylre, die op blz. 301 uitvoerig beschreven wordt.

### Kunrader formatie.

In 1888 werd door C. UBAGHS een lijst der Kunrader fauna gegeven en een vergelijking van deze fossielen met het fosphaathoudend krijt van Ciply leverde een honderdtal gemeenschappelijke vormen op. Ook al indien er fossielen verkeerd door hem gedetermineerd zijn en de opgave der Ciply-fossielen eveneens herzien moet worden, was over 't geheel echter hiermee reeds toen de overeenkomst der beide fauna's wel afdoende aangetoond.

DE GROSSOUVRE bestudeerde de Ammonieten uit beide streken <sup>2)</sup>; de beide formatie's hebben de typische *Pachydiscus colligatus* en *Pach. neubergicus* gemeen. De eerste behoort in Henegouwen echter tot de groote zeldzaamheden.

Op verschil en verhouding van K en M wordt hierachter bij de bespreking van M nader ingegaan; nu zullen alleen eenige kenmerken van K genoemd worden.

VOGEL wees er op <sup>3)</sup>, dat *Lima semisulcata* in M iets anders is als in K; de vormen in M hebben een rechten slotrand, die in K een gebogen slotrand.

De twee door SCHLÜTER beschreven Echiniden <sup>4)</sup>, die tot nu toe alleen in K gevonden werden, kunnen moeilijk gidsfossielen genoemd worden; ze zijn te zeldzaam. (*Echinogalerus Mülleri* en *Echinoconus Vetschauensis*).

Bijzonder talrijk daarentegen zijn de cilindervormige voorwerpen die als *Gyrolithes Kunradensis* beschreven werden <sup>5)</sup>. Ze komen niet in een der andere onder-afdeelingen van het Limburgsche Senoon voor en zijn daardoor juist van belang voor K, al zijn de voorwerpen zelf nog onopgehelderde puzzle's. De Kunrader formatie <sup>6)</sup> omvat namelijk lagen harde kalksteen en tufkrijtgedeelten; dikwijls vormen deze beiden een herhaaldelijke opeenvolging van horizontale kalksteenbanken en zachtere tusschenlagen. Doch waar deze tufkrijtgedeelten een dikker complex

1) HOLZAPFEL 1911 (Blatt Aachen) blz. 29 en 35.

2) DE GROSSOUVRE. Description des Ammonitidés du Crétacé Super. du Limbourg, Belge et Holl. et du Hainaut. Mém. Mus. Royal d'Hist. Nat. de Belg., IV, 1908.

3) F. VOGEL. Lamellibranchiata aus dem Ober. Mucronata Kreide v. Holl. Limburg. Samml. Geolog. Reichsmuseum Leiden, 1895, N. Folge, Bd. II.

4) C. SCHLÜTER. Zur Gattung Caratomus. Zeitschr. Deutsch. Geol. Gesellsch., Bd. 54, 1902. Zie verder J. LAMBERT l. c. 1911.

5) J. H. F. UMBROVE. Eenige problematische fossielen uit het Limburgsche Krijt. Natuurhistor. Maandblad (Limburg), Jaarg. 14, N°. 7, 1925.

6) Juist omdat er meer dan een gesteentesoort in voorkomt heb ik de naam „formatie" gebruikt, ofschoon hieraan meestal een uitgebreider beteekenis gegeven wordt.

vormen kan men ze zonder bijzondere hulpmiddelen niet onderscheiden van Maastrichtsch Tufkrijt of Daniën-tufkrijt in Henegouwen (Tuffeau de Ciplly): Er zijn alleen palaeontologische verschillen <sup>1)</sup>. Wanneer nu in een ontsluiting andere kenmerkende vertegenwoordigers der K-fauna vergeefs naar zich laten zoeken, kunnen de zooveel voorkomende Gyrolithen van dienst zijn en het is alleen op grond van het vinden van deze *G. Kunradensis*, dat ik het tufkrijt in eenige ontsluitingen bij Ransdaal en in die aan den weg langs de Geul E. van kasteel Oost bij Valkenburg tot K (en niet tot M) heb gerekend.

Van belang is ook het voorkomen van plantenresten die door MIQUEL <sup>2)</sup>: *Phyllites monocotyleus* gedoopt zijn; lange slieren meest 1—2 c.m. breed en met een 20-tal nerven (?); ze liggen kriskras over elkaar heen. Een afgesloten geheel dezer „bladen” werd tot nu toe niet bekend, zoodat men niet eens kan zeggen of ze werkelijk ingespoelde bladen van een Monocotyl zijn dan wel resten van een alg. (?). Reeds in het oppervlakte-krijt werden ze gevonden op verschillende plaatsen tusschen Kunrade en Simpelveld en in talrijke boringen trof ik ze aan <sup>3)</sup>. DEBEY heeft er reeds op gewezen, dat het belangrijke kenmerken zijn voor K; hij noemde ze „Najadeënblätter” (l. c. 286, 287 — A°. 1849).

Door HOLZAPFEL wordt aangegeven <sup>4)</sup>, dat de fauna in het krijt van Irnich als aequivalent met die in K beschouwd moet worden. Indien men echter de fauna, die door VOGEL beschreven werd <sup>5)</sup> met die der Limburgsche formatie's vergelijkt, toont ze meer overeenkomst met M dan met K. VOGEL zelf heeft dit ook vermeld; een gelijkstelling met een van beiden scheen ook VOGEL aan de hand van de gevonden soorten niet mogelijk of wenschelijk. Volgens FLIEGEL <sup>6)</sup> komt dit krijt van Irnich langs een breukrand voor en is het behoud te danken aan tektonische bewegingen.

In de omgeving van Aken bezit K een basisconglomeraat, aan de Laurentzberg, de Vetschauerberg en de Lusberg („Lusberger breccie”); afgeschuurde tanden van Haaien en *Mosasaurus* en afgerolde phosphoritische steenkernen van Mollusken komen er in voor <sup>7)</sup>. In den tijd dat deze Lusberger breccie goed ontsloten was heeft DEBEY deze uitvoerig beschreven en maakt het waarschijnlijk, dat dit basisconglomeraat, dat daar los ligt (zonder bovenliggend krijtsediment), inderdaad aan K (niet b.v. aan M) toebehoort heeft <sup>8)</sup>.

1) De uiterlijke overeenkomst met M wordt plaatselijk nog versterkt door het voorkomen van enkele laagjes grofkorrelig fossielrijk materiaal.

2) F. H. W. MIQUEL. De fossiele planten uit het krijt in Limburg. Verhand. Comm. Geolog. Kaart v. Nederland, 1e Deel, 1853.

3) B.v. schacht Emma I tusschen 24 en 29 M. — A. P.; Oranje Nassau III tusschen 9 en 10 M. — A. P.

4) HOLZAPFEL l. c. 1910.

5) F. VOGEL. Das Obersenon von Irnich am Nordrand der Eifel. Diss. Bonn 1892.

6) G. FLIEGEL. Der Untergrund der Niederrheinischen Bucht. Abh. Preuss. Geolog. Landesanst. N. F. 92, 1922.

7) HOLZAPFEL 1911. Blatt. Aachen, bl. 37, 38.

8) DEBEY 1849, biz. 283—286. *Phyll. monocotyleus* komt er o.a. ook in voor.

De vuursteen, die in K voorkomen, zijn dikwijls donker tot zwart gekleurd, doch ook grijze typen komen voor. Wat hun vorm betreft komen ze overeen met die uit M; men treft ze aan zoowel in de harde banken als in de zachtere tusschenlagen, vooral platen en knolvormige typen komen voor, maar ook buisvormigen, die van binnen normaal tufkrijt bevatten.

#### Maastrichtsch Tufkrijt <sup>1)</sup>.

Uit de zoo rijke fauna wordt voor enkele belangrijke groepen de verspreiding der soorten in M en K hier aangegeven:

	Totaal beschreven.	Gevonden in M.	Gevonden in K.	Gevonden in M en in K.
<i>Lamellibranchiata</i> <sup>2)</sup> .....	100	67	17	16
<i>Gastropoda</i> <sup>3)</sup> \ .....	188	85	66	37
<i>Brachiopoda</i> <sup>4)</sup> .....	23	17	1	5
<i>Ammonoidea</i> <sup>5)</sup> .....	10	2	6	2

Van de 10 *Ammonoidea* worden 2 *Sphenodiscus*-soorten <sup>6)</sup> alleen in M, 3 *Pachydisci* <sup>7)</sup> alleen in K gevonden en onder deze laatsten zijn de hiervóór reeds vermelde belangrijke gidsfossielen, die een zoo belangrijke steun geven voor de aequivalentie van K met het Craie phosphatée de Ciply. Twee *Scaphites* <sup>8)</sup> werden zoowel in M als in K aangetroffen, de overige 3 *Ammonoidea* <sup>9)</sup> komen alleen in K voor. Verder komt in K dikwijls voor *Nautulus depressus* BINKH., in M daarentegen de veel grootere *Nautulus Heberti* BINKH.

De fossielen, die CORNET vermeldt <sup>10)</sup> als kenmerkend voor het Maastrichtien sensu stricto, de tuffeau St Symphorien, zijn tevens kenmerkend voor M. Onder dezen kunnen weer als de meest typische genoemd worden de combinatie: *Trigonosemus pectiniformis* en *Hemipneustus striatoradiatus*.

<sup>1)</sup> De naam tufkrijt heb ik behouden; het Duitse „Tuffkreide” en het Fransche „Tuffeau” zijn eveneens reeds zoo herhaaldelijk gebruikt, dat het moeilijk is om naast deze eigenaardige benaming nog een andere in te voeren. In het land zelf noemt men dit gesteente „mergel”, hetgeen voor een geologisch oor een onaangename gewoonte is.

<sup>2)</sup> VOGEL l. c. 1895.

<sup>3)</sup> F. KAUNHOWEN. Palaeontolog. Abh. v. DAMES u. KOKEN, N. F., Bd. IV, 1897. Jena. (9 zijn wegens onzekerheid buiten beschouwing gelaten).

<sup>4)</sup> J. BOSQUET. Monografie des Brachiopodes fossiles du terrain Crétacé du Duché de Limbourg, 1859.

<sup>5)</sup> DE GROSSOUVRE l. c. 1908.

<sup>6)</sup> *Sph. Binkhorsti* BÖHM komt veel voor. Van *Sph. Koninoki* HYATT. is slechts één exemplaar in het Museum te Washington.

<sup>7)</sup> *Pach. colligatus* BINKH.; *Pach. neubergicus* v. HAG.; *Pach. gollevillensis* D'ORB.

<sup>8)</sup> *Scaphites constrictus* SOW.; *Scaph. cf. Roemeri* D'ORB.

<sup>9)</sup> *Scaphites pungens* BINKH.; *Gaudryceras cf. Kayei* FORL.; *Aptychus rugosus* SHARPE.

<sup>10)</sup> J. CORNET. Geologie, Tome IV, p. 598, 1923.

Reeds na veronderstelling der aequivalentie van M met de tuffeau St Symphorien en van K met de craie phosphatée de Ciply kan men besluiten, dat de palaeontologische verschillen van M en K ouderdomsverschillen (b.v. geen faciesverschillen) zijn, omdat n.l. de tuffeau St Symphorien transgressief op het fosfaatkrijt van Ciply rust en daarvan door een basisconglomeraat gescheiden is. De genoemde *Sphenodiscus* en de *Pachydisci* zijn dus voor Limburg goede gidsfossielen.

Indien men in Zuid-Limburg K en M karteert en in boringen nagaat, zonder zich eerst in den aard 'der verschillen te verdiepen, blijkt ook bij het teekenen van profielen, dat men niet met een facieelverschil, doch met sedimenten van verschillende ouderdom te doen heeft. Dit wordt in het tweede gedeelte verduidelijkt.

Tenslotte zal bij het mikroskopisch onderzoek der sedimenten — in het derde gedeelte — blijken, dat we te doen hebben zoowel bij M als bij K met een neritisch, kort bij de kust gevormd, sediment zonder eenig facieel verschil; doch dat bij K de diagenese een andere en grotere rol gespeeld heeft dan bij M.

In het bovenste gedeelte van het M-krijt komt op vele plaatsen een rijkvertegenwoordigde koraalriffauna voor, meestal in lensvormige opeenhoopingen van materiaal op secundaire ligplaats. In het oudere gedeelte van M ontbreken deze typische riffauna-laagjes <sup>1)</sup>. De eenigszins vage grens zou men desnoods kunnen gebruiken voor een stratigrafische onderverdeling van het M-krijt <sup>2)</sup>, doch in dien zin, dat tijdens de sedimentatie van het M-krijt de zee ondieper werd tot op een gegeven oogenblik de levensvoorwaarden voor de riffauna bijzonder geschikt was en deze er rijkelijk tot ontwikkeling kon komen <sup>3)</sup>. Het optreden van deze riffauna in het jongere gedeelte van het M-tufkrijt wijst dus waarschijnlijk op een geleidelijke regressieperiode der zee.

De grens tusschen K en M is in een groote groeve aan de Schaasberg bij Oud-Valkenburg ontsloten; de overgang is vrij geleidelijk, de grens ligt bij ongeveer 115 M. + A. P.; ook bij Amby (boring N<sup>o</sup>. 1581) was geen basisconglomeraat voor M aanwezig <sup>4)</sup>. RUTOR beschouwde het z.g. coprolithenlaagje <sup>5)</sup> als een soort basisconglomeraat voor M <sup>6)</sup>.

<sup>1)</sup> In de groote groeve bij Ruïne Lichtenberg (S. v. Maastricht) bedraagt de dikte van dit onderste gedeelte ongeveer 25 M.

<sup>2)</sup> Deze indeeling komt dan ongeveer overeen met de gedeelten die UBAGHS in 1887 noemde Maastrichtien superieur en M. inférieur (zijn oudere drietallige indeeling had hij toen opgegeven).

<sup>3)</sup> Dit wordt uitvoeriger uiteengezet in: De Anthozoa uit het Maastrichtsche Tufkrijt. Leidsche Geolog. Mededeel., Dl. I, 1925.

<sup>4)</sup> UBAGHS vermeldt nog dat hij bij het maken van een put in het tufkrijt der Valkenburgsche grot op Kunrader kalksteen terecht gekomen is (1887, blz. 213).

<sup>5)</sup> Zie hierover verder in het derde, petrografische, gedeelte. Deze naam werd door UBAGHS bedacht.

<sup>6)</sup> Een tijldang werd door UBAGHS en BINKHORST dit „coprolithenlaagje” (dat enkele decimeters dik kan zijn) als een aequivalent van K beschouwd, een eigenaardige opvatting, die echter reeds in de aangehaalde Literatuur van 1888 was verlaten; in latere literatuur duikt dit idee echter telkens op; zoo b.v. nog in het Eindverslag der Rijksopsporing van Delfstoffen (1918, blz. 85). Wel wordt daar de betiteling coprolithen als twijfelachtig aangeduid en de voorwerpjes als gerolde phosphorietknollen betiteld. [Het is waarschijnlijk als een dun laagje ingespoeld kleimateriaal (met plantenresten) op te vatten].

Er komen in het Maastrichtsche Tufkrijt veel fossielhoudende calcedoonconcretie's, z.g. vuursteen, voor. Ze zijn gelegen in min of meer duidelijke horizontale niveau's en in den regel liggen de vuursteen korter bij elkaar naarmate de horizontale niveau's dichter op elkaar volgen. In de genoemde ontsluiting bij Ruïne Lichtenberg is in M een dergelijk volledig „systeem" te zien. Ongeveer ter halver hoogte der groeve volgen de niveau's kort na elkaar tot een paar d.M., daarboven en daaronder worden de afstanden grooter (tot 6 M. toe) en liggen de vuursteenknollen van eenzelfde niveau ver van elkaar af. De meest uiteenlopende vormen komen voor: platen, bolvormigen, cylindfers, buisvormigen, waarin soms weer een staafvormige vuursteen kern aanwezig is en onregelmatige klompen, waarin nog dikwijls kernen en gangen van tufkrijt voorkomen. Het is opvallend, zooveel overeenkomst als deze vormen hebben met de typen die DE COSSIGNY afgebeeld heeft van het Senoon uit het Parijsche Bekken. De teekeningen, die hij geeft konden evengoed naar Limburgsche vuursteen zijn gemaakt.

Ook langs nagenoeg verticale scheuren in het krijt komen op talrijke plaatsen vuursteen voor<sup>1)</sup>. De kleur der vuursteen in het M-krijt is in den regel grijs; bruinkleuring door limoniet komt hier evengoed als elders voor. Slechts indien men de vuursteen doorslaat, toonen de binnenste kiezelzuurrijkste gedeelten een donkerder kleur. Bij kasteel Blankenberg<sup>2)</sup> trof ik een horizontale vuursteenlaag aan van 1 M. dikte, die over een tiental meters te vervolgen is.

#### Over het „craie de Spiennes".

Het vuursteenrijke tufkrijt, dat zich langs de Zuid-Willemsvaart onder de basis van het M-krijt bevindt, werd nog door RUPOR beschouwd als een equivalent van het onderste gedeelte van de Assise de Spiennes: craie grossière de Spiennes, zooals reeds bij de bespreking van G uiteengezet is. Het is best mogelijk, dat dit zoo is. Ik kon er echter nog niet in slagen hier een belangrijke fauna te verzamelen, zoodat het mij dan ook geheel onmogelijk was om E van de Maas dit „craie de Spiennes" ergens te karteeren, — omdat ik er geen behoorlijke kenmerken voor heb kunnen vaststellen. Men zou het zich in de profielen desnoods kunnen denken tusschen M en G naar het E uitwiggend — indien (?) het er aanwezig is. Door UHLENBROEK wordt dit (Cr. 4) op vele plaatsen aangegeven; ik kon daar meestal niet anders dan alleen maar „tufkrijt" of wit krijt met vuursteen zien (cf. blz. 281).

Een merkwaardige beschouwing geeft DE GROSSOUVRE over de Kunrader formatie en het Spiennes-krijt, n.l.<sup>3)</sup>: „On a pendant longtemps regardé le calcaire de Kunraed comme étant supérieur à la craie à silice<sup>4)</sup> et constituant la base du tuffeau de Maestricht; mais si l'on

<sup>1)</sup> Hierover volgt meer in het derde gedeelte.

<sup>2)</sup> Ongeveer 1 c.M. links van de B van Blankenberg op de topogr. kaart 1: 50 000 bij de ombuiging van het voetpad.

<sup>3)</sup> A. DE GROSSOUVRE. Recherches sur la Craie supérieure. Mém. Carte Geol. détail. de la France I, Stratigr. Gén. 1901, blz. 323 en fig. 20.

<sup>4)</sup> d. i. het Spiennes-krijt.



considère qu'il est partout recouvert normalement par le tuffeau à silex gris<sup>1)</sup>, il faudrait alors admettre une lacune que rien ne démontre; on est ainsi conduit à voir dans le calcaire de Kunraed un facies latéral de la partie supérieur de la craie à silex". Hij vermeldt verder, dat de „craie à silex" overeenkomt met het krijt van Spiennes en de Kunrader kalk met de „craie phosphatée de Mons", kortom hij gaat volkomen accoord met de beschouwingen hierover van RUTOR, zooals hij zelf uitdrukkelijk zegt<sup>2)</sup> en wiens „tableau de synchronisme" hij ook onveranderd heeft overgenomen.

Na de uiteenzettingen over de Kunrader formatie (blz. 268) schijnt het echter rationeeler om hier inderdaad *wel* een lacune aan te nemen; het synchronisme (aequivalentie) der Limburgsche en Henegouwsche formatie's en hun discordante ligging maken deze aanname zelfs noodzakelijk.

In 't kort: Als een aequivalente afzetting van het „craie grossière de Spiennes" in Limburg kan misschien beschouwd worden het besproken tufkrijt-gedeelte langs de Zuid-Willemsvaart. Zekerheid hieromtrent ontbreekt; over een eventueel verdere verspreiding mankeeren eveneens de noodige gegevens.

### Samenvatting.

De onderlinge petrografische verschillen der formatie's in ontsluitingen, boorkernen en schriftelijke opgaven van boringen, de palaeontologische kenmerken, die praktisch van belang bleken te zijn en enkele bijzonderheden van het beeld, dat de gesteenten onder het mikroskoop opleveren, worden hieronder beknopt samengevat. Het is een soort determineertabel, voornamelijk voor het onderzoek der boringen opgesteld.

Het Onder-Senoon is zandig ontwikkeld (met kleilagen), het Boven-Senoon als kalkgesteenten<sup>3)</sup> (krijt, „bakovensteen", kalksteen, tufkrijt). De grens tusschen deze beiden is hierdoor vrij gemakkelijk, zelfs in schriftelijke gegevens van boringen, aan te wijzen.

De hier vermelde kenmerkende fossielen moet men dus niet stuk voor stuk als gidsfossielen beschouwen en evenmin is het noodzakelijk om ze allemaal te vinden, voordat men weet met welke formatie men te doen heeft; ééndeels is het zeker, dat er soorten aan toegevoegd kunnen worden, anderdeels zullen sommige opgaven wellicht verkeerd blijken te zijn. Het is slechts een poging om fossielcombinatie's samen te stellen, die op een te korte verzameltijd berust dan dat het resultaat afdoende geacht zou kunnen worden.

1) d. i. M.

2) pag. 327 l. c.

3) Klei-afzettingen komen in het Boven-Senoon niet voor. Slechts van Eben-Emael in het Jeker-dal werd in het M-krijt een laagje van 2—5 milimeter dikte (!) gevonden. UBAGHS knoopt hieraan vast de merkwaardige beschouwing: „il y a eu une dénudation partielle du calcaire grossier à silex gris, dénudation pendant laquelle cette petite veine d'argile avec ses végétaux s'est déposée". (Description etc. 1879, blz. 104 en 105).

	KORTE BESCHRIJVING:	KENMERKENDE FOSSIELCOMBINATIE'S.
M	Geel Tufkrijt, korrelgrootte (60—200 $\mu$ ) in het jongste gedeelte harde kalksteenbanken en fossielrijke laagjes met een koraalrifauna — korrelgrootte van het calciet-cement der kalksteenbanken 4—6 $\mu$ . (grijze vuursteen).	<i>Hemipneustus striatoradiatus</i> , <i>Hemiasier prunella</i> , <i>Cassidulus lapiscancri</i> , <i>Sphenodiscus Binkhorsti</i> , <i>Trigonosemus pectiniformis</i> , <i>Thecidea papillata</i> , <i>Thecidea hieroglyphicum</i> , <i>Terebratula carnea</i> , <i>Nerita rugosa</i> , <i>Nautulus Heberti</i> .
K	Harde kristallijne kalksteen, herhaaldelijk afwisselend met zachtere tufkrijtachtige gedeelten. In kleine ontsluitingen (b.v. laagkoppen in een weg) als harde afgeronde witgekraste steenbrokken. — Plaatselijk tufkrijt meer ontwikkeld. — Korrelgrootte van het calcietcement der kalksteen 40—60 $\mu$ . (grijze en zwarte vuursteen) lokaal glauconiethoudend.	<i>Hemipneustus striatoradiatus</i> , <i>Pachydiscus colligatus</i> , <i>Pachydiscus neubergicus</i> , <i>Nautulus depressus</i> , <i>Baculites Faujasi</i> , <i>Modiola nuda</i> , <i>Leda Försteri</i> , <i>Lama semisulcata</i> , <i>Rhynchonella compressa</i> , <i>Gyrolithes Kunradensis</i> , <i>Phyllites monocotyleus</i> .
	? Tufkrijt zonder gele limonitische kleuring (met vele donkere zwarte vuursteen) = craie grossière de Spiennes? — (voorkomen onder Ruine Lichtenberg).	— ! —
G	Wit, zeer fijnkorrelig krijt, zonder kiezeluurimpregnatie zacht, wit-poedervormig afgevend, doet aan schrijfkrijt denken, korrelgrootte van het krijt 2—7 $\mu$ . (grijze en veelal zwarte of zwart-grijs gevlekte vuursteen) — lokaal glauconiethoudend.	<i>Magas pumilus</i> , <i>Terebratula carnea</i> , <i>Cardiaster granulatus</i> , <i>Echinocomus sulcatoradiatus</i> , <i>Inoceramus Crispis</i> , <i>Terebratulina gracilis</i> , <i>Scaphites tridens</i> , <i>Baculites cf. Faujasi</i> .
V	Glauconiethoudende zandsteen, groenzand, kleilenz met glauconiet (argiliet). Korrelgrootte van het zand veelal 70—80 $\mu$ .	<i>Actinocomax quadrata</i> , <i>Trigonia Vaalsensis</i> , <i>Pecten virgatus</i> , <i>Crassatella arcacea</i> , <i>Inoceramus Crispis</i> , <i>Laopistha aequalis</i> , <i>Eriphala lenicularis</i> , <i>Cardium Noeggerathi</i> , <i>Nautulus Vaalsiensis</i> , <i>Scaphites aquasgranensis</i> .
A	Witte, bruine en paarse kwartszanden lokaal met kleilenzen en bruinkool, als regel glauconietvrij. Korrelgrootte van het zand veelal 60—100 $\mu$ .	— plantenresten en overblijfsels van hun primaire autochthone groeiplaatsen; lokaal mariene schelpen ingespoeld: <i>Trigonia Vaalsiensis</i> , <i>Inoceramus Crispis</i> , <i>Crassatella arcacea</i> .

KORTE AANDUIDING DER LAGEN.	Vroegere teekens en indeeling.					
	Belg. Geolog. kaart. (v. D. BROECK.)	UHELENBROEK.	Duitsch Geolog. kaart. (HOLZAPFEL.)	Aequivalenten volgens UBAGHS en RUTOT.	STARING.	
Tufkrijt met „Bryozoënlagen”.	<i>M d</i>	<i>M d</i>		Tuffeau St. Symphorien.	<i>m.</i> ( <i>a-c</i> )	
Tufkrijt met verspreide vuursteen.	<i>M c</i>	<i>M c</i>	—			
Tufkrijt met vuursteenlagen.	<i>M b</i>	<i>M b</i>				
„Coprolithenlaagje”.	<i>M a</i>	<i>M a</i>				
Kunrader kalksteen (met plaatselijk tufkrijt).	<i>M a</i>	<i>M a</i>	<i>C 04. ε.</i>	cr. phosphatée de Cibly.	<i>m.</i> ( <i>d.</i> )	
Wit tufkrijt met zwarte vuursteen.	<i>Cp 4.</i>	<i>Cr 4.</i>	—	Craie grossière de Spiennes.	<i>g.</i>	
Wit krijt met zwarte vuursteen.	<i>Cp 3c</i>	<i>Cr 3c</i>	<i>C 04. δ.</i>			
Tusschenlaag van Wahlwylre „grindkrijt”.	<i>Cp 3c (γ)</i>	<i>Cr 3γ</i>				
Wit krijt zonder vuursteen.	<i>Cp 3b</i>	<i>Cr 3b</i>	<i>C 04. γ.</i>			Craie de Nouvelles.
„Glaucónietkrijt”.	<i>Cp 3a</i>	<i>Cr 3a</i>				Craie d'Obourg.
Argiliet. Glaucónietzand. Glaucónietgrind.	<i>Cp 2c</i> <i>Cp 2b</i> <i>Cp 2a</i>	<i>Cr 2c</i> <i>Cr 2b</i> <i>Cr 2a</i>	<i>C 04. β.</i>	Assise de Trivières.	<i>h.</i>	
Glaucónietvrij wit zand, met kleilagen,	<i>Cp 1</i>	<i>Cr 1</i>	<i>C 04. α.</i>	Assise de St. Vaast.	<i>a.</i>	

<sup>1)</sup> Aequivalenten in Engeland en Frankrijk met Henegouwen volgens CORNET. Fransche indeeling volgens HAUG.

<sup>2)</sup> In een juist verschenen publicatie van RAVN wordt deze T. d. Cibly weer tot het Montien gerekend, zooals RUTOT deed (J. P. J. Ravn Sur le Placement géologique du Danien — Dammarks geologische Undersogelse II n°. 43. 1925). In dit verband is het van belang, dat een nieuwe verhandeling over de fauna van de T. d. Cibly eerlang te verwachten is (schriftelijke mededeeling van Professor Cornet).

Het krijt in Limburg en eenige Sedimenten, die als aequivalenten beschouwd worden

Zuid-Limburg.		Henegouwen.		Engeland.	N. Frankrijk 1).	
—	—	Danien.	Tuffeau de Ciply *).	—	Danien.	—
M	Maastrichts Tufkrijt.	Maastrichtien.	Tuffeau St. Symphorien.	—	Maastrichtien (s. Dordonien).	—
K	Kunrader formatie.	S é n o n i e n .	Craie phosphatée de Ciply.	Triming- ham Chalk.		—
—	— ? —		Craie grossière de Spiennes.			A. de Spiennes.
G	Gulpensch krijt.		Assise de Nouvelles.	Norwich Chalk.		Cr. de Meudon de Montereau d'Épernay etc.
V	Groenzand van Vaals.	Assise de Trivières.	Newhaven Chalk.	Campanien.		Cr. de Reims Cr. phosphatée de Picardie.
A	Akensch zand.	S é n o n i e n .	—	Broadstairs and Margate Chalk.	Santonien.	Cr. de Dieppe de Beauvais, d'Étaples, de St. Omer.
—	—		Assise de St. Vaast.	Dover Chalk.	Coniacien (Emscher.)	Cr. de Rouen, de Dieppe, de Setques.

Néocrétacé (= Sénonien).

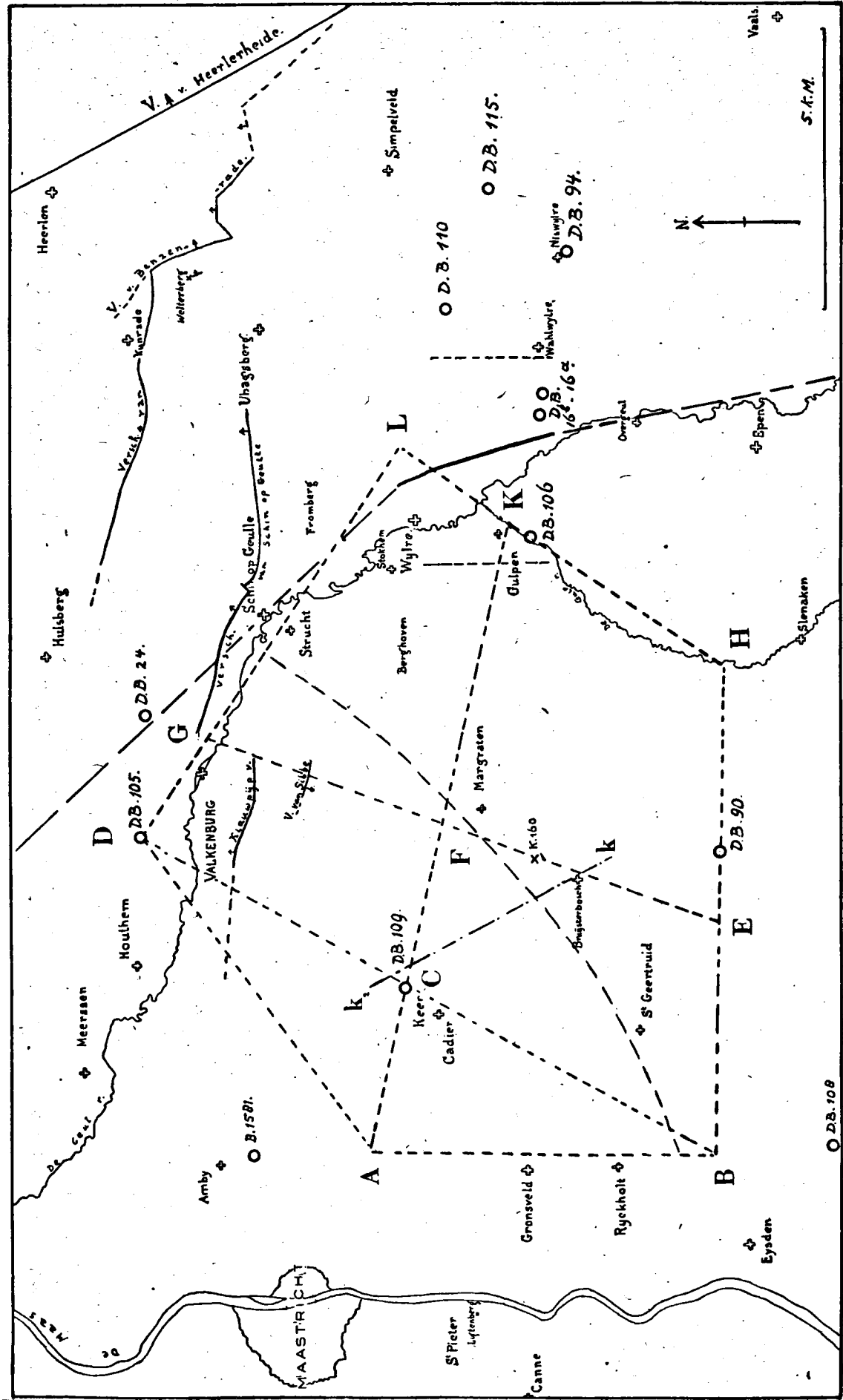


Fig. 1.  
 Orienteeringskaart voor de figuren 2 en 7, het Blokdiagram en de Profielen.  
 De gebogen lijn BF geeft de Oostgrens aan van het Maastrichtsch Turkryj.

## TWEEDE GEDEELTE: TEKTONIEK.

### Inleiding.

Nadat de verschillende Stratigrafische onderdeelen van het Senoon hierboven besproken zijn, zal nu hun voorkomen in het terrein behandeld worden. Er werd een nieuwe oppervlakte-karteering gemaakt en de gegevens uit boringen in het gebied werden verzameld.

Dr. P. TESCH was zoo welwillend mij de krijt-boormonsters van alle Limburgsche boringen volledig ter beschikking te stellen. Het onderzoek der boormonsters werd mij eveneens zooveel mogelijk begunstigd door Dr. W. J. JONGMANS te Heerlen; talrijke gegevens hierbij heb ik te danken aan den Heer F. H. VAN RUMMELLEN te Heerlen. Aan genoemde Heeren betuig ik bij dezen nog eens gaarne mijn hartelijken dank. Diepe boringen zijn er in het gedeelte van Limburg, waar het Senoon aan de oppervlakte komt, slechts weinigen; bovendien zijn het meest spoelboringen en daardoor de gegevens vrij onnauwkeurig of onvolledig. Volledigheidshalve werd het krijt uit de Noordelijke boringen (Mijngebied) ook onderzocht.

Bij de karteering kon ik gebruik maken van een isohypsenkaart 1:12500<sup>1)</sup>. Aangezien echter nog geen isohypsenkaart van dit gebied bestaat op een schaal, die als geschikte ondergrond voor een geologische kaart zou kunnen dienen, zal alleen in hoofdtrekken de ligging der Boven-Senoon-onderafdeelingen behandeld worden en zullen de resultaten in een isometrisch blokdiagram vereenigd worden. (De gegevens der boringen en der karteering, ingeteekend op een topografische kaart 1:50 000, worden in het Geolog. Instituut te Leiden bewaard). Ter orienteering kan men telkens fig. 1 raadplegen. De volgende afkortingen zullen herhaaldelijk gebruikt worden: **C** = Carboon; **D.B.** = Diepboring; **B** = ondiepe boring; **S.M.** = Staatsmijn diepboring. De bij de boringen vermelde nummers komen overeen met die welke voorkomen zowel in de boorregisters der Rijksopsporingsdienst van Delfstoffen te Haarlem als in die van het Geologisch Bureau voor het Mijngebied te Heerlen. In de figuren zijn diepboringen aangeduid met een cirkeltje, ondiepe boringen en ontsluitingen met een  $\times$ .

### De ondergrond van het Senoon.

Fig. 3 geeft de isohypsen met 10 Meter afstand voor de oppervlakte van het Carboon in het gebied tusschen de D.B.<sup>n</sup> 106, 90, 108 en 109,

<sup>1)</sup> Fotografische afdrucken van de minuutbladen der herkarteering van Zuid-Limburg door de Topographische Dienst, welwillend aan Professor ESCHER in bruikleen afgestaan door den Chef der Topografische Dienst. — Hoogtelijnen om de 2 meter.

Een storing van eenige beteekenis kan tusschen deze combinatie niet opgemaakt worden; het oppervlak schijnt regelmatig N.N.W. te hellen, ongeveer 1 op 50. Deze schiervlakte was waarschijnlijk grootendeels als zoodanig aanwezig vóór de afzetting van het Onder-Senoon<sup>1)</sup>. De voltooiing geschiedde door de abrasie, die het gevolg was van de transgressie van A. en V. in wier basisconglomeraten en onderste lagen veel Carbonische rolsteenen voorkomen. Het verweerde en ten deele omgewelde bovenste gedeelte van het Carboon wordt „baggert” genoemd.

#### Het transgressievlak van het Gulpensch krijt.

Voor dezelfde boringen als in fig. 3 is nu in fig. 4 de onderzijde van het G-krijt (grens met Onder-Senoon) aangegeven en zijn de isohypsen om de 10 Meter geconstrueerd. Hieruit blijkt, dat de onderzijde van het G-krijt in het gedeelte tusschen de diepboringen 106 en 109 in Noordelijke richting helt, ongeveer 1 op 50 en in het gedeelte tusschen D.B. 90 en D.B. 108 ongeveer 1 op 55 West. De richting, waarin het vlak helt — men zou dit de transgressierichting kunnen noemen — is niet gelijkmatig en verschillend van die van het Carboonoppervlak. Wij zien hier in het G-transgressievlak een zwakke golving, een soort rugvormige verhevenheid. Het is evengoed mogelijk, dat dit de rest is van een erosierug, gevormd vóór afzetting van G, in een continentale tusschenperiode (die wij waarschijnlijk telkens vóór elke Senoontransgressie moeten aannemen voor dit gebied) als dat men het voor een golving houdt, die eerst in den bodem gevormd is door de G-zee.

#### Het transgressievlak van de Kunrader formatie.

De grens tusschen Boven- en Onder-Senoon vast te stellen kan meestal vrij nauwkeurig gebeuren, maar in het Boven-Senoon zelf is ze veel lastiger te bepalen. Tegenwoordig zijn op meerdere plaatsen ontsluitingen in de grenszône van G en K. Bij het station Wylre b.v. is G-krijt ontsloten en dit is ook nog in eenige ontsluitingen te vinden langs den weg, die vandaar N-waarts tegen den Krekelberg opvoert, doch bovenop dezen heuvel vindt men eenige groeven in K-kalksteen. Niettegenstaande, dat langs deze heele weg talrijke groote groeven voorkomen, is het uiterst moeilijk om het punt aan te geven, waar G. ophoudt en K begint, ongeveer ligt de grens bij 135 m. + A.P., maar van een scherpe grens is in geen geval sprake, de overgang is geleidelijk. Hetzelfde geval doet zich voor langs den weg, die van Stokhem W-waarts naar Berghoven leidt en die nagenoeg één groote ontsluiting vormt, de overgangszône ligt tusschen 130 en 140 m. + A.P. Wederom kan men hetzelfde zien langs den weg die van Carthils E-waarts tegen den heuvel opvoert; de grens ligt er bij ongeveer 125 m. + A.P.; en langs den weg van Wahlwylre naar Eys bij 145 m. + A.P. (zie fig. 2). Tenslotte vinden we een rijkelijk ontsloten gebied tusschen Strucht en Berghoven; grens ongeveer bij 95 m. + A.P. Telkens is de overgang geleidelijk. Bij de transgressie van K schijnt het bovenste gedeelte van

<sup>1)</sup> cf. KLEIN, l. c. 1913, blz. 81.

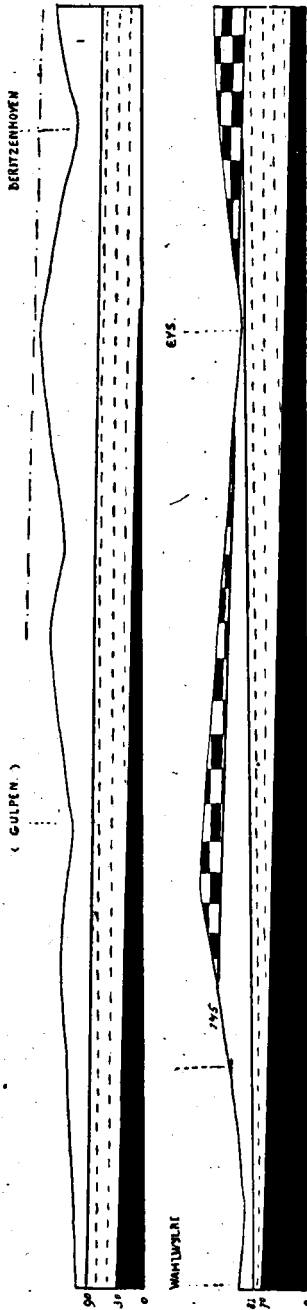


Fig. 2.

Noord-Zuid profielen, het bovenste ten Westen —, het onderste ten Oosten van de Geelbreuk (de juiste ligging is aangeduid op fig. 1 — teekenvoorkomen op Plaat 19).

De punt-streeplijn in het bovenste profiel duidt het K-transgressievlak aan.

het G-krijt gedeeltelijk omgewoeld en zóó de overgangszóne ontstaan te zijn; een basisconglomeraat komt slechts lokaal voor (zie blz. 266).

Deze gegevens zijn vereenigd in fig. 5 en zijn hiertusschen isohypsen om de 10 meter geconstrueerd. Hierbij moest nog rekening gehouden worden met het verdere voorkomen van K in het landschap en is daarom de Zuidelijkste ontsluiting bij Bruysterbosch (160 + A. P.) aangegeven. Uit deze constructie van de onderkant der Kunrader formatie volgt de aanwezigheid van een storing met een verticale spronghoogte in K van ongeveer 40 meter en met een N.W.—S.E. richting. Deze verschuiving is op fig. 5 schematisch aangeduid. Over het geheel genomen helt het transgressievlak der K-formatie in ongeveer Noordelijke richting 1 op 30. De storing, die hier door waarnemingen aan de oppervlakte kon vastgesteld worden, is nu op dezelfde plaats ingetekend op de figuren 3 en 4, waar ook C en G duidelijke hoogteverschillen toonen. Verder zijn in fig 2 twee profielen getekend; aan weerszijden der verschuiving een in N—S-richting (schaal 1:12500). Beschouwingen over de opvallende verschillen in de dikten der formatie's zullen eerst naderhand gegeven worden (blz. 289). Reeds UHLENBROEK vermoedde het bestaan van een storing, die ongeveer het riviertje de Geul volgt (op grond van hoogteverschillen in de omgeving van Epen en bij Valkenburg). Deze verschuiving werd daarna algemeen als Geelbreuk betiteld en verder ten Zuiden van D.B. 24 doorgetrokken tot Elsloo toe<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> cf. Eindversl. Rijksopp. Delfst. 1918 en zie fig. 1.



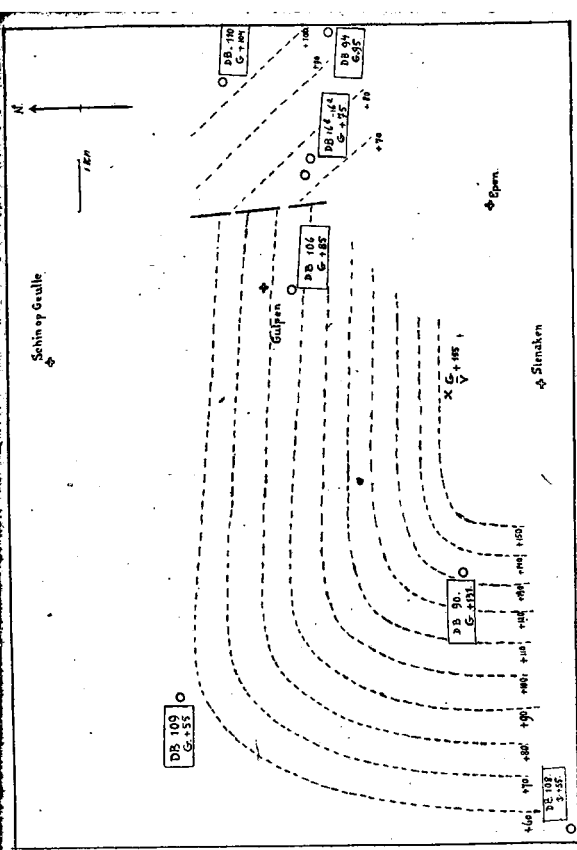


Fig. 4.

Transgressievlak van G.

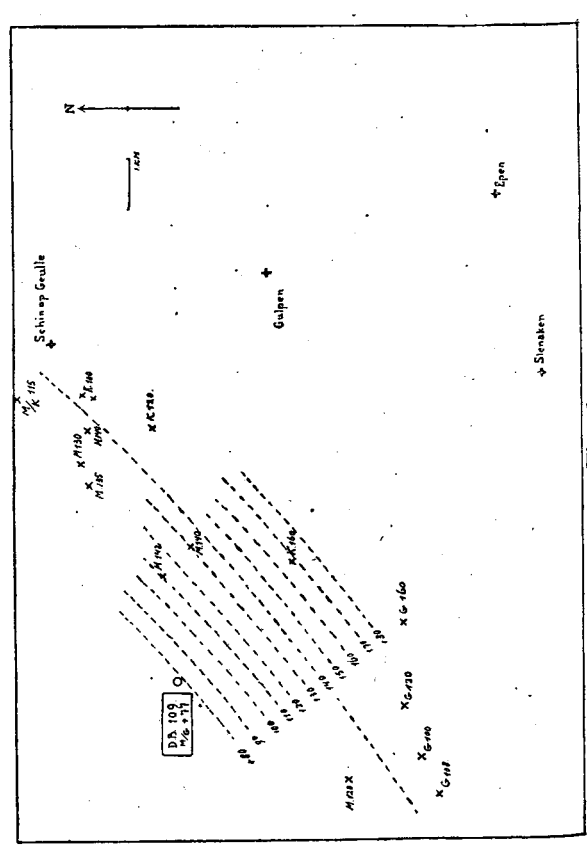


Fig. 6.

Transgressievlak van M.

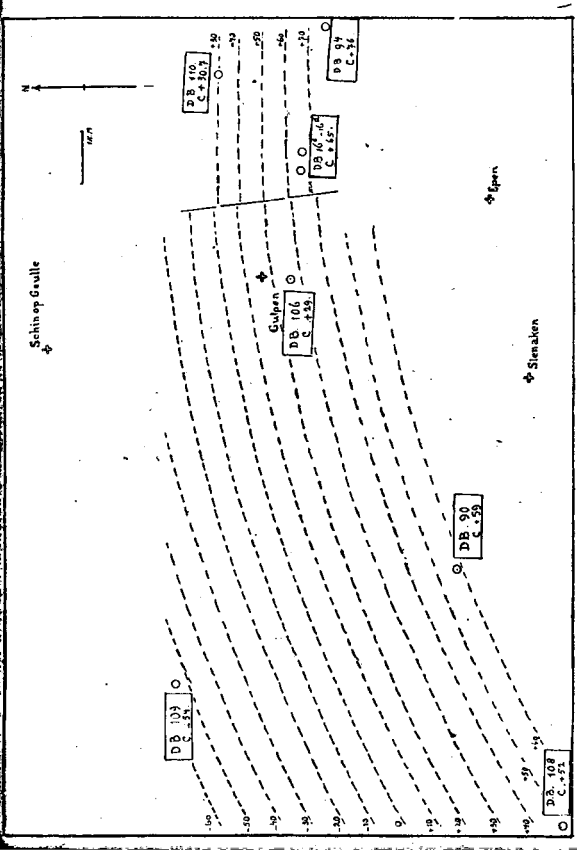


Fig. 3.

Carboonoppervlakt.

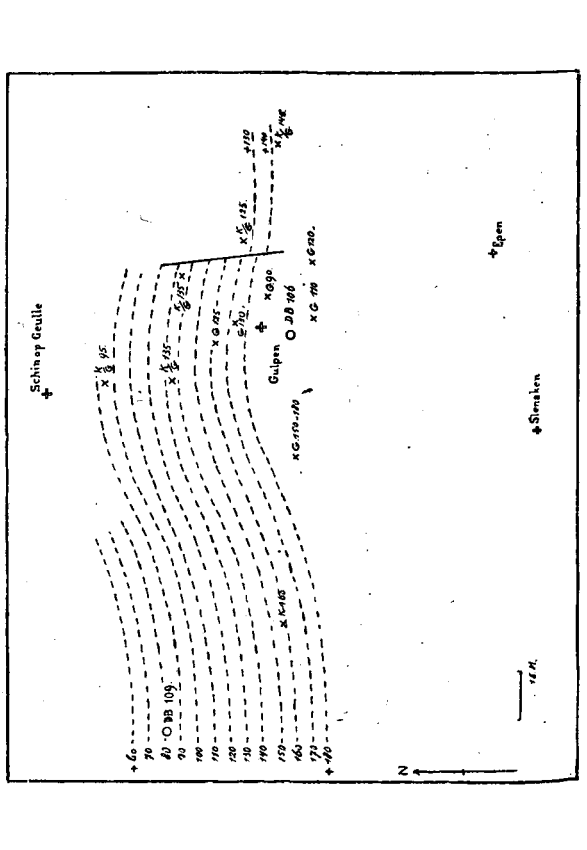


Fig. 5.

Transgressievlak van K.

### Het transgressievlak van het Maastrichtsche krijt.

Op dezelfde wijze als in fig. 4 voor K gedaan is, zijn de gegevens voor de constructie der isohypsen voor den onderkant van M samengebracht in fig. 6. Het zijn er slechts weinigen. 1<sup>o</sup>. grens tusschen M en G in Diepboring 109 bij Keer, Oostelijk van deze boring komen weliswaar nog talrijke ontsluitingen van M voor, waarvan de voornaamsten met hoogteaangave ingeteekend zijn; doch een onderste grens van M ontbreekt. De voornaamste ontsluitingen van G en K verder Oostelijk en Zuidelijk zijn eveneens op deze wijze aangegeven. Het is duidelijk, dat indien M oorspronkelijk zóóver aanwezig is geweest, de onderkant in alle geval boven de aangegeven hoogten der ontsluitingen van G en K moet gelegen hebben.

Op grond van deze gegevens werden enkele isohypsen om de 10 m. geteekend. De isohyps van 140 + A. P. komt ongeveer overeen met de grens van M in het terrein. Het schematische beeld, dat op grond van deze gegevens geconstrueerd werd, verschilt wederom van de vorige constructie's; de helling is N.W. (cf. C) en bedraagt ongeveer 1 op 34 (cf. K).

### De Noordgrens van het Gulpensch krijt.

Doordat het G-transgressievlak weinig naar het Noorden helt (1 op 50) en het K-transgressievlak iets meer in die richting helt (1 op 30) is het te verwachten, dat het G-krijt door de transgressie van K in het Noorden geheel geabradeerd is geworden en er een grenslijn ontstaan is ten Noorden waarvan nu geen G-krijt meer aangetroffen wordt. Dit komt duidelijk uit in de profielen (fig. 2 en Blokdiagram). Een constructie van deze Noordgrens door vereeniging der isohypsen van fig. 4 en 5 zou wel heel erg schematisch worden en heb ik daarom achterwege gelaten; een isohypsenconstructie voor het G-transgressievlak Noordelijk van die in fig. 4 zou n.l. geheel hypothetisch zijn; ze kunnen er best anders loopen dan in het Zuidelijke gedeelte, dat wel geteekend is. In overeenstemming met deze beschouwing is het ontbreken van G in de Noordelijke boringen van het mijngebied (cf. fig. 11).

### Westgrens van de Kunrader formatie.

Volgens dezelfde redeneering als hierboven een Noordgrens voor G gevonden werd, wordt nu door combinatie van fig. 5 en fig. 6 een Westgrens voor K geconstrueerd in fig. 7. Het verloop van deze lijn ( $K_1 K_2$ ) moet

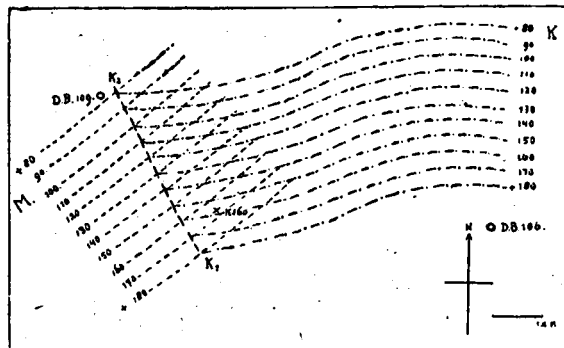


Fig. 7.

Constructie van een West-grens voor K.

Het verloop van deze lijn ( $K_1 K_2$ ) moet

echter als zeer schematisch beschouwd worden. In overeenstemming met deze constructie is de afwezigheid van K in D.B. 109. Over de transgressie van M en het daarmee gepaard gaande verdwijnen van een gedeelte van K wordt nog uitvoerig gehandeld in n<sup>o</sup>. 19 blz. 312.

### Resultaten.

Om de ligging der Senoon-onderafdeelingen in het landschap te verduidelijken is het blokdiagram (schaal 1:50 000) geteekend. De morfologie van het landschap is in groote trekken in dit blokdiagram weergegeven, opdat men zich hierdoor in het terrein of op een topografische kaart eenigszins kan orienteeren. De ligging ervan is op de orienteringskaart (fig. 1) aangegeven en eveneens de lijnen, waarlangs dit „doorgesneden en uiteengeschoven” is, zóó dat tegelijk profielen ingetekend konden worden. Deze profielen zijn duidelijkheidshalve op grooter schaal (1:25 000) nog eens geteekend. Tenslotte is op blz. 282 de historische opeenvolging samengevat en zijn in fig. 8 de epirogenetische bewegingen, die uit de verschillende transgressie's volgen, schematisch voorgesteld.

Indien we het vorige kort resumeeren, blijkt dan als algemeen resultaat, dat de verschillende onderafdeelingen van het Senoon in Zuid-Limburg telkens transgressief liggen. Door de verschillende richtingen en hellingen, die de transgressievlakken hebben, wordt veroorzaakt de verscheidenheid in de dikte der overgebleven sedimenten <sup>1)</sup> en het plaatselijk ontbreken van een of meer der onderafdeelingen. Voor geen enkele der Senoon-onderafdeelingen is het zeker of ook maar waarschijnlijk dat de oorspronkelijke dikte van het sediment nog ergens in Zuid-Limburg aangetroffen wordt.

STARING zegt (l. c. II, blz. 303): „De lagen, waaruit de verschillende afdeelingen bestaan, liggen, op geringen afstand beschouwd, schijnbaar waterpas; en slechts bij uitzondering is, hier en daar, een meestal naar het Westen gerigte helling te bespeuren. Maar op grooten afstand beschouwd valt in 't oog, dat de lagen gemeenschappelijk Zuidoostwaarts oprijzen. Daardoor komen de oudere, onderliggende lagen achtereenvolgens voor den dag, wanneer men, in die rigting naar de Belgische of naar de Pruisische grenzen bij Aken voortgaat”. Het blijkt nu echter, dat het niet zoo eenvoudig is. Dat we deze genoemde opeenvolging van West naar Oost aantreffen wordt namelijk veroorzaakt, doordat tijdens het Tertiair en Pleistoceen een schiervlakte gevormd is waardoor gedeelten van de transgressief gelegen jongere Krijtafdeelingen, die eventueel oorspronkelijk de ouderen bedekt hebben, geërodeerd zijn, het beeld van een „gemeenschappelijk zuidoostwaarts oprijzen” vertoende zich daardoor om zoo te zeggen toevallig aan de oppervlakte.

In het voorgaande is sprake geweest van de helling der transgressievlakken en het is niet onmogelijk, dat het Krijtsediment zelf een helling heeft, die ongeveer overeenkomt met die van zijn basisvlak; ik kon echter nergens in ontsluitingen een duidelijke primaire helling meten.

De duidelijke helling van de vuursteenlagen ( $\frac{1}{2}$ —3° N, meest 1—2°),

<sup>1)</sup> De dikte kan ongeveer uit de profielen afgelezen worden, voor de boringen zijn ze bovendien op de figuren 10 en 11 aangegeven.

langs de Zuidwillemsvaart S. v. Maastricht, moet als een uitzondering beschouwd worden. Deze helling is zeer waarschijnlijk eerst veel later ontstaan, evenals de talrijke daar voorkomende kleine breuken, waardoor de vuursteenlagen verschoven zijn geworden (groeve bij Ruïne Lichtenberg en S-waarts bij de Belgische grens —, verticale spronghoogte 1 M. en minder).

Naar aanleiding hiervan kan hier nog op enkele punten der geologische kaart van UHLENBROEK gewezen worden. Het dal van Fromberg-Colmont werd door hem als G-krijt gekarteerd; er zijn echter geen ontsluitingen in aangegeven. Sindsdien zijn er talrijke groeven en kleinere ontsluitingen ontstaan en blijkt het dal tot het diepste gedeelte toe uit K te bestaan.

In het dal tusschen Hontem en Cadier is in den vorm van een winkelhaak Cr 4 gekarteerd. De daar aangegeven ontsluitingen zijn niet meer aanwezig. Reeds op blz. 269 werd er op gewezen, dat het onbevooroordeeld karteeren van Cr 4 alleen op uiterlijke petrografische kenmerken vrijwel een onmogelijkheid is.

Heeft wellicht bij beide bovengenoemde gevallen het denkbeeld, dat alle krijtlagen regelmatig N.W. hellen als leidend idee bij de karteering gediend dan is het begrijpelijk, dat ze als zoodanig geteekend werden.

Volledigheidshalve kunnen nog enkele nieuwe ontsluitingen uit de buurt van Epen vermeld worden. Ongeveer 250 m. ten N. van Bellethoeve is een groeve in G-krijt op de plaats waar door UHLENBROEK cr 2c gekarteerd wordt (bij 160 m. + A.P.). Het Carboon reikt daar minstens tot 140 m. + A.P. Er zou dus voor het geheele Onder-Senoon niet meer dan hoogstens 20 m. overblijven, terwijl dit op UHLENBROEK's kaart naar schatting minstens 60 m. dik zou zijn. Aan de overzijde der Geul bij de Onderste Bosch ligt de grens tusschen V en G bij 185 m. + A.P. dus ongeveer 35 m. hooger dan bij Bellethoeve, een bedrag dat overeenkomt met de verticale spronghoogte der Geulbreuk bij Gulp en. Het karteeren van het Onder-Senoon kan slechts tot een afdoend resultaat leiden, indien men van handboringen en kleinere graafwerken een uitgebreid gebruik kan maken. Het is hierom, dat ik het Zuid-Oostelijk gedeelte der provincie dan ook verder buiten beschouwing heb moeten laten.

#### Verklaring van Blokdiagram en Profielen. (Plaat 18 en 19).

Het isometrische blokdiagram (schaal 1:50 000) heb ik geconstrueerd met behulp der genoemde isohypsenkaart 1:12 500. De ligging der profielen, die ter verduidelijking nog eens afzonderlijk op een grooter schaal (1:25 000) geteekend zijn, wordt door de letters A tot L aangegeven. De lijn HEB loopt Oost—West; de lijn AB Noord—Zuid. Het basisvlak is steeds genomen 125 m. — A.P. De hoogte der gelijkmatig geteekende bovenkanten in de afzonderlijke profielen is er telkens bij vermeld. In het blokdiagram is tot boven toe Senoon ingeteekend ook op de plaats dus waar Tertiair en Pleistoceen aanwezig zijn. A en V zijn door één teeken aangegeven omdat over de verspreiding van A in dit gedeelte nog te groote lacunes in onze kennis zijn. De profiellijnen zijn gekozen langs de diepboringen; zoo ligt ten Zuiden van B: D.B. 108, bij C: D.B. 109, bij D: D.B. 105, kort bij E: D.B. 90 en bij punt K: D.B. 106. Ter nadere orienteering kan nog het volgende dienen. Het vlak waarin de dalen ingesneden zijn, is het Pleistocene hoofdterras. Het riviertje op blok EK is de Gulp, die bij Gulp en (Gu) uitmondt

Overzicht der Epirogenetische Bewegingen in Zuid-Limburg <sup>1)</sup>.

		L A N D.		Z E E.		
Holoceen	Fluviatile afzettingen	Voortzetting der vuursteen­vorming in M	Opheffing.	Regressie *).		
Pleistocéen	voortzetting der vuur­ steenvorming in M					
Pliocéen.	„Bruinkoolzanden” aan de basis gerolde vuur­ steenen uit G (? uit K en M??)	in het Limb. Senoon. (?)				
Mioceen.						
Bov. Mid. Oligocéen.			Daling.	Begin van Regressie.	Aquitaniën alleen nog méér Noordelijk. Rupéliën alleen ten N. van de Geul aanwezig.	
Onder Oligocéen.			Opheffing.	Transgressie.	Onder Tongrien-zanden. In 't E. enkele vondsten van gerolde vuur­ steenen in het basisconglomeraat.	
Eoceen Danien.	Ontstaan der post-Senone schiervlakte. Begin der vorming van vuursteen (?)		Daling.	Regressie.		
Boven Senoon.			Opheffing.	Begin Regressie M.	Koraalrif­ facies.	
			Daling.	Transgressie v. M.	Neritische facies.	
		Diagenese van K, ontstaan der harde horizontale kalk­ steenbanken in K.	Opheffing.	Regressie.		
			Daling.	Transgressie van K.	Neritische facies.	
Onder Senoon.		Erosie.	Opheffing.	Regressie.		
			Daling.	Transgressie van G.	Bathyale (Hoog-) facies.	
		Erosie.	Opheffing.	Regressie.		
			Daling.	Transgressie van V.	Neritische facies.	
Lias tot Senoon.		Prae-Senone schiervlakte (Carboonop­ pervlak).	Opheffing.	Transgressie van A.	Duinkust.	

<sup>1)</sup> Eenige aanduidingen over diagenetische verschijnselen en vuursteen­ vorming worden in het Derde Gedeelte pas besproken. Het Spiennes-krijt is hier niet vermeld. Het veronderstellen van een regressie tusschen A en V is mogelijk doch niet noodzakelijk. Waarschijnlijk moet in G. nog een Regressie aangenomen worden. (Tusschenlaag van Wahlwyre).

<sup>\*</sup> De latere bewegingen van het landoppervlak zijn niet meer vermeld.

in het riviertje de Geul, dat geteekend is op blok KG; bij de vertakking op blok FD ligt de plaats Valkenburg (Vg). Op blok ABC vindt men de uit een geomorphologisch oogpunt zoo merkwaardige droogdalen, die een richting hebben (N.E.—S.W.) tegen de stroomrichting der Maas int. Ze komen uit op het Midenterras van de Maas. De groote verkeersweg van Maastricht over Gulpen naar Aken loopt in de richting AK over de Zuidelijke blokken en passeert bij F het dorp Margraten, bij C: Keer en Cadier. Verschuivingen zijn aan de oppervlakte door - - - aangegeven. Van F naar G gaande worden twee storingen aangetroffen 1°. de Storing van Sibbe, 2°. de „klauwpijpsoring”<sup>1)</sup>, die ook nog door CA aangesneden is. Langs KL treft men de Geulbreuk aan die hiervoor beschreven is.

Het kijt uit de Diepboringen van het Mijngebied.

Het Onder-Senoon uit de Diepboringen.

De gegevens, die ik over het Onder-Senoon kon verkrijgen, zijn samengebracht in fig. 10 (schaal 1:150 000). In de vakjes naast het nummer der boring is aangegeven de dikte van het Onder-Senoon en het dieptecijfer waarop het Carboon (C) of Trias (Tr) werd aangetroffen. Zoo beteekent b.v. C—57. A. 12. V. 32, dat 32 m. groenzand van Vaals en daaronder 12 m. Akensch zand rusten op Carboon, waarvan de oppervlakte bij 57 m. — A. P. werd aangeboord. De S. M. boringen zijn met Romeinsche cijfers aangegeven. Gewone — (niet diepe) boringen of ontsluitingen met een liggend kruisje. Waar het Onder-Senoon ontbreekt (dus b.v. E van de lijn H) is onder het nummer der boring alleen de diepte van het Carboon- of Triasoppervlak vermeld. In de boringen waarvan de nummers zijn onderstreept, werd in het geheel geen Senoon aangetroffen. De vakjes waarin A vermeld wordt, zijn ter wille van de duidelijkheid dubbel onderstreept. De golvende lijn geeft ongeveer de Zuidgrens voor de Trias weer. De lijn H beteekent Storing van Heerlerheide, F: Feldbiss, en S: Sandgewand. Het verloop van deze drie voornaamste verschuivingen wijkt hier geheel af van de voorstelling, die vroeger hiervan gegeven werd; een groot gedeelte van wat nu Feldbiss heet werd vroeger Sandgewand genoemd, omdat men meende, dat de lijn S meer naar

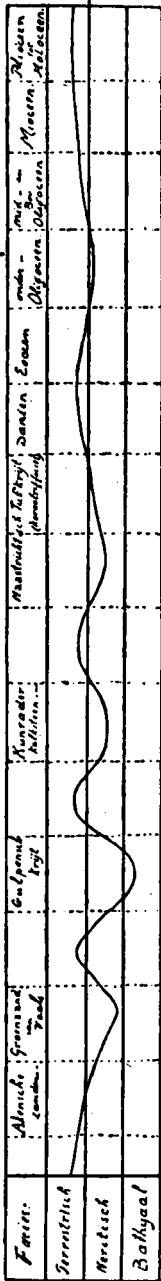


Fig. 8.  
Schematische graphiek voor de epirogenetische bewegingen in Zuid-Limburg.

<sup>1)</sup> cf. KLEIN, l. c. 1913.

het Westen boog, naar het Noordelijk deel van de lijn F toe, zoodat F in de Sandgewand terecht kwam. Deze nieuwere gegevens werden mij welwillend door Dr. W. J. JONGMANS te Heerlen medegedeeld; ze zijn reeds ingetekend op een overzichtelijke tektonische schetskaart van den Heer F. H. VAN RUMMELEN<sup>1)</sup> te Heerlen.

Het is in fig. 10 uit de verspreiding der vakjes wel zonder meer duidelijk, dat de Storing van Heerlerheide de Oostgrens voor het Onder-Senoon vormt. In hoeverre de resten van A overgebleven zijn alleen door abrasie van V, dan wel tengevolge van beweging langs verschuivingen, is moeilijk te bepalen zoolang niet het juiste verloop der kleinere storingen vastgelegd is. Mogelijk hebben beide oorzaken samen de tegenwoordige toestand opgeleverd. Opvallend is het ontbreken van Onder-Senoon in D.B. VII, X en XI en in D.B. XLIII.

Vuursteen komen in het Limburgsche Onder-Senoon in den regel niet voor. Volledigheidshalve kan ik echter één gegeven vermelden, n.l. B. 654 bij Vaals, waar van 178—133 m. + A. P. Akensch zand aangeboord werd en naar het schijnt eenige vuursteen naar boven gekomen zijn. Het is natuurlijk mogelijk, dat in kalkrijke gedeelten van het Onder-Senoon ook vuursteen gevormd zijn.

#### Het Gulpensch krijt uit de Diepboringen<sup>2)</sup>.

De Noordgrens van G loopt in alle geval ten Zuiden van D.B. 24, D.B. 113 (S.M. LIX) en D.B. 110.

In deze boringen komt n.l. geen G meer voor en evenmin heb ik het in Noordelijker boringen aangetroffen. De verklaring hiervoor werd op blz. 279 gegeven. Het G-krijt is oorspronkelijk wel veel Noordelijker aanwezig geweest, doch verdween daar door de abrasie van de K-transgressie. Reeds het meer bathyale karakter van het krijt zelf maakt het onwaarschijnlijk, dat hier een primaire grens zou voorkomen; dat het inderdaad Noordelijker aanwezig is geweest, daarvoor pleiten ook de afgerolde en opeengehoopte stukken G-krijt, die ik

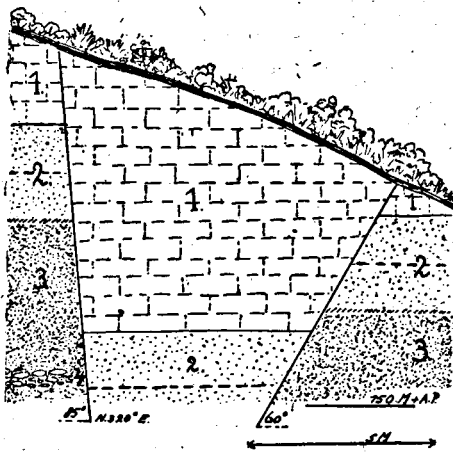


Fig. 9.

Groeve aan den Welterberg, S. van Heerlen.

en in kernboringstukken van de Schacht Maurits bij Lutterade. Fig. 9 geeft een tekening van de groeve aan den Welter-

<sup>1)</sup> o. a. in: W. C. KLEIN en F. H. VAN RUMMELEN. De Natuurlijke bouwsteenen van Limburg. Mededeeling n°. 3 van het Geologisch Bureau voor het Nederl. Mijngebied, 1925.

<sup>2)</sup> In fig. 11 zijn de vakjes bij de boringen, waarin G aangetroffen werd, dubbel onderstreept.

berg<sup>1)</sup>. De stukken afgerold G-krijt zijn bij 4 aangeduid en bevinden zich midden in het V-groenzand, ongeveer 5 m. onder de grens van K (1) en V (2 en 3)<sup>2)</sup>. Deze afgerolde stukken G-krijt zijn waarschijnlijk tijdens de K-transgressie in het V-zand begraven geworden en daardoor nu bewaard gebleven temidden van een ouder sediment. De kernboringstukken van de Mauritschacht, waarin ik juist dezelfde afgerolde stukken G-krijt te midden van V vond, waren tusschen 178 tot 180 m. — A. P., d. i. onmiddellijk onder het Kunrader krijt<sup>3)</sup>.

Van D.B. 105, bij Houthem, vond ik lepelboommonsters van G-krijt tusschen 17 en 36 m. — A. P.; van deze boring zijn helaas weinig bruikbare monsters te raadplegen<sup>4)</sup> doch het schijnt wel waarschijnlijk, dat hier ongeveer 20 m. G-krijt is aangeboord. Het is niet duidelijk of dit voorkomen van G verband houdt met het overige G-krijt in 't Zuiden of een geïsoleerde rest is — meerdere gegevens hieromtrent ontbreken.

#### De Kunrader formatie uit de Diepboringen.

Op dezelfde wijze als in fig. 10 de gegevens voor het Onder-Senoon aangeduid zijn, worden ze in fig. 11 voor het Boven-Senoon en in 't bijzonder voor K, voorgesteld (schaal 1:150 000). De verklaring der teekens, die hierboven gegeven werd is ook hier toepasselijk; het bovenste getal geeft de diepte der onderkant van K aan en de formatie waarop deze rust (V, A, C, Tr.), het onderste getal geeft de dikte voor K. In het Zuidelijke gedeelte vormt weer de Storing van Heerlerheide (H.) een belangrijke grenslijn, doch verder Noordelijk vinden we K nog in veel Oostelijker boringen. K wordt bedekt door een laag Oligoceen, die ten Noorden van de ingeteekende punt-streep grens één samenhangend dek vormt. Ten Noorden van deze lijn, waar dus de diktecijfers van K met elkaar vergelijkbaar zijn, heb ik de boringen, waarin de dikte der Kunrader formatie 1 tot 50 m. bedraagt, zwart aangestipt, waardoor ze meer opvallen. Noemen we nu de stroken tusschen de groote verschuivingslijnen: B en C en een strook Westelijk ervan A, zooals dit op deze beide figuren (en ook op de volgende) aangegeven is, dan valt direkt in 't oog dat „het gebied met de zwarte stippen” op B en C ten opzichte van A om zoo te zeggen naar het Noorden verschoven is, zoodat wij b.v. ter hoogte van mijn Emma aan weerszijden van de storingslijn duidelijke dikteverschillen waarnemen<sup>5)</sup>. Deze verhoudingen zijn dergelijke als MOLENGRAAFF heeft weergegeven in een schematische tekening van een sediment, waarin verschuivingen ongeveer loodrecht op de richting der kustlijn hebben plaats gevonden<sup>6)</sup>. Op deze kwestie zal eerst hierachter (blz. 292) nader ingegaan worden.

<sup>1)</sup> De kleine verschuivingen loopen parallel aan de storing van Benzenrade (cf. KLEIN, l. c. 1913).

<sup>2)</sup> 1 is zandiger dan 2, dat meer kalk bevat.

<sup>3)</sup> De volledige gegevens voor schacht I zijn: — 88 tot — 178 K (+ M.); — 179 tot — 233 V, dan Carboon. Voor schacht II net zoo alleen reeds bij — 229,5 Carboon.

<sup>4)</sup> Het volgende was alleen uit te maken M: + 68 tot + 28; G: — 17 tot — 36, V: — 41 tot — 98; A: — 98 tot — 111. K was waarschijnlijk niet in deze boring aanwezig.

<sup>5)</sup> Evenals voor het Onder-Senoon vallen S.M. VII, X, en XI buiten het kader der andere boringen, W van de lijn A.

<sup>6)</sup> l. c. fig. 8 en fig. 9.



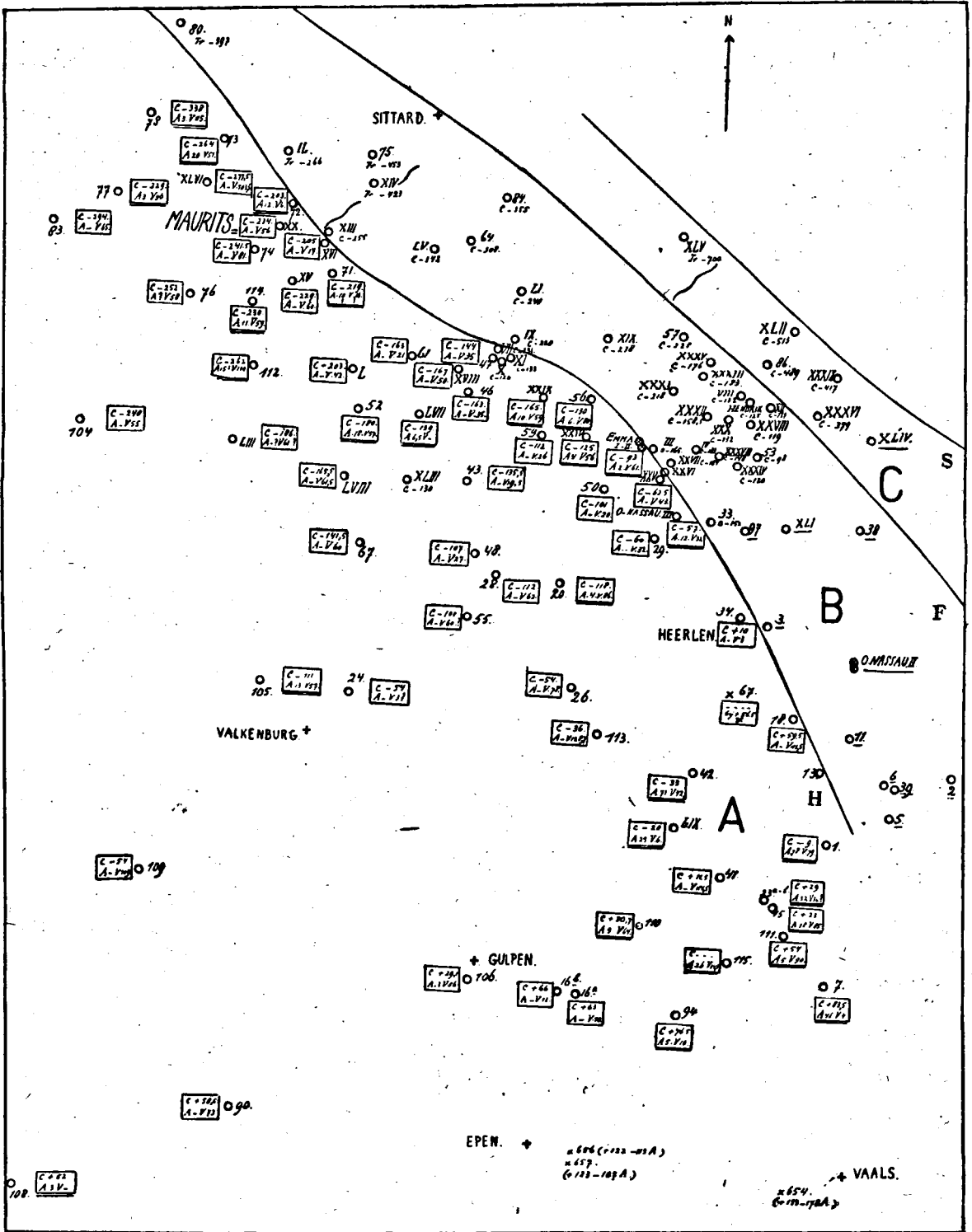


Fig. 10.

Het Onder-Senoon in de boringen.

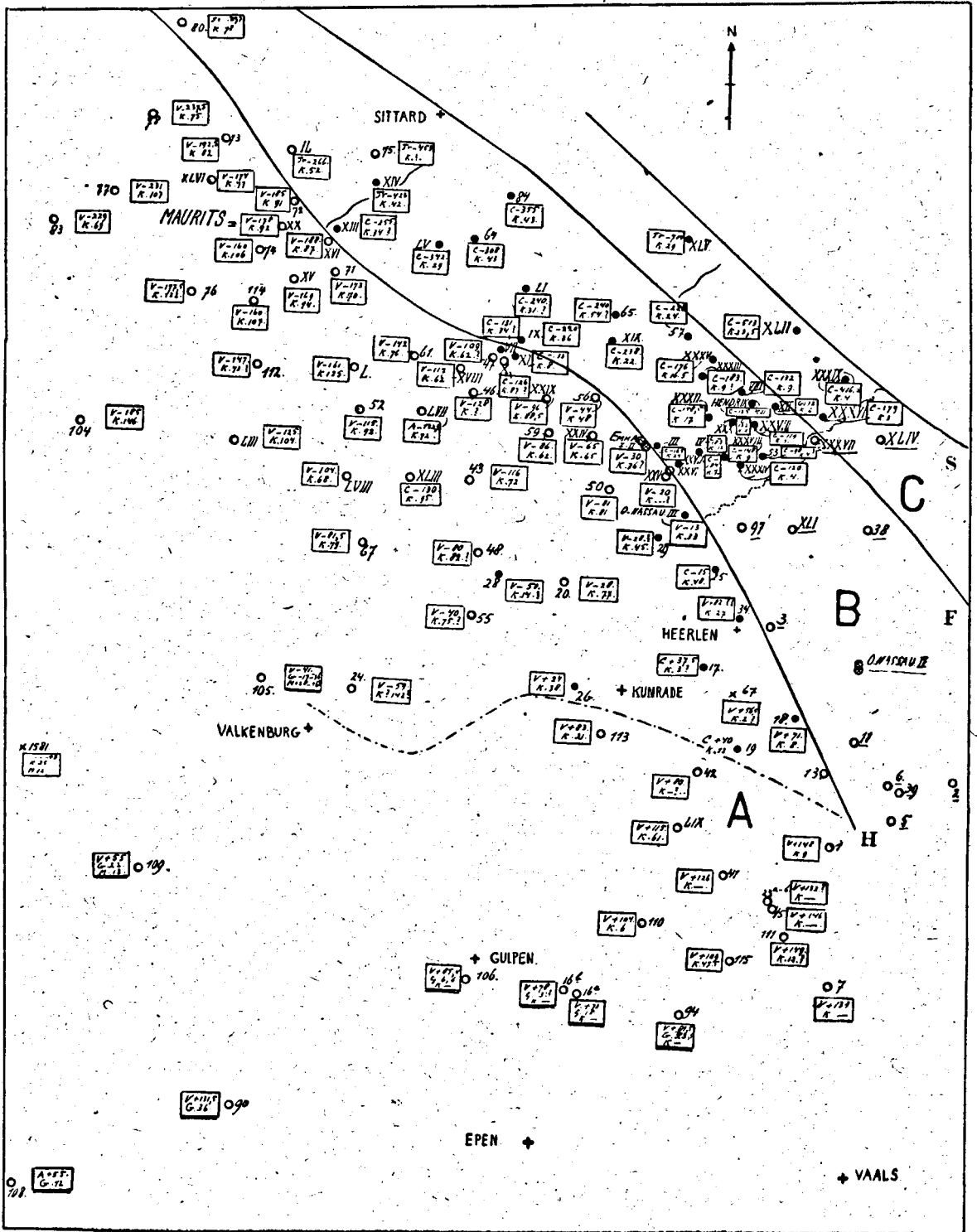


Fig. 11.

Het Boven-Senoen in de boringen.



zijn weer op dezelfde wijze als in de vorige figuren aangegeven. De inham in de grenslijn op blok A is een erosiedal gemaakt door het riviertje de Geleen. Er zijn eenige boringen ingeteekend. Deze zijn zoo gekozen, dat de gegevens in een volgorde van Zuid naar Noord met elkaar vergelijkbaar zijn, d.w.z. niet door belangrijke storings van elkaar gescheiden; zoo vormen de boringen op schol B twee groepen waartusschen een schematisch aangeduide storingsreeks voorkomt. In de vakjes bij de boringen vermeldt het bovenste getal weer de diepte der onderkant van het Mioceen, dat overal rust op Oligoceen (OL). Het tweede getal geeft aan de dikte van het Mioceen (Mi.) Uit de eerste cijfers, die hier het belangrijkste zijn (omdat de Mioceen-oppervlakte bloot gesteld is aan een erosie, die de diktecijfers ongelijkmatig kan beïnvloed hebben) kan men zien, dat de onderkant van het Mioceen geleidelijk naar het Noorden toe daalt. Door het verspringen der Zuidgrens langs de groote storingslijnen is een dergelijke toestand aanwezig als voor de Kunrader formatie beschreven werd, alleen is hier nu de Noordelijkste grens aan de Westzijde der storing van Heerlerheide; bij de Kunrader formatie was dit net andersom. (De grens voor K is hier nog eens door streping aangeduid.)

#### **Beschouwingen over de verzamelde gegevens der verspreiding van het Senoon en Tertiair in het Mijngebied.**

Op de vorige figuren met gegevens uit boringen zijn alleen de drie voornaamste verschuivingen ingeteekend; de vele kleineren, die er tusschen aanwezig zijn, kunnen eenvoudigheidshalve ook hier, bij een bespreking der hoofdzaken, buiten beschouwing blijven. Het gebied West van de verschuiving van Heerlerheide zal weer met A aangeduid worden, de strook tusschen de verschuiving van Heerlerheide en de Feldebiss met B en de strook tusschen Feldebiss en Sandgewand met C.

Wij constateeren, dat het Carboonoppervlak van West naar Oost telkens trapsgewijze daalt; ter hoogte van mijn Emma en mijn Hendrik b.v. is blok B ongeveer 70 m. lager dan blok A en blok C ongeveer 300 m. lager dan blok B. Op A vinden we dan het Onder-Senoon ongeveer 60 m. dik, terwijl het op B en C plotseling geheel ontbreekt; het Boven-Senoon is daarentegen op alle drie aanwezig en wel langs de profiellijn Emma—Hendrik op A dikker ( $\pm 60$  m.) dan op B en C ( $\pm 20$  m.); tenslotte is dit voor het Tertiair net andersom en zien we de onderkant van het Mioceen op A ruim 100 m. hooger dan op B.

Door welke bewegingen is deze eigenaardige toestand ontstaan? Er zijn ter verklaring een viertal (uiterste) mogelijkheden, die nu achtereenvolgens besproken zullen worden.

#### *Verticale bewegingen*<sup>1)</sup>.

1<sup>o</sup>. — Stellen wij ons voor, dat vóór het Senoon een trapverschuiving

<sup>1)</sup> Bij de schematische blokteekeningen die ter verduidelijking hieraan toegevoegd zijn is het Carboon wit gelaten, Trias gelijnd, Onder-Senoon met streepjes, Boven-Senoon met blokken aangeduid; het Tertiair is gepuncteerd, Mioceen dichter dan Oligoceen; gedeelten, die door erosie verdwijnen, zijn met een stippellijn geteekend.

ontstaan was, waarbij B lager was gekomen dan A, dan komt de Trias-

grens na erosie op B Zuidelijker dan op A — en kan op A (in Limburg) geheel ontbreken (fig. 13 — 1).

Wij zullen nu verder B laten bewegen t. o. v. A, waarbij deze laatste als vaste basis geldt; dan moet vóór of tijdens het Onder-Senoon B omhoog bewegen, zoodat op B géén Onder-Senoon tot afzetting kwam — of na een erosiestadium daar geheel verdween (fig. 13 — 2). Daarna bewoog B zich tijdens de afzetting van het Boven-Senoon omlaag, zoodat hierop nog een laag tot afzetting kwam en een deel na erosie bewaard bleef (fig. 13 — 3). Tenslotte had een post-Oligocene beweging plaats naar omlaag, waardoor het Tertiair op B dikker is dan op A en na erosie de Mioceengrens op A Noordelijker valt dan op B (fig. 13 — 4).

Volgens deze beschouwingwijze is schol B gedaald (prae-Senoon) daarna gestegen (Onder-Senoon) en vervolgens weer gedaald (Boven-Senoon en Tertiair). B heeft dus een z.g. oscilleerende beweging uitgevoerd.

W. C. KLEIN heeft aangenomen, dat langs de groote verschuivingen in Zuid-Limburg inderdaad oscilleerende bewegingen plaats gevonden hebben en stelde zich deze voor op een dergelijke wijze als hierboven — in hoofd-trekken — weergegeven is.

(Deze bewegingen worden alleen verondersteld langs de N.W.—S.E. gerichte storingen; voor de W—E storingen neemt KLEIN slechts één bewegingsperiode aan). Indien echter bij zulk een beschouwing epirogenetische bewegingen niet ter sprake komen is dit zeker een bezwaar, omdat

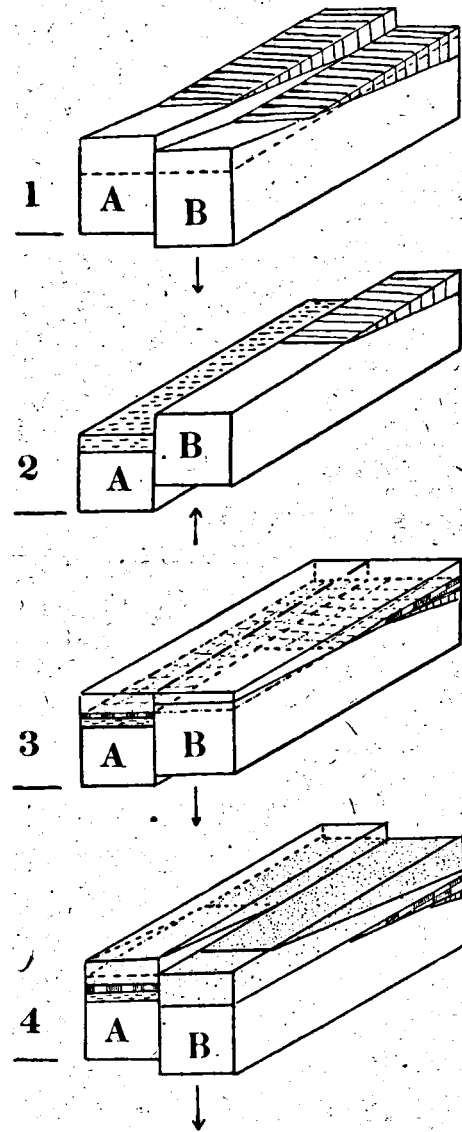


Fig. 13.

Schematische voorstelling van een oscilleerende beweging langs de groote verschuivingen in Zuid-Limburg.

men — afgezien van de verschuivingen en de daarbij optredende dikte-

verschillen der lagen — reeds op grond der stratigrafische samenhang tot de aanname van epirogenetische bewegingen komt (fig. 8)<sup>1)</sup>.

2°. — Bij veronderstelling van gelijkgerichte verticale bewegingen worden juist de verschillende bedragen der bewegingen afgeleid van het niveau van den zeespiegel, zoodat bewegingen langs breuken, en meer algemeene epirogenetische bewegingen samen het ontstaan van den tegenwoordigen toestand moeten verklaren.

De bewegingen zijn dan de volgende geweest (Fig. 13 kan hierbij weer ter verduidelijking dienen, alleen moet men de pijlen, die de bewegingen aanduiden, anders teekenen):

Tijdens een praë-Senone continentale periode zakt B en ontstaat door erosie de grensverspringing in de Trias. Nu volgt een (epirogenetische) daling van het land, het Onder-Senoon transgredieert en doordat nu tegelijkertijd een beweging langs breuken plaats vindt waarbij A lager komt dan B, kan op A meer Onder-Senoon tot afzetting komen dan op B. Na een epirogenetische opheffing en erosie volgt weer een daling en doordat A nog steeds meer zakt dan B, wordt ook meer Boven-Senoon op A gesedimenteerd dan op B. Het land komt na het Senoon weer boven den zeespiegel (erosie), doch daalt weer in het Oligoceen, nu is echter het bedrag der beweging van B grooter dan

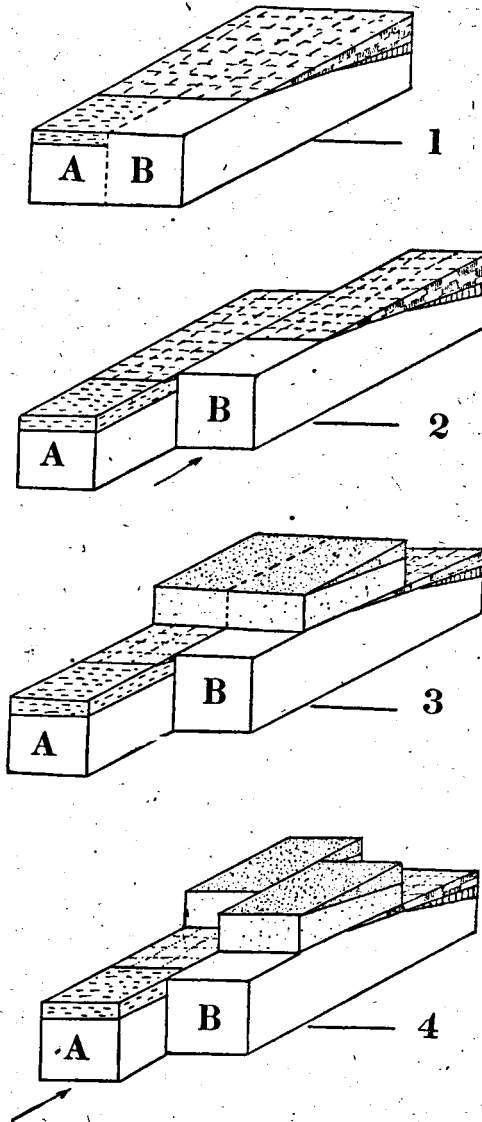


Fig. 14.

Schematische voorstelling van gelijkgerichte horizontale bewegingen langs de groote verschuivingen in Zuid-Limburg.

<sup>1)</sup> Bij een tot het uiterste doorgevoerde veronderstelling van oscillerende bewegingen blijven n.l. de erosiestadia buiten beschouwing en wordt b.v. het ontbreken van Onder-Senoon op schol B alleen verklaard: doordat B hooger lag dan de zeespiegel op A (cf. KLEIN, l. c. blz. 78).

van A en dit blijft zoo in de daaropvolgende continentale periode (Oligoceen en Mioceen dikker op B dan op A), waarin door erosie de grensverspringing in het Mioceen ontstaat.

Bij deze verklaring neemt men dus aan een voortdurende, verticale, gelijkgerichte beweging, doch nu eens zakt de eene schol wat sneller, dan weer een andere.

MOLENGRAAFF heeft het eerst op deze tweede mogelijkheid gewezen en ze uitvoerig en zeer duidelijk in zijn genoemde verhandeling uiteengezet.

### *Horizontale bewegingen.*

3°. Reeds eenige malen is er op gewezen hoezeer het verspringen der grenzen samen met de helling der transgressievlakken een beeld veroorzaakt, dat juist past in het schema, dat eveneens door MOLENGRAAFF gegeven werd als een mogelijke verklaring voor de verhoudingen langs de Limburgsche verschuivingen, n.l. een horizontale beweging in die richting waarin de sedimenten in dikte toenemen, dus ongeveer loodrecht op de richting van het transgressievlak (zooals dit voor Trias, Kunrader formatie, Oligoceen en Mioceen het geval kan zijn). Het blijkt echter, dat wij hierbij weer meer dan één gelijkgerichte beweging van verschillend bedrag moeten aannemen. Zoo b.v. kunnen wij schol B na afzetting van K (fig. 14 — 1) Noordwaarts bewogen denken (fig. 14 — 2) en vervolgens na het Mioceen (fig. 14 — 3) schol A eveneens, maar nog meer, Noordwaarts laten bewegen. (fig. 14 — 4) om weer de tegenwoordige toestand als resultaat te krijgen. Indien wij echter alléén dit principe van horizontale verschuivingen willen gebruiken, dan moeten we ook reeds na het Onder-Senoen B en C zóóver naar het Noorden laten schuiven, dat de Onder-Senoogrens buiten het beschouwde gebied valt en nog vóór dien tijd moet men wederom na de Trias een aanzienlijke verschuiving voor strook A en een minder groote voor B aannemen.

Tot nu toe ontbreekt nog steeds een groot aantal waarnemingen (en metingen) van wrijfkassen. De weinige gegevens, die bekend zijn, werden door MOLENGRAAFF<sup>1)</sup> vermeld. Ik kan er helaas geen nieuwen aan toevoegen.

4°. — Tenslotte zullen wij ook nog de vierde uiterste mogelijkheid moeten vermelden. Men kan n.l. weer hetzelfde eindresultaat krijgen door veronderstelling van horizontale bewegingen, die niet gelijkgericht zijn<sup>2)</sup>, b.v. na een prae-Oligocene verschuiving van B Noordwaarts, afzetting van Oligoceen en Mioceen, waarbij dus op B de Mioceengrens Zuidelijk van de K-grens komt te liggen; na het Mioceen laten we B weer naar een Zuidelijke streek schuiven en het resultaat is weer hetzelfde (A blijft dan als onbewogen verondersteld).

Het behoeft echter nauwelijks gezegd te worden, dat bij de veronderstelling van zulk een horizontale oscillatie het onnatuurlijke in de voorstelling opvallend is.

<sup>1)</sup> l. c. blz. 308.

<sup>2)</sup> Fig. 14 kan weer ter verduidelijking dienen, alleen moeten de pijlen weg en anders geplaatst worden zooals uit het volgende wel vanzelf duidelijk is.

Van de vier hierboven genoemde mogelijkheden schijnen die welke het eerste en het laatste besproken zijn minder eenvoudig dan de twee overblijvenden: gelijkgerichte verticale — of gelijkgerichte horizontale beweging. Dezen nu vormen twee uitersten en het is zeer waarschijnlijk, dat de waarheid in het midden zal liggen; de bewegingen zullen zoowel een verticale als een horizontale component gehad hebben, doch om te weten te komen welke van deze beiden de grootste is, ontbreken ons de noodige en beslissende gegevens n.l. metingen aan wrijfkassen. Eerst indien plaatsen gevonden worden, waar deze goed bestudeerd kunnen worden, zal het mogelijk zijn na te gaan of er langs de groote storingen in Limburg al dan niet horizontale verschuivingen over groote afstanden plaats gevonden hebben.

Aan het einde van deze beschouwingen moet er op gewezen worden, dat om de verhoudingen in Limburg te verklaren twee soorten bewegingen aangenomen moeten worden: 1°. epirogenetische bewegingen <sup>1)</sup> op grond der Stratigrafische toestand, die over een groote uitgestrektheid aanwezig is; 2°. bewegingen langs breuken (hetzij horizontale, hetzij verticale,) om de dikteverschillen der sedimenten te verklaren. Indien deze bewegingen langs breuken geleidelijk en gedurende langen tijd plaats gevonden hebben, moet men ze epirogenetische bewegingen noemen; indien ze echter alleen in korte periöden geschieden: orogenetische bewegingen. Men kan op 't oogenblik niet uitmaken wat hier de juiste zienswijze is en zoo kan dan ook slechts terloops er op gewezen worden, dat de hier voorkomende bewegingen, zoowel wat betreft hun aard (epirogenetische bewegingen gepaard gaande met bewegingen langs breuken) als de tijd waarin ze vallen, doen denken aan de verschijnselen in Midden-Duitschland die STILLE als orogenetische bewegingen heeft trachten te verklaren en onder den naam „Saxonische Faltung” heeft beschreven <sup>2)</sup>.

Wij willen nu nog een enkel woord wijden aan de naaste oorzaak van het ontstaan der breuken. Er kunnen in een schollengebied als het hier beschouwde twee soorten van druk samen geheerscht hebben en nog aanwezig zijn: 1°. een belastingsdruk, zwaartekracht; 2°. een zijdelingsche druk. De eerste moet vooral bestudeerd worden in profielen en aanzien er weinig nauwkeurige gegevens zijn over de juiste helling der breukvlakken zal deze hier verder buiten beschouwing blijven. Op de tweede zullen we iets nader ingaan.

Het zal belangrijk zijn om, wanneer de nieuwste gegevens over de storingen in het mijngebied in kaart gebracht zijn <sup>3)</sup>, deze te vereenigen tot een graphische voorstelling tot een z.g. verschuivingsroos en ze verder te bestudeeren, doch ook nu kan reeds op eenige bijzonderheden gewezen worden.

<sup>1)</sup> H. STILLE. Die Begriffe Orogenese und Epirogenese. Zeitschr. Deutsch. Geolog. Gesellsch., Bd. 71, 1919.

<sup>2)</sup> H. STILLE. Die Mitteldeutsche Rahmenfaltung, 3e Jahresber. Nieder-Sächs. Geolog. Ver. Hannover 1910.

H. STILLE. Die Saxonische Faltung. Zeitschr. Deutsch. Geolog. Gesellsch. Bd. 65, 1913.

<sup>3)</sup> Dr. W. J. JONGMANS is voornemens eerlang deze gegevens in kaart te brengen.



De „grootte” storingen (b.v. st. v. Heerlerheide, Feldbiss, Sandgewand), die behalve de grootste verticale spronghoogte ook de grootste lengte hebben, loopen N. 40—50° W.

Langs deze lijnen heeft meer dan één beweging plaats gevonden.

Behalve deze voornaamste storingen komt een tweede groep verschuivingen voor, die een andere richting hebben, zoo b.v. de storing van Kunrade N 75° W, de storing van Schin-op-Geul N 80° W, de Klauwpijpstoring N 85° W. Van deze storingen is slechts één bewegingsperiode bekend <sup>1)</sup>.

De verklaring voor deze richtingen zou als volgt kunnen zijn <sup>2)</sup>: Wanneer een gebied aan zijdelingschen druk onderhevig is (en deze druk is niet sterk genoeg om plooiing te veroorzaken) dan ontstaan er — volgens de beschouwingen van CLOOS — breuken en wel in de eerste plaats in de drukrichting zelf (Feldbiss, Sandgewand, enz.) maar bovendien (tegelijktijd of daarna) in verschillende andere richtingen, die echter allen vallen binnen een rechten hoek, die door de drukrichting gehalveerd wordt <sup>3)</sup>. Deze laatsten vormen de z.g. diagonaal-vlakken; de bekende horizontale transversaalverschuivingen in de Zwitsersche Jura zijn door CLOOS genoemd als een bijzonder fraai voorbeeld van zulke (in dit geval allen rechter) diagonaalvlakken. De storing van Schin-op-Geulle en die van Kunrade vormen dan voorbeelden van z.g. linker diagonaalvlakken <sup>4)</sup>. De kleine transversaalverschuiving in de storing van Schin-op-Geulle levert het voorbeeld van een rechter diagonaalvlak. Beide diagonaalvlakken bij elkaar vindt men SE. van de Welterberg waar ze een verspringen naar het Westen toe in de verschuiving van Benzenrade veroorzaken.

In dit verband komt men dus als 't ware vanzelf tot het denkbeeld, dat er werkelijk, althans in deze diagonaalvlakken, bewegingen hebben plaats gehad, waarbij de horizontale verschuivingscomponent aanzienlijk was. Het is verleidelijk hierover hypothesen te maken, doch het zal beter zijn meerdere gegevens en metingen trachten te verzamelen.

<sup>1)</sup> cf. KLEIN, l. c. 1913.

<sup>2)</sup> De beschouwingen van H. CLOOS, die hier ten grondslag liggen, kan men kort samengevat vinden in „Der Mechanismus tiefvulkanischer Vorgänge 1921 (ed. Vieweg).

<sup>3)</sup> In een richting verder dan 45° van deze drukrichting verwijderd zouden ze namelijk weer direkt dichtgedrukt worden. In de drukrichting zelf bestaat de gunstigste voorwaarde voor het ontstaan van open spleten, waarlangs ertsafzetting gemakkelijk kan plaats vinden (cf. Bleyberg S. van Epen: Geulbreuk).

<sup>4)</sup> Zie hierbij fig. 1 en de kaart van KLEIN.

## DERDE GEDEELTE: PETROGRAPHIE

### Inleiding.

De Limburgsche Krijtgesteenten werden mikroskopisch onderzocht met de bedoeling iets te weten te komen over hun aard en genese. Daarom werden eenige gesteenten en speciaal die van bepaalde ontsluitingen (b.v. Wahlwylre, Welterberg, Schinop-Geulle) uitvoeriger onderzocht, doch werden slechts weinige gesteentetypen van het Onder-Senoon nader beschouwd. De beschrijvingen der gesteenten kunnen dan ook geenszins een volledig beeld voor de geheele Limburgsche Krijtformatie geven; daartoe zal een veel uitgebreider onderzoek noodig zijn; ze kunnen slechts eenige hoofdtrekken aangeven <sup>1)</sup>.

Indien niet uit Scheikundige Analysen gegevens aanwezig waren, is getracht op andere wijze een inzicht te krijgen in de verhouding der voornaamste bestanddeelen. Wanneer n.l. één of meerdere verschillende bestanddeelen (b.v. calciet, kwarts en glauconiet; spicula's) op gelijkmatige wijze door het gesteente verspreid bleken te zijn, werden met een *Planimeteroculair van Hirschwald* de verschillende bestanddeelen langs de rechte lijn der schaalindeeling eenvoudig gemeten, d.w.z.: langs de in 100 deelen verdeelde schaal in dit oculair werd afgelezen hoeveel schaaldeelen een bepaald bestanddeel in het slijpplaatje telkens langs die lijn beslaat; deze getallen opgeteld geven voor elk ongeveer het percentage aan. Dit werd in twee of drie verschillende richtingen herhaald en het gemiddelde genomen. Indien bij de beschrijving vermeld wordt, dat de verhouding gemeten is, wordt telkens deze methode bedoeld. Door toepassing op gesteenten, waarvan wél scheikundige analyses bekend zijn, werd gevonden, dat de resultaten der meetmethode en der Analysen overeenstemmen. Een dergelijke methode voor het bepalen der scheikundige samenstelling van sommige gesteenten is sinds lang bekend als de Methode van ROSI WAL; de juistheid ervan, die wel eens bestreden is geworden (o.a. door A. A. JULIEN en J. A. WILLIAMS <sup>2)</sup>) werd onlangs duidelijk uiteengezet door F. FROMM (l. c.).

Voor de beschrijving der kiezelzuurconcretie's zal het nuttig zijn reeds nu eenige bijzonderheden te vermelden. Er bestaan een viertal kristallijn-kiezelzuurmodificatie's, die door hun optische eigenschappen van elkaar verschillen (kwartsine, calcedoniet, pseudocalcedoniet en luteciet). Van dezen kon alleen straalvormige groepeerings van calcedoniet herhaaldelijk in de slijpplaatjes der Limburgsche vuursteen duidelijk herkend worden. De richting der calcedonietstralen komt overeen met de

<sup>1)</sup> Voor zoover ik kon nagaan hebben tot nu toe alleen BEISSEL en VAN BAREN bijdragen geleverd voor het mikroskopisch onderzoek der Limburgsche gesteenten.

<sup>2)</sup> Lit. bij FROMM l. c.

kleinste as van het Fresnelsche ellipsoïde (hoofdzône optisch negatief, uitdovingshoek  $0^\circ$ , opt.-assenvlak parallel aan de strekking der calcedonietstralen). Slechts een enkele maal werd de zeldzamer calcedonietsoort gevonden, waarvan het opt. karakter der hoofdzône positief is (gestrekt volgens Nm.). Het was niet mogelijk om het optisch karakter te bepalen van de fijnkorrelige grondmassa, tusschen deze stralige groepeerings; alleen amorph kiezelzuur werd herhaaldelijk verspreid in deze grondmassa geconstateerd.

Naar het voorbeeld van LACROIX zal hier met calcedoon steeds bedoeld worden een gesteente, waarin twee of meer soorten van kiezelzuur voorkomen.

Voor een kalkgesteente, dat geïmpregneerd is met amorph kiezelzuur heb ik — bij gebrek aan een Nederlandsch woord hiervoor — de door CAYEUX ingevoerde naam „*gaize*” gebruikt.

In geen enkel der Limburgsche gesteenten trof ik om de kwartskorrels en -fragmenten een secundaire aangroeiing tot kwartskristallen aan.

Alle gesteenten, die bestaan uit een combinatie van opaal met één of meer anhydrische  $\text{SiO}_2$ -varieteiten (agaten, vuursteen), ondergaan van buiten af een verandering in den loop der tijden; er ontstaat een melkwhite, minder harde, dichte substantie. MARCHAND<sup>1)</sup> beschouwde zulk een laag als een bijzondere kiezelzuurvarieteit, die hij *passyiet* noemde. FRIEDEL<sup>1)</sup> kwam daarentegen tot de conclusie, dat door het atmosferische water de opaaldeeltjes in de buitenlaag van een calcedoon door oplossing verdwijnen, zoodat een poreuze holokristallijne massa (calcedoniet, kwartsine) overblijft, die soortelijk zwaarder dan de onveranderde vuursteen is, maar gemakkelijk uiteenvalt. LACROIX bestudeerde dit verschijnsel nog eens en beschouwde de laatste verklaring als de juiste; hij gebruikt dan ook de naam *passyiet* alleen als morphologische term om de witte verweringslaag aan te duiden. Deze z.g. patineering is in Z.-Limburg reeds zeer duidelijk als een blauwwitte „*verf*” bij de Neolitische vuursteenscherven van St Geertruid en Ryckholt<sup>2)</sup> en de z.g. „*blauwe*” gerolde Cretaceïsche vuursteen uit het Mioceen hebben er hun naam aan te danken. Bij deze laatsten kon de verweering bovendien gemakkelijk dieper binnendringen door de aanwezigheid van talrijke botskegels.

Bij het onderzoek der vuursteen werd behalve van slijpplaatjes ook gebruik gemaakt van slagpreparaten, dunne wigvormige splinters, die gemakkelijk met een hamer afgeslagen kunnen worden (de methode wordt uitvoerig beschreven door WETZEL (1923).

Op het verschijnsel van ringsystemen, „*banden*”, in vuursteen, dat vooral bij verweerde exemplaren soms duidelijk optreedt, zal hier niet ingegaan worden<sup>3)</sup>, evenmin als op andere kwestie's van scheikundigen aard. Theoretisch-scheikundige beschouwingen over de vorming van

<sup>1)</sup> Lit. bij LACROIX l. c.

<sup>2)</sup> Cf. J. H. F. UMBGROVE. Bewerkte vuursteen van Ryckholt (L.). Jaarb. Ned. Oudheidk. Bond, blz. 204. 1922; en JOS HAMAL—NANDRIN et JEAN SERVAIS. La Station Neolitique de Sainte-Gertrude (Limbourg hollandais). Revue Anthropologique N<sup>o</sup>. 9—10, blz. 14, 1923.

<sup>3)</sup> C. f. DE COSSIGNY l. c. 1880 en LIESEGANG l. c. 1913 blz. 128—134.

vuursteen geven RAUFF <sup>1)</sup>, LEMBERG <sup>2)</sup>, CLEMM <sup>3)</sup>, KLÄHN (l. c. 1925) en CORRENS (l. c. 1925) <sup>4)</sup>. Eenige scheikundige gegevens over Limburgsche vuursteen worden vermeld door KURRIS <sup>5)</sup>.

Voor de vorming van glauconiet is onlangs door CAYEUX (l. c. 1924) een biochemische genese (bacteriënwerking) vermoed.

De benamingen bij glauconiet (homogeen, gegranuleerd) zijn gebruikt in den zin, zooals ze door CAYEUX gegeven zijn (l. c. 1916).

Voor de teekeningen der mikroskopische praeparaten werd eerst een schets gemaakt met behulp van een beeld, dat door een mikroprojectie-toestel verkregen werd, de foto's werden gemaakt met een Zeiss-inrichting voor mikrophotographie <sup>6)</sup>.

### Onder-Senoen.

#### Beschrijving van eenige Gesteentetypen.

##### 1. „Gaize” van Holzetterheide (bij Vaals). (Fig. 15)

Te Holzetterheide bij Vaals was eertijds een zeer fossielrijke ontsluiting. In het onderzochte stuk is een afdruk van *Crassatella arcacea* ROEM aanwezig.

Het gesteente bestaat voornamelijk uit kwarts- en glauconietkorrels. De kwartsfragmenten zijn meest 70—85  $\mu$  groot, afgeronde korrels en hoekige stukken komen beiden voor <sup>6)</sup>. De donkere gegranuleerde glauconietkorrels zijn zeer verschillend van grootte, sommigen zijn even groot als de kwartskorrels, maar vele veel groteren (270—420  $\mu$ ) zijn regelmatig verspreid. Structuur en onderlinge verhouding van kwarts en glauconiet geeft fig. 15. Meting leverde de volgende getallen: kwarts 35 %, glauconiet 25—30%. Deze bestanddeelen zijn verbonden door een struktuurloos doorzichtig bindmiddel, dat de hardheid van dit gesteente veroorzaakt; bij gekruiste

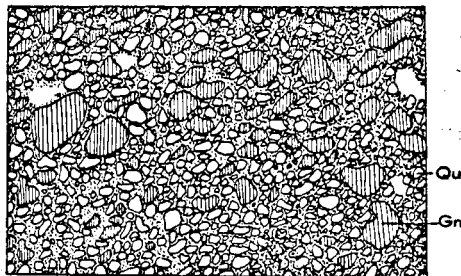


Fig. 15.

„Gaize” van Holzetterheide.  
30  $\times$  — Qu = kwarts; Gn = Glauconiet.

<sup>1)</sup> H. RAUFF. Paläospongiologie. Paläontografica 1893—1894.

<sup>2)</sup> J. LEMBERG. Ueber Silikatumwandlungen. Zeitschr. D. Geolog. Gesellsch. Bd. 28, 1876.

<sup>3)</sup> W. CLEMM. Ueber die Verkieselung von Kalksteine. Dissert. Freiburg 1909.

<sup>4)</sup> F. KURRIS. Maandbl. Nat. Hist. Genootsch. Limburg 1923, blz. 45; 1925, blz. 89.

<sup>5)</sup> In het Gebouw voor Mijnbouwkunde te Delft. Hierbij heb ik veel te danken aan de hulp van Dr. P. KRUIZINGA.

<sup>6)</sup> De grootte der kwartskorrels in Akensch-zand van de groeve Lemiers komt hiermee overeen (60—100  $\mu$ ). Dit kwartsrijke zand bevat bovendien in geringe hoeveelheid: toermalijn, zirkoon en glauconiet; veldspaat schijnt er niet in voor te komen. In de preparaten der V-groenzanden en in die van het Boven-Senoen werd eveneens nimmer een veldspaat aangetroffen, wel een enkel maal zirkoon. De kwarts bezit dikwijls verontreinigingen en insluitels en toont somtijds unduleuze uitdooving.

nicols blijft het donker, het neemt gemakkelijk anilinekleurstof op en het gesteente reageert niet op HCl. Het bindmiddel is dus zeer waarschijnlijk amorph kiezelzuur en het gesteente een „gaize”. Geelkleuring door limoniet is reeds makrosopisch duidelijk zichtbaar; oorspronkelijke groengrijze kleur, komt bij kernstukken van boringen geregeld voor (3) waar een ontstaan van limoniet (secundair uit glauconiet) nog niet in een zoo ver gevorderd stadium is.

De glauconietkorrels sluiten nooit kwartsfragmenten in. Waarschijnlijk is het hierboven beschreven nagenoeg calciëtvrije gesteente de rest van een kalkrijker type (n<sup>o</sup>. 3). Deze calciëtvrije gesteente moet echter reeds voor de sedimentatie verdwenen zijn (dus niet tengevolge van een uitloging tijdens de diagenese); hiervoor pleiten 1<sup>o</sup>. de goed bewaarde fossielafdrukken, 2<sup>o</sup>. de gelaagdheid van kwarts- en glauconietrijke gedeelten die soms makrosopisch te zien zijn. (cf. BEISSEL pag. 112).

## 2. Concretie uit groenzand van Overgeul. (Fig. 16).

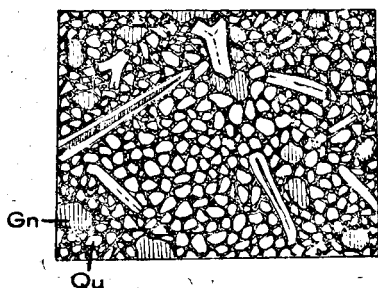


Fig. 16.

Groenzand-concretie van Overgeul — 30 × — Spicula-fragmenten van Silicispongiën tusschen kwarts (Qu) en glauconiet (Gn).

(Vindplaats: holle weg van Overgeul W-waarts naar Schwijberbosch bij 128 m. + A. P.).

De concretie bestaat uit dezelfde hoofdbestanddeelen (kwarts en glauconiet) als het hierboven beschreven type 1, doch ze zijn hier aaneengekit door limoniet. Bovendien komen opeenhopingen van sponsspica's voor; hun askanaal is dikwijls opgevuld met glauconiet. De spongiolithen zelf bestaan uit calcedoniet; hun doorsnede is 30—60  $\mu$ , en er komen zeer verschillende vormen onder voor. BEISSEL (l. c. Taf. I) beeldt er eenigen af. (cf. hiervóór op blz. 261).

## 3. Groenzand van kernstukken der diepboringen. (Fig. 22, pro parte).

(Stukken met duidelijke Onder-Senone fauna van boringen 105 (Houthem) bij 80 m. — A. P.; schacht Emma bij 90 m. — A. P.).

Tusschen de twee opvallende bestanddeelen: losse kwarts- en granuleerde glauconietkorrels komen talrijke herkenbare fragmenten van Foraminiferen, Lamellibranchiaten en Bryozoën voor en daarenboven nog een groote hoeveelheid van dergelijke fragmenten, die in 't geheel niet meer te determineren zijn. De hoeveelheid calciëtvrije is volgens gemeten verhouding ongeveer 65 %. Doorsneden door verscheidene Foraminiferen toonen een glauconietopvulling, anderen zijn opgevuld met calciumphosphaat. Dit laatste komt ook in losse afgeronde concretie's in het gesteente voor en deze sluiten dikwijls kwartskorrels, Foraminiferen en sponsspica's in. Bij gekruiste nicols blijft het lichtgele- en bruine phosphaat donker (bij fig. 22 rechts onderaan exemplaar).

Tusschen de genoemde bestanddeelen is calciet uitgekristalliseerd (grootte 7—14  $\mu$ ). Naarmate deze zich meer of minder rijk ontwikkeld heeft wisselt het gesteente in dichtheid en brosheid. Een enkele maal komen calcietkristallen voor met duidelijke rhomboëdrische vorm; individuen van 100  $\mu$  zijn niet zeldzaam.

De structuur van dit kalkrijke Onder-Senoen wordt weergegeven in de onderste helft van fig. 22. Het secundaire calcietkit is hier bijzonder rijk ontwikkeld (groeve *Welterberg*, zie verder blz. 306) en dit gaat altijd gepaard met een geleidelijk verdwijnen der primaire structuur, die door de organische resten aan het gesteente gegeven werd. Deze worden n.l. eerst kleiner en verdwijnen tenslotte voor een gedeelte. Het secundaire calcietmozaiek neemt bij een vergevorderd stadium dus de plaats in van de oorspronkelijke poriën in het gesteente plus een kleiner of grooter gedeelte van de ruimte, die daarvoor door kalkfragmenten van organismen ingenomen werd. In dezen zin geven fig. 27 (*M tufkrijt*), fig. 25, fig. 24 en fig. 23 (*Kunrader kalksteen*) een ontwikkelingsserie weer.

In het groenzand der diepboringen trof ik meermalen voorwerpen aan, waaraan duidelijke oplossingsverschijnselen te zien zijn; zoo b.v. exemplaren van *Actinomax quadrata* met fraaie oplossingsputjes op de plaatsen waar er kwartskorrels tegenaan zitten.

#### Boven-Senoen.

Gulpensch Krijt. (Hierbij analyses Nos. 11—15).

#### 4. Ontsluiting bij Wahlwylre.

Het profiel van de groeve aan den heuvelrand ten N. van de boerderij „de Lantaarn” bij Wahlwylre is van onder naar boven als volgt: 1°. wit fijnkorrelig krijt vanaf de vloer der groeve ( $\pm 125 + \text{A.P.}$ ) ongeveer 4.5 m. Het krijt bevat wat homogene glauconiet en plaatselijk kleine stukjes anthraciet, kwartskorrels en geen vuursteen; 2°. een glauconietrijke bank van 0.5—0.6 m. dikte. Dit is het z.g. grindkrijt van *STARING* (l. c. p. 345); 3°. ongeveer 6 m. wit krijt met vuursteen, die van onder naar boven toe talrijker worden.

In de onder 2°. genoemde tusschenlaag komen zeer talrijk voor *Rhynchonella cf. plicatilis* en *Bel. mucronata*, verder *Terebr. carnea*, *Cardiaster granulatus* en onduidelijke *Baculites*-resten. Het gesteente bestaat uit stukjes G-krijt (dat een weinig glauconiet bevat); de ruimte daartusschen is zeer glauconietrijk. Fig. 17 toont een aangeslepen vlak door dit gesteente. Het schijnt dat deze glauconietrijke gedeelten geleidelijk uit het glauconietarmere krijt ontstaan zijn door oplossing van de kalk, terwijl juist de witte krijtbrokjes de resten zijn, die nog gespaard bleven. Het geheel toont echter toch min of meer een conglomeraat-structuur, die door de beweging van water (bij begin van de afzetting van het bovenliggend sediment) ontstaan moet zijn. De glauconietrijkdom van deze 0.5 m. dikke laag was oorspronkelijk verspreid over een veel dikker krijtgedeelte, dat in uiterlijk met het onderliggend krijt overeenkwam. Hierdoor wordt ook de relatief grootere rijkdom aan fossilen verklaard.

In fig. 17 zijn enkele vuursteentjes (V) te zien. Het kiezelzuur blijkt nu vooral aanwezig te zijn in de kalkrijkste gedeelten, op sommige plaatsen zijn echter eenige dergelijke brokjes met elkaar door een „vuursteen” verbonden en deze gaat door de glauconietrijke tussenmassa heen. Bij de beschrijving der mikroskopische preparaten van gesteenten uit deze groeve, wordt hierover verder uitgewijd. Alleen kan nog opgemerkt worden, dat er geen losse of afgerolde vuursteenen in deze laag voorkomen.

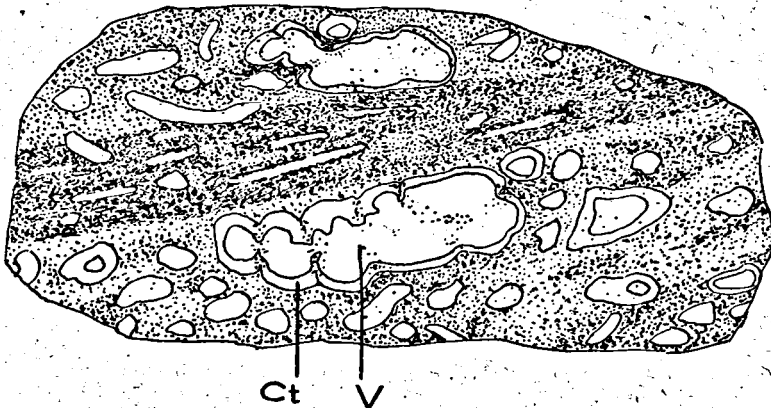


Fig. 17.

Tussenlaag van Wahlwylre; aangeslepen vlak. — Natuurl. grootte. — Te midden van een glauconietrijke oplossingsrest zijn stukjes Gulpensch krijt (Ct) plaatselijk door calcedoönvormingen tot één „vuursteen” vereenigd (V).

Deze conglomeratachtige tussenlaag van Wahlwylre zet zich over een groote uitgestrektheid E-waarts voort (cf. UHLENBROEK's kaart) en zeer waarschijnlijk is het „conglomeraat”, dat HOLZAPFEL vermeldt (tusschen Aachener-Wald en Lusberg) er een voortzetting van.

##### 5. Het krijt onder de „tussenlaag” van de groeve te Wahlwylre. (Fig. 18).

De grondmassa bestaat uit een calcietslib, dat zeer fijnkorrelig is. De deeltjes zijn meest afgerond of ovaal, velen zijn 5—7  $\mu$ , doch daartusschen komen weer kleineren voor van 2—3  $\mu$ . Behalve kwartskorrels, die in grootte overeenkomen met die in V-krijt en ongeveer 65—90  $\mu$  meten, komen er vrij veel grootere afgeronde kwartskorrels voor van 400—900  $\mu$ . De glauconietkorrels zijn van verschillende soort: homogeen, gegranuleerd en als opvulling van ruimten tusschen kleine opeenhopen van kwartskorrels of tenslotte als opvulling van barstjes in kwartskorrels. Kleine afgerolde fosphaatconcretie's komen vrij regelmatig voor; ze sluiten slibdeeltjes, kleine kwartskorreltjes, glauconietkorrels en spicula's in; eenigen zijn bovendien gebroken vóórdat ze in het sediment ingebed werden. Ook als lichtbruine nevels komt

dit calciumphosphaat voor en is van limonietkleuring al te onderscheiden, doordat het zich optisch als een amorphe stof gedraagt.

De organische resten bestaan uit Bryozoa-fragmenten, Foraminiferen, afgeronde schelpdeelen van Lamellibranchiaten, sommigen met z.g. borende algen, Ostracoden (veelal met fosphaat opgevuld); Monaxone spicula's komen voor door het geheele gesteente (doorsneden dikwijls  $40\ \mu$ ; askanaal helft daarvan), maar treden in verhouding tot de andere bestanddeelen op den achtergrond. Ze zijn in calciëet veranderd, de calciëetopvulling is niet één kristal-individu, maar zeer fijn granuleus: korreltjes van  $3\ \mu$  en kleiner. De enkele pseudomorphen van Radiolariën<sup>1)</sup> toonen dezelfde calciëet-structuur. Volgens meting in de preparaten nemen deze spicula-pseudomorphen  $\pm 10\%$  van het gesteente in, eveneens door meting werd voor kwarts gevonden  $18\%$ .

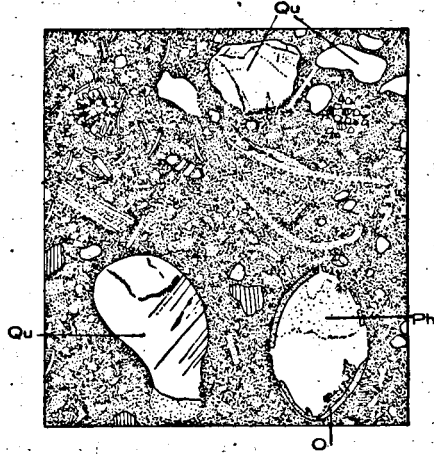


Fig. 18.

Gulpensch krijt —  $30\times$ . — In een fijnkorrelige grondmassa komen Spicula's, fragmenten van Foraminiferen, Ostracoden (O), kwartskorrels (Qu) en glauconiet (verticaal gestreept) voor. — Ph = calciumphosphaat.

#### 6. De tussenlaag van Wahlwylre. (Fig. 19 en Plaat 23, fig. 1).

Het beeld van de grondmassa komt overeen met de beschrijving van het onderliggend krijt (n<sup>o</sup>. 5) n.l. fijnkorrelige calciëet, homogene glauconietkorrels en kwarts-stukjes van twee verschillende grootten, maar de verdeling der korrels is anders, er zijn duidelijke „slieren”, opeenhopen, die veel rijker zijn aan kwarts- en glauconietkorrels, dan de omringende gedeelten. Donkere korreltjes ter grootte van  $10\text{--}12\ \mu$  komen voor door het gesteente verspreid en zijn juist in deze gedeelten ook sterker opeengehoopt; ze worden in vele krijtsoorten aangetroffen en onlangs nog door LOHMANN en WETZEL als „Copepodeneieren” beschouwd (zie fig. 19 en 20). Makroskopisch zijn deze „slieren” reeds bijzonder duidelijk te zien; de overgang tusschen beide gedeelten is nergens scherp en de veronderstelling dat de glauconiet- en kwarts-rijke gedeelten ontstaan zijn door oplossing van een gedeelte der kalk, wordt behalve door de rijkdom aan niet-gerolde fossielen en de overeenkomst van de kalkrijkere (overgebleven) gedeelten met het onderliggend krijt ook door het mikroskopisch beeld gesteund. Het is dus wel waarschijnlijk een conglomeraatlaag, maar in de eerst plaats een eluviale „oplossings-rest”, waarvoor ik de meer neutrale naam tussenlaag gebruikt heb.

<sup>1)</sup> Deze en de in 't vervolg vermeldde Radiolariën zijn Spumellariën, die gelijken op het type dat door RÜST als: *Druppatractus primum* beschreven werd. (Beiträge zur Kenntniss der fossilen Radiolarien aus Gesteine der Kreide-Palaeontografica, Bd. 37, 1887—88, blz. 181—214, Taf. XXII—XXIX). — Zie fig. 80. R.



Opvallend in het slijpplaatje zijn twee verschillend getinte gedeelten. Die gedeelten, die bij gekruiste nicols donker zijn, blijken sterk geïmpregneerd te zijn met amorph kiezelzuur. De spicula's, die in het krijt in calciet veranderd zijn, zijn hier in calcedoniet veranderd. Bij

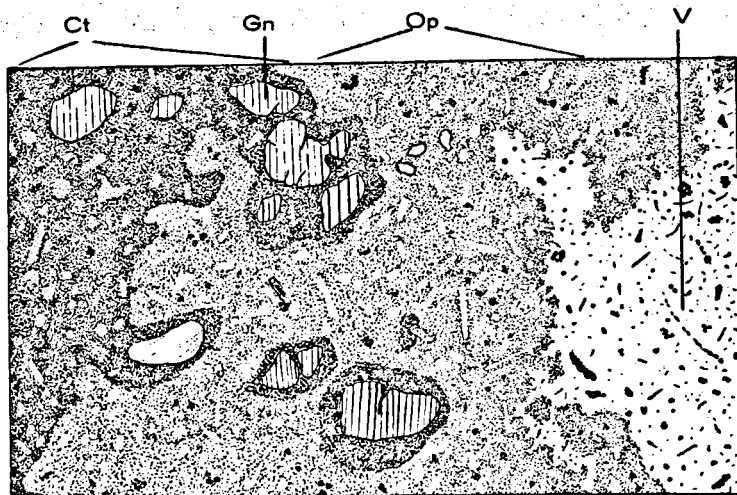


Fig. 19.

Vuursteenvorming in Gulpensch krijt — 30 X. — Onveranderd calciumcarbonaat (Ct), met amorph kiezelzuur geïmpregneerd (Op) en met kern van calcedoon (V). Gn = glauconiet.

gekruste nicols vertoont zich op dwarsdoorsnede van zulk een spicula een zwart kruis, dat met de trillingsrichting der nicols overeenkomt. Hieruit is reeds op te maken, dat de calcedoon radiaal gerangschikt is ten opzichte van de as van zoo'n spicula. Bij inschuiven van een gipsrood plaatje blijkt verder dat de lange-as der calcedonietstralen overeenkomt met de kleine as van het Fresnelsche ellipsoïde, dus dat het karakter van de hoofdzone van het mineraal optisch negatief is, hetgeen kenmerkend is voor de kiezelzuurmodificatie, die calcedoniet genoemd wordt.

Bij gewoon doorvallend licht is in deze met amorph-kiezelzuur geïmpregneerde gedeelten de krijtstructuur duidelijk herkenbaar. Dikwijls bezitten deze gedeelten echter een kern, waarin die structuur geheel vervaagd of verdwenen is; dit zijn de gedeelten die men makroskopisch als zwarte plekken in de vuursteentjes ziet, ze bestaan niet uit amorph kiezelzuur maar uit calcedoon<sup>1)</sup>. De overgang van het amorph-gedeelte naar deze calcedoonkernen gaat vrij plotseling (zie fig. 19) en duidelijk omliggende vlokken van opaal, waarin de krijtstructuur nog duidelijk is, dringen nog een eind in de calcedoonmassa binnen, schijnen er soms zelfs

<sup>1)</sup> Nadat een bepaalde soort  $\text{SiO}_2$  als calcedoniet beschreven was, stelde LACROIX voor om voor een gesteente, waarin meer dan één optische modificatie van kiezelzuur voorkomt, de naam calcedoon te behouden. In dezen zin zullen deze termen hier ook gebruikt worden.

nagenoeg geheel door omgeven. Talrijke donkere ronde bolletjes en staafvormige voorwerpjes zijn in de calcedoonmassa verspreid en hierdoor is nog de oorspronkelijke structuur van het gesteente te herkennen; er zijn o. a. de reeds vermelde „copepodencihulsels” in terug te vinden.

De grens van zulk een geïmpregneerd gedeelte naar de andere zijde toe (het kiezelzuurvrij krijt) is in de slijpplaatjes eveneens zeer duidelijk te zien en het is opvallend, dat er in de geïmpregneerde gedeelten om kwarts- en glauconietkorrels heen een  $\text{SiO}_2$ -vrije zône voorkomt (fig. 19 en Pl. 23, fig. 1). Ook makroskopisch blijkt, dat in de vuursteentjes de glauconietkorrels aan de verkiezeling het langste weerstand bieden. Ofschoon er zich vuursteentjes gevormd hebben, die meer dan één kalkrijk centrum verbinden, is het merkwaardig, dat ze toch steeds de kalkrijke oplossings-resten als uitgangspunt hebben bij hun vorming. De kiezelzuurvrije hof om de kwarts- en glauconietkorrels heen schijnt er op te duiden, dat deze voorwerpen hun aanwezigheid ook zelfs buiten hun eigen grenzen laten gelden. Deze „hof” wordt kleiner, naarmate de korrel korter bij een calcedooncentrum gelegen is. In de calcedoonkernen is de glauconiet totaal verdwenen, de kwarts is nog te herkennen (cf. Plaat 22). De scheidingslijn tusschen vuursteen en kiezelzuurvrije gedeelten stoort zich niet aan het verloop der bovengenoemde kwarts-glauconiet-rijke slieren; zooals reeds vermeld werd, worden ze soms zelfs mede geïmpregneerd met kiezelzuur.

Uit het voorgaande volgt duidelijk, dat deze metasomatische vuursteen-vorming begonnen is na de vorming der „oplossingsrest”.

## 7. Kiezelringen op schelpen.

In deze tusschenlaag vond ik exemplaren van *Terebr. carnea* met kiezelringen en in de omgeving van *Slenaken* is *Ostr. vesicularis* met kiezelringen gevonden. WETZEL heeft getracht dergelijke ringsystemen te verklaren<sup>1)</sup>: ze bestaan n.l. meest uit kwartsine en calcedoniet. De ringen zitten niet op de oorspronkelijke buitenkant der schelpen, maar tusschen bepaalde lagen der kalkschaal zijn ze gevormd; bij *Exogyra*-schelpen meest in de prisma-laag. De kiezelzuursol, die in deze laag binnendrong is verdikt, het water werd er aan onttrokken, voordat ze zich door de heele schelp verbreidde. Er vormden zich regelmatige concentrische zone's met afwisselend verschillend watergehalte en hieruit de verharde ringsystemen.

## 8. Krijt met Vuursteenen van Wahlwylre en Beritzenhoven (Plaat 21, fig. 1 en 2).

Gesteentemonsters van *Wahlwylre* uit het krijt boven de „tusschenlaag” met de erin voorkomende vuursteenen en eveneens krijt en vuursteenen van *Beritzenhoven* werden onderzocht.

In de preparaten van dit krijt komt geen glauconiet voor en slechts sporadisch een kwartskorrel; daarentegen zijn dikwijls holten van Foraminiferen en Ostracoden met calciumphosphaat opgevuld. In calciet-veranderde sponssplicula's zijn door het geheele gesteente regelmatig verspreid.

<sup>1)</sup> W. WETZEL. Ueber Blauquarz und über Kiezelringe. N. Jahrb. Miner. Geolog. 1913, Bd. 2, blz. 125—128.

De ruimte door deze spicula's ingenomen is volgens meting 8—12 %, meestal 10 %. Het zijn meest Monaxone vormen, maar ook andere vormen komen voor, Hexactinellide typen konden duidelijk onderscheiden worden (Pl. 21 fig. 1). BEISSEL beeldt eenige vormen af (Pl. II l. c. — fig. 28 schijnt een Tetractinellide-type te zijn) en vermeldt, dat zeer zelden ook een gave kiezelspons gevonden is (l. c. p. 119). Het zou zeer de moeite waard zijn om de Poriferen uit het Limburgsche krijt aan een uitgebreid palaeontologisch onderzoek te onderwerpen. Er is nu nagenoeg niets van bekend.

De verdere structuur van het krijt is net zoo als bij 5 beschreven werd: Foraminiferen enz., temidden van een zeer fijnkorrelige calcietmassa.

De verkiezeling van het krijt tot vuursteen toont hetzelfde beeld als voor 6 beschreven is. Tusschen de calcedoonkern en het nog onveranderde krijt is een zone aanwezig, die bij gekruiste nicols donker blijft en uit amorph-kieselzuur bestaat. Enkelen der vlokvormige gedeelten hiervan, die door de calcedoonmassa omgeven zijn, toonen een minder sterk relief en bevatten nog maar weinig amorph-kieselzuur; in de fletse kleur is echter de krijtstructuur nog duidelijk. Wanneer men zulk een zwart-wit gevlekte vuursteen in geconcentreerde kaliloog eenigen tijd kookt, verdwijnen de amorphe-vlokken en blijft op hun plaats een holte achter. Een vuursteenvlak waarlangs een calcedoonkern omgeven door een opaalzone waren aangesneden, werd na anderhalf uur koken in geconc. KOH zóó aangetast, dat de calcedoonkern nu 2 m.m. boven de sterk versmalde opaalzône uitsteekt. Door de kleurstof „malachietgroen" wordt de opaal sterk blauwgroen gekleurd, de calcedoongedeelten in het geheel niet. Uit een verhandeling van H. HEIN blijkt <sup>1)</sup>, dat dit verschillend vermogen om kleurstof op te nemen niet zoozeer samenhangt met de verschillende agregatie-toestand, dan wel met de structuur (dichtheid).

Midden in de calcedoonmassa zijn sommige spiculavormen nog te herkennen, doordat op die plaatsen de calcedoniet stralig georiënteerd is (vgl. blz. 302). Het is hieraan ook juist te danken, dat in preparaten van de z.g. blauwe gerolde vuursteen uit het Limburgsche Mioceen de structuur van Gulpensch krijt te herkennen is <sup>2)</sup>. Alle onderzochte vuursteen uit G.-krijt blijken metasomatische vormingen te zijn.

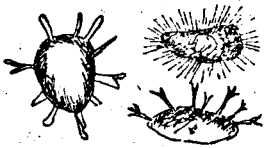


Fig. 20.

Copepoden-eihulsels —?  
1600 X.

In een vuursteen van Wahlwylre werden zeer merkwaardige organische resten gevonden (fig. 20). Dergelijke voorwerpjes werden door

WETZEL <sup>3)</sup> uit Baltische vuursteen afgebeeld en beschreven en worden door H. LOHMANN <sup>4)</sup> als Copepodeneieren beschouwd. Ze kunnen door slibben van krijt ook verkregen worden en schijnen tamelijk talrijk te zijn in het fosphaatkrijt van Ciply. De hier afgebeelde vormen zijn van het type: *Ovum hispidum ramosum* EHRB. sp.

<sup>1)</sup> H. HEIN, l. c. p. 229.

<sup>2)</sup> Men kan dit ook opmaken uit de beschrijving van het mikroskopisch beeld van zulk een vuursteen, die J. VAN BAREN geeft (De Bodem van Nederland, 1915, blz. 388).

<sup>3)</sup> WETZEL, l. c. 1922.

<sup>4)</sup> H. LOHMANN. Planktonexpedition IV N.

### 9. „Gaize” van Niswylre. (Plaat 21, fig. 1 en 2).

Uit een ontsluiting ten N. E. van Niswylre langs den weg naar Banerheide bij 146 m. + A.P. werd een harde witte concretion met schelpvormige breuk onderzocht.

Kwarts komt in het preparaat niet voor en sporadisch een glauconietkorrel. De structuur van het krijt komt ook verder overeen met de beschrijving in 5. De spicula's nemen weer ongeveer 10 % van het gesteente in (gemeten), de meest Monaxone vormen toonen meestal een duidelijk askanaal en dit is soms opgevuld met fosphaat. Ook enkele vertakte vormen komen voor, de spicula's zijn nagenoeg allen in calcedoniet veranderd. Ze hebben dus schijnbaar de volgende stofwisselingen doorgeemaakt: oorspronkelijk opgebouwd uit amorph-kieselzuur zijn ze evenals in het krijt in calciet-pseudomorphosen veranderd en deze weer (alleen in de concretion's in calcedoniet. De rest van het gesteente is geïmpregneerd met amorph-kieselzuur en het gesteente dus wat CAYEUX genoemd heeft: een gaize<sup>1)</sup>, en de structuur toont sterke overeenkomst met de afbeeldingen die DE LAPPARENT geeft van een Boven-Krijt gesteente uit de Pyreneën<sup>2)</sup>.

### 10. Over de kleur der Vuursteen in G-krijt.

Zulk een gaize als hierboven in n<sup>o</sup>. 9 beschreven werd, is in zijn geheel te vergelijken met de witte zône's en vlekken in een wit-zwart gevlekte vuursteen (blz. 304) en de zwarte d. i. de calcedoon-gedeelten van zoo'n vuursteen zijn daarentegen bij de gaize beperkt tot kleine onscherp begrensde vlekjes. In een slijpplaatje door zulk een plek van een gaize is het zonder meer duidelijk, dat de zwarte kleur (bij opvallend licht zwart) afhankelijk is van den aard der verkiezeling (calcedoon) (zie fig. 21).

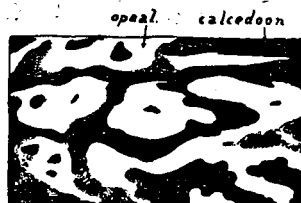


Fig. 21.

Gevlekte vuursteen uit Gulpensch krijt. — 2 X.

### 11. Over genese, materiaal en ouderdom der G-vuursteen.

Indien wij ons voorloopig beperken tot het feitenmateriaal, dat het mikroskopisch onderzoek der G-gesteenten geleverd heeft, dan volgt hieruit: 1<sup>o</sup>. dat de G-vuursteen allen metasomatische vormen zijn; 2<sup>o</sup>. dat bij de verkiezeling van het krijt uit een impregnatiestadium van amorph kieselzuur een calcedoonmassa ontstaat, waarin calciet en glauconiet totaal verdwenen zijn, hierbij is geen enkele aanduiding gevonden, dat het kieselzuur zich in de kalk om bepaalde bevoorkeurde centra afgescheiden heeft; 3<sup>o</sup>. over de herkomst van het kieselzuur-materiaal is met zekerheid niets bekend, doch de veronderstelling, dat deze afkomstig zou zijn van organische resten in het krijt zelf, wordt in geen geval tegen-

<sup>1)</sup> Dit vormt door de aanwezigheid van calcedoon een „gaize chertreuse” (cf. CAYEUX 1924, p. 75, 76).

<sup>2)</sup> J. DE LAPPARENT. Leçons de Petrographie 1923, Pl. 23, fig. 1.

gesproken, doch zou kunnen gesteund worden door het feit, dat oorspronkelijke kiezelzuurbestanddeelen (spicula's van kiezelsponzen en radiolariën) thans uit calciëtpseudomorphosen bestaan; de mogelijkheid dat deze (10 % ongeveer) geheel of gedeeltelijk het kiezelzuur voor de vuursteen geleverd hebben, bestaat dus; 4°. voor de tusschenlaag van Wahlylre kon vastgesteld worden dat de vuursteencentra erin ontstaan zijn ná de vorming van het gesteente tot het merkwaardige uitlogingscomplex zooals we het nu zien.

## 12. Het conglomeraat van Welterberg (en Staatsmijn Maurits). (Fig. 22).

De bedoelde groeve werd op blz. 284 besproken en is daar vermeld, dat er een conglomeraat van witte afgeronde stukken G-krijt in de bovenste laag van het V-groenzand voorkomt. Tevens wordt getracht dit voorkomen te verklaren. Hier volgt alleen de beschrijving van het mikroskopisch beeld in slijpplaatjes, door deze kalkstukken te midden van het hun omgevend gesteente:

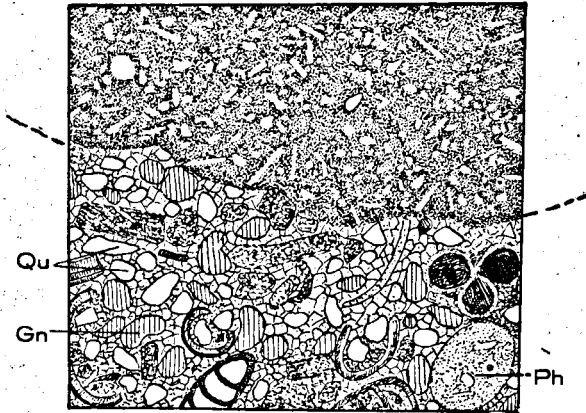


Fig. 22.

Conglomeraat van Welterberg — 30 X. — Bovenste Gedeelte: Gulpensch krijt; Onderste Gedeelte: Groenzand van Vaals. Qu = kwarts; Gn = Glauconiet, Ph = calciumphosphaat-concretie.

De grondmassa waarin de afgeronde kalkstukken liggen, is: groenzand van Vaals, dat in structuur overeenkomt met de beschrijving in n°. 3, alleen zijn de glauconietkorrels verbleekt en meest lichtgroen tot bruingeel, vandaar dat het zand ook makroskopisch zoo geel ziet, waarschijnlijk een ge-

volg van oxydatie boven den grondwaterspiegel.

Een enkele maal komt in de holte van een foraminifeer glauconiet voor, meestal liggen de glauconietkorrels echter verspreid en is aan hun afgeronden vorm niet nader hun ontstaanswijze te herkennen. Limonitische vormingen zijn als nevelvormige massa's hier en daar door het preparaat verspreid en houden waarschijnlijk verband met de verwerking van de glauconiet.

De bestanddeelen van de gelaagde gedeelten in dit V-zand (zie blz. 284) komen geheel met de reeds vermelde beschrijving overeen; alleen zijn ze door een calciëtkit verbonden, korrels van 30—70  $\mu$  zijn mosaiekvormig tegen elkaar aan gegroeid (voor de ontstaanswijze hiervan vergelijk men blz. 299).

In deze massa liggen afgeronde stukken kalksteen ter grootte van

enkele centimeters tot een paar decimeters. Reeds makroskopisch maken ze den indruk van G-krijt en door het mikroskopisch beeld wordt dit volkomen bevestigd. De stukken zijn duidelijk afgerold en ook het slijpplaatje toont een scherpe grens met het omgevende V-groenzand. Onmiddellijk vallen op de talrijke calciëtpseudomorphosen van monaxone spicula's (doorsneden  $\pm 30 \mu$ ). De gegranuleerde glauconietkorrels zijn er zeldzaam in; fosphaat is regelmatig als kleine opvullingsmassa verspreid, enkele kwartskorrels komen er spaarzaam in voor (van  $60-70 \mu$ ) en dit alles weer te midden van een fijnkorrelige calciëtmassa zooals beschreven werd in 5.

In de omgeving van deze scherp omljnde G-massa's liggen op enkele plaatsen opeenhoopingen van dit G-krijt nauw vermengd met V-zand. Het zijn schijnbaar G-deelen, die nadat ze losgeraakt waren en grootendeels uiteenvielen, door sediment bedekt geworden zijn, voordat een verder uiteenvallen en verloren gaan in het V-zand nog geschied was.

**Kunrader formatie.** (Hierbij analyses No. 5—10 en Tabel No. 28.

### 13. Harde kalksteenbanken. (Fig. 23).

Verscheidene slijpplaatjes werden gemaakt van eenige harde kalksteenbanken in de groote ontsluiting tegenover het station Schin-op-Geulle.

Zie analyses nos. 6, 7 en 9.

Foraminiferen, Ostracoden en stukken van Lamellibranchiaten zijn regelmatig door het gesteente verspreid, maar hun omtrekken zijn vaag, meestal zijn ze nauwelijks te herkennen en is hun structuur dikwijls zelfs overgegaan in een fijnkorrelige calciëtmassa (van  $3-4 \mu$ ), die ternauwernood afsteekt tegen de calciëtmassa van het cement. Het geheel is namelijk verbonden door een cement van calciëtkristallen, die dicht tegen elkaar aangegroeid zijn, zóó dat ze in doorsneden een mozaiek vormen. Deze mozaiekvormige verbinding der calciëtkristallen veroorzaakt natuurlijk de bijzondere hardheid der Kunrader kalksteen. De korrelgrootte van het mozaiek is zelden kleiner dan  $30-40 \mu$ , maar dikwijls  $60-70 \mu$  en grootere afmetingen zijn geenszins zeldzaam. Een enkele glauconietkorrel en eenige (weinig) kwartskorrels ( $\pm 100 \mu$ ) komen voor.

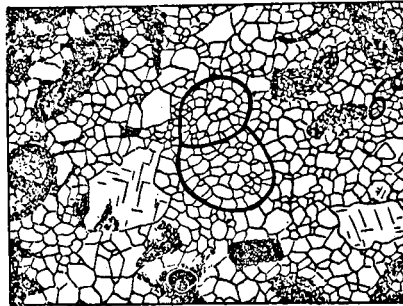


Fig. 23.

Kunrader kalksteen —  $30 \times$ . —  
Resten van Foraminiferen en Lamellibranchiaten te midden van een dicht mozaiek van calciëtmassa.

### 14. Harde kalksteen met glauconietslier er in. (Fig. 24)

Van dezelfde ontsluiting als het vorige gesteente).

Het beeld, dat een glauconietvrij gedeelte geeft, is precies zoo als hierboven (13) beschreven is. Reeds makroskopisch is dit gedeelte scherp

gescheiden van het aangrenzende gedeelte, dat donker gekleurd is door de glauconiet en ook onder het mikroskoop

is deze grens nog heel scherp getrokken; vele afgeronde kwartskorrels en groote granuleerde glauconietkorrels treden plotseling op en nemen de meeste ruimte van het gezichtsveld in. Daartusschen liggen fragmenten van Bryozoën en Foraminiferen, de holten ervan zijn dikwijls opgevuld met calciumphosfaat; verder komen voor afgerolde en dikwijls nauwelijks herkenbare schelpfragmenten van Lamellibranchiaten. Al deze bestanddeelen zijn nu met elkaar verbonden door een cement van calciokristallen, die mozaiekvormig tegen elkaar

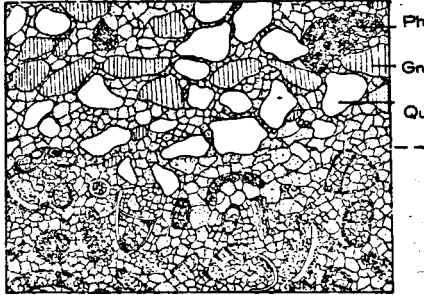


Fig. 24.

Onderste gedeelte: Kunrader formatie; Bovenste gedeelte: ingespoeld Onder-Senoon — 30 X. — Qu = kwarts; Gn = glauconiet; Ph = calciumphosfaat.

aansluiten, juist zoo als bij het Kunrader-kalkrijk-gesteente zelf en ook van dezelfde grootte als daarvan vermeld werd. We zien hier dat de K-formatie slieren groenzand insluit; dit laatste is dus hier op secundaire ligplaats ingespoeld en het is wel waarschijnlijk, dat het V-groenzand is. Beiden vormen nu samen één hard gesteente met een mozaiekvormig calciocement. Deze structuur blijkt duidelijk ná afzetting der lagen ontstaan te zijn en behoort tot de diagenetische verschijnselen. De beschrijving van het volgende gesteente-type zal dit nog verduidelijken.

#### 15. Tufkrijt met vuursteen van Stokhem (weg naar Berghoven. (Fig. 25)

Het krijt bestaat weer uit de gewone organische resten (Foraminiferen en Lamelli-branchiaten-fragmenten vooral) benevens eenige kwartskorrels en wat glauconiet. De ruimten tusschen deze bestanddeelen zijn echter niet door een mozaiek van calciokristallen totaal opgevuld, maar meestal zijn de korrels door kleinere calciokristallen van 7—12  $\mu$  met elkaar verbonden; de kristalvormen zijn vrijuit ontwikkeld naar de openblijvende holten toe, doch hier en daar is een kleine tussenruimte geheel met calciokristallen gevuld, die dan 30—35  $\mu$

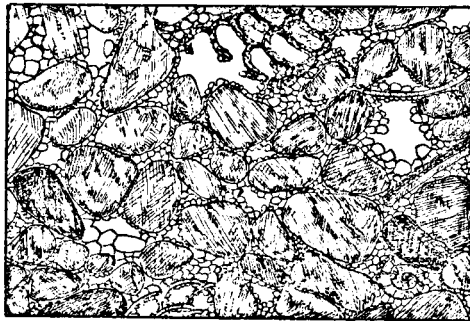


Fig. 25.

Tufkrijt — 100 X — Begin der vorming van een secundair calciocement.

groot zijn en nu en dan vindt men er nog grootere individuen onder. Het ligt voor de hand te concludeeren, dat de harde kalksteen (13—14) geleidelijk uit een loskorrelig materiaal ontstaan is en dat het hier beschreven gesteente een ontwikkelingsstadium in deze vorming vertegenwoordigt.

Van de zwartgekleurde vuursteenmassa, die in hetzelfde slijpplaatje getroffen is, is het opvallend (in tegenstelling tot de vuursteenem uit het Gulpensch krijt), dat de calcedoonkern niet door een duidelijke zône van amorph kiezelzuur omgeven is en slechts de randen van de krijtvlokken, die geheel door calcedoon omgeven zijn, blijven bij gekruiste nicols donker. Bij gewoon doorvallend licht is nog plaatselijk midden in de calcedoon de krijtstructuur vaag aangeduid en door de geheele massa zijn zeer kleine niet nader te determineeren mineraalfragmenten verspreid; deze komen ook in het omringende krijt voor, doch ze verschijnen opeens duidelijk, wanneer de kalk verdwenen is. Verder zijn kwartskorrels vooral bij gekruiste nicols te midden van de fijnkorrelige hypidiomorfe calcedoonkristallen nog duidelijk te herkennen. Tegelijk met de afwezigheid van spicula's in het krijt ontbreken ook typische straalvormige groepeeringsen der calcedoon-bestanddeelen. De calcedoonmassa neemt geen kleurstof (malachietgroen) op).

#### 16. Andere vuursteenem uit Kunrader formatie. (Plaat 22, fig. 1 en 2).

Een zwarte vuursteen (met omringend gesteente) uit een harde kalksteenbank van de groeve aan de Fromberg werd onderzocht. Het gesteente is volkomen hetzelfde als beschreven in N<sup>o</sup>. 14; het bevat eveneens een glauconietslier. Een zône van amorph kiezelzuur ontbreekt geheel, de vuursteen is overigens precies zooals hierboven beschreven werd (15).

Van een ontsluiting bij Strucht (uit de grenszône tusschen G- en K-krijt) werd een vuursteenstuk (met omringend krijt) genomen. Makroskopisch blijkt het stuk zeer rijk aan organische resten te zijn, o. a. bruin-gekleurde vischschubben met een fraai-bewaarde structuurteekening erop. In het slijpplaatje toonen deze voorwerpen bijzonder goed hun organische structuur; kleine lacunes en kanaalstructuur (c.f. CAYEUX, pl. LV, fig. 6) en een beenstructuur van visschen zooals die door CORNET (l. c. 1891, fig. 3, 4 en 6) afgebeeld wordt, zijn beiden bijzonder duidelijk. Om deze beenresten heen komt voor een groote menigte kleine fijnstralige sphaerolithen, soms dicht opeen gehoopt. Hun diameter is 10  $\mu$ . Bij doorvallend licht zijn ze lichtbruin gekleurd en blijven bij gekruiste nicols niet geheel donker. Het zijn misschien calciumphosphaat-sphaerolithen, die mogelijk juist uit het phosphaat der beensubstantie ontstaan zijn, waaromheen ze voorkomen. Ze zijn volkomen gaaf en niet afgerold of verdicht.

Op sommige plaatsen is de calcedoon grofkorrelig kristallijn en komt een bundelvormige groepeeringsen voor. In dergelijke groepen, die zich in doorsnede als spitse driehoeken vertoonen, zijn dikwijls de bases tegen elkaar aangegroeid en de rechte scheidingslijnen tusschen meerdere dergelijke bundels vereenigen zich soms ten getale van drie onder hoeken.



van 120° in één punt, doch ook meerdere bundels en andere groepeeringsen komen voor (fig. 2, Pl. 22). Bij gekruiste nicols komen de kwartskorrels duidelijk te voorschijn (fig. 2, Pl. 22) bij parallel licht zijn ze nauwelijks te zien (fig. 1, Pl. 22).

#### 17. Over genese, materiaal en ouderdom der Vuursteen en in Kunrader formatie.

Indien we ons wederom voorloopig beperken tot de gegevens die het mikroskopisch onderzoek geleverd heeft, kunnen we het volgende concluderen: 1°. De vuursteen zijn metasomatische vormen, 2°. aanduidingen dat het kiezelzuur zich afgescheiden heeft om bepaalde bevoorkeurde centra ontbreken geheel, 3°. een opaalzone (zoals die bij de G-vuursteen meestal goed ontwikkeld voorkomt) is in den regel tot een zeer smalle rand om de calcedoonkern heen beperkt en ontbreekt soms geheel, 4°. organische resten in het Kunrader krijt zelf kunnen het kiezelzuurmateriaal voor de vuursteen niet geleverd hebben (de weinigen radiolaria-calcietpseudomorphen, die sporadisch voorkomen, kunnen hierbij gerust buiten beschouwing blijven).

#### 18. Het kwartsrijke- (soms ook glauconietrijke-) losse materiaal tusschen de kalksteenbanken.

De losse oorspronkelijke structuur van het brokkelige gesteente werd door inkoken in Canadabalsem voor slijpen geschikt gemaakt. Slijpplaatjes van het lossé materiaal, dat zich in de groeve Schin-op-Geulle tusschen de harde banken in bevindt, toont onder het mikroskoop wederom een menigte fragmenten van kalkpanters, kwartskorrels en glauconiet. Dit laatste vult dikwijls de leemten tusschen beide eerstgenoemde bestanddeelen op, doch niet in wolkvormige verdichtingen zoals elders (blz. 300) wel vermeld is, maar het maakt den indruk alsof de zoo veel voorkomende granuleerde glauconietkorrels deels uiteengeperst en tusschen de holten ingeknepen zijn; waar nog ruimte overbleef, zijn op sommige kalkfragmenten spitse calcietkristallen uitgekristalliseerd. Op meerdere plaatsen zijn schelpfragmenten van Lamellibranchiaten gebroken en de verschillende stukken ten opzichte van elkaar verschoven (ook daar waar een dergelijke verschuiving niet een gevolg van het prepareren te achten is). Tenslotte komt een sterke limonietkleuring vooral om glauconietkorrelgroepen heen veel voor en is wel juist door verwerking dezer korrels ontstaan.

Ofschoon er speciaal naar gezocht werd, konden geen fragmenten of resten van een mozaiekvormige calcietstructuur gevonden worden.

#### 19. Over het ontstaan der afwisselende harde kalkbanken en kwartsrijke tusschenlagen in de Kunrader formatie.

In het Stratigrafisch Gedeelte werd reeds vermeld, dat er in het Kunrader krijt, tufkrijtgedeelten voorkomen en harde kalksteen en dat dikwijls en herhaaldelijk afwisseling van harde kalksteenbanken en zachtere tusschenlagen aangetroffen wordt (zie Tabel n°. 28). In een groote

groeve bij het Station Schin-op-Geulle zijn de kwartsrijke tusschenlagen bovendien zeer glauconietrijk.

Uit de gegevens van het mikroskopisch onderzoek, in de nos. 13—18 vermeld, kunnen we nu het volgende concluderen: 1°. Het Kunraderkrijtsediment heeft oorspronkelijk veel overeenkomst gehad met (Maas-trichtsch) Tufkrijt (n°. 15); alleen kwam plaatselijk veel ingespoeld Onder-Senoonmateriaal (V) voor (n°. 14); 2°. Tijdens de diagenese werden gedeelten van dit tufkrijt door een dicht calciement tot harde kalksteen (13) en op vele plaatsen scheidde de calciet zich af in talrijke horizontale zône's (die aan rhythmische afscheiding doen denken)<sup>1)</sup>. Het gevolg hiervan is, dat de scheikundige analyses der harde kalksteenbanken een hooger  $\text{CaCO}_3$ - en een geringer  $\text{SiO}_2$ -percentage aangeven (Tabel n°. 28 en analyses 5—10) dan die der zachte tusschenlagen. Dit verschil kan op sommige plaatsen nog grooter worden, doordat het bodemwater, dat bij voorkeur circuleeren zal tusschen de harde kalksteenbanken, deze tusschenlagen bovendien nog wat uitlooft (c.f. 18). Dit laatste denkbeeld is door J. SCHOO bijzonder sterk naar voren gebracht en het komt mij voor, dat hij aan het uitlogingsproces wel een al te groote beteekenis heeft toegekend bij de verklaring van het glauconietgehalte in de groeven te Schin-op-Geulle. Dat daar de glauconietrijke gedeelten voornamelijk in de zachtere tusschenlagen voorkomen, moet meer als een primaire eigenschap van deze gedeelten beschouwd worden. Het is meer toeval, dat in deze ontsluiting de harde banken

juist hiertusschen (in de glauconietarmere gedeelten) ontstaan zijn, doch ook niet zonder uitzondering: Een stuk uit zulk een harde laag (juist van deze groeve) met een zeer duidelijke glauconietslier werd microscopisch onderzocht (n°. 14, fig. 24). Het is van belang dat er geen



Fig. 26.

noemenswaard verschil is in de glauconietrijkdom van zulk een slier in een harde laag of in een zachte tusschenlaag. Een kriskras-gelaagdheid als in fig. 26 kan moeilijk verklaard worden als gevolg van uitloging (en daardoor ineensinking tot een dunner sedimentlaag volgens SCHOO) en ik beschouw deze figuratie dan ook als een primaire kriskras-gelaagdheid<sup>2)</sup>.

Deze herhaaldelijke afwisseling van harde en zachtere gedeelten in de K-formatie komt algemeen voor in de vele en soms zeer groote ontsluitingen en boringen. Het is een kenmerk, dat in zoo'n regelmatigen vorm in het M-krijt ontbreekt en juist daarom is het ook zeer waarschijnlijk, dat de harde banken in K ontstaan zijn vóór de M-transgressie —; immers indien ze daarna pas ontstaan waren, waarom zouden ze dan juist tot dit ééne stratigrafische niveau beperkt zijn, terwijl toch de sedimenten van beiden geheel analoog waren: Aan een locale invloed

<sup>1)</sup> LIESEGANG heeft een voorbeeld hiervan beschreven, l. c. blz. 127.

<sup>2)</sup> Naar een photographie, genomen aan de E-wand van de ontsluiting langs den weg naar Walem.

kan dit niet te wijten zijn, want ook waar M op K rust, komt dit kenmerk alleen in K voor. Het zou niet verwonderlijk zijn, als dan plaatselijk nog stukken dezer kalksteenbanken voorkwamen als een basisconglomeraat van M.

In dit verband is nu zeer belangrijk een profiel te Folx-les-Caves in België, dat vroeger meer dan eens onderzocht en afgebeeld is<sup>1)</sup>. Indien we ons tot de laatste gegevens van UBAGHS beperken, zoo schijnt hier M-tufkrijt te rusten op een „tuffeau sableux”, die hij gelijkstelt met de Kunrader formatie (*Pachydiscus colligatus* werd o. a. gevonden!). Tusschen deze beiden vindt men echter: „un amas de blocs arrondis formés d'un tuffeau grossier très durci, mêlés avec des cailloux de roches diverses.....”. Van deze laag zegt hij verder nog: „..... j'ai rencontré partout entre Orp-le-Grand, Orp-le-Petit, Jaudrain et Jauche<sup>2)</sup> la base tuffacée du Maestrichtien renfermant en masse *Thecideum papillatum* et *Bourguettecrinus ellipticus*, séparée de la craie blanche sous-jacente par le lit de blocs durs et arrondis de tuffeau et de galets de roches anciennes”. Uit de weinige fossielen, die hij vond en vermeldt van uit deze gerolde blokken, kan men helaas noch tot M, noch tot K concluderen, doch in verband met de hierboven gegeven beschouwingen schijnt het niet onwaarschijnlijk, dat men hier inderdaad met gerolde stukken der K-formatie te doen heeft.

#### Maastrichtsch Tufkrijt.

#### 20. Tufkrijt (analysen No. 1—4). (Fig. 27).

Behalve uit eenige fragmenten van Lamellibranchiaten, Brachiopoden, Bryozoën, Echiniden, Foraminiferen, Ostracoden en stukjes van Lithothamniën, die direct opvallen, bestaat het tufkrijt voornamelijk uit afgeronde langwerpige korrels, die in grootte variëren tusschen 60 en 200  $\mu$ ; aan enkelen van dezen is in een dunne doorsnede nog te zien, dat ze eveneens afgerolde stukjes van de genoemde organismen vertegenwoordigen, doch bij een groot gedeelte is het niet meer mogelijk hun oorsprong nóg te herkennen en is het eenige wat men bij doorvallend licht kan zien een rhomboëdrische slijtbaarheid, die waarschijnlijk door het ver-



Fig. 27.

Maastrichtsch Tufkrijt — 35  $\times$  — sommige fragmenten toonen het begin van omkristallisatie; plaatselijk aaneenkittig door calciet-rhomboëders.

vaardigen van het preparaat zoo sterk geaccentueerd werd. Men kan onder deze resten natuurlijk fragmenten verwachten van alle organismen, die uit calciet opgebouwd zijn en welke wij makroskopisch uit dit krijt kennen; kleine stukjes doorzichtige calciet

<sup>1)</sup> BINKHORST. Esquisee p. 79, Pl. II. UBAGHS 1888, p. 50—57, fig. 7, p. 50.

<sup>2)</sup> In het dal van de Kleine Geete.

met duidelijke rhomboëdrische splijtbaarheid en waaraan overigens alle fijnere structuur ontbreekt, zijn waarschijnlijk afkomstig van *Hemipneustus*-exemplaren, die zoo bijzonder talrijk in dit krijt voorkomende Echinide, waarvan dikwijls heele breccielagen voorkomen. Rotaliden, Textularia's en Bryozoën met opvulling der holten door homogene glauconiet werden aangetroffen. Kwartskorrels en sponsspacula's werden in de preparaten niet gevonden.

Somtijds liggen de genoemde bestanddeelen los tegen elkaar aan, maar dikwijls wordt door een secundair calciëfranje een onderling verband gevormd; waar deze het rijkst ontwikkeld is, is het gesteente het minst brokkelig. Eendeels ziet men b.v. de rand van een Foraminifeerfragment bezet met spitse calciëtkristalletjes (6—20  $\mu$ ), maar vlak daarnaast een fragment dat bedekt is met forsche breede tandvormige kristallen (60—70  $\mu$ ).

## 21. Vuursteen uit het horizontale vuursteensysteem in het Maastrichtsch Tufkrijt. (Fig. 28).

De vuursteen uit het Maastrichtsch krijt zijn bekend om de vele goed bewaarde fossielen, die er in voorkomen, zoo b.v. fraaie steenkernen van *Voluta deperdita* GOLDF. en *Crassatella Bosquetiana* D'ORB. In de ruimte tusschen de steenkern en de afdruk van de buitenkant der schelp is dikwijls kwarts uitgekristalliseerd. Sommige voorwerpen bieden langer weerstand aan de verkiezeling dan anderen, zoo b.v. de bekende *Hemipneustus striatoradiatus* LESK.

In slijpplaatjes ziet men nu ook de structuur van het Tufkrijt volkomen duidelijk. Naarmate de verkiezeling verder gevorderd is, is het beeld fletser, het relief geringer, maar een vrij plotselinge overgang van duidelijke krijtstructuur in een calcedoonmassa, waarin deze nog met moeite terug te vinden is, zooals in K- en G-krijt, treft men hierbij niet aan.

Niet alleen zijn de organische resten duidelijk te herkennen, maar ook de calciëtkristallen, die zich daarop afgezet hebben, kunnen midden in de calcedoonkern precies zoo als ze in 20 beschreven zijn, herkend worden (fig. 28, 29).

De calcedoon neemt geen kleurstof (malachietgroen) op. Slechts op enkele plaatsen was het mogelijk het optisch karakter te bepalen en werd calcedoniet geconstateerd.

In het preparaat van één vuursteen komen in de randzône talrijke ronde bolletjes voor, met een doorsnede van 25—30  $\mu$ . Ze worden bij

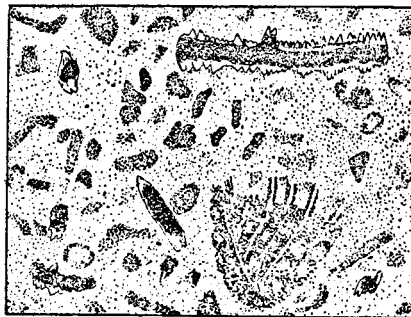


Fig. 28.

Vuursteen uit Maastrichtsch Tufkrijt. — 30  $\times$ . — Fragmenten van Bryozoën Lamellibranchiaten en calciëtkristallen zijn nog goed herkenbaar.

gekruiste nicols niet geheel donker; dit komt echter overeen met dergelijke bolletjes, die CAYEUX (l. c. 1897) voor opaal houdt en waartoe ik ze dan ook, niet zonder aarzelen, zal rekenen. Meer naar het centrum toe zijn ze nog maar vaag zichtbaar, maar vooral bij gekruiste nicols toch nog duidelijk terug te vinden (fig. 29).

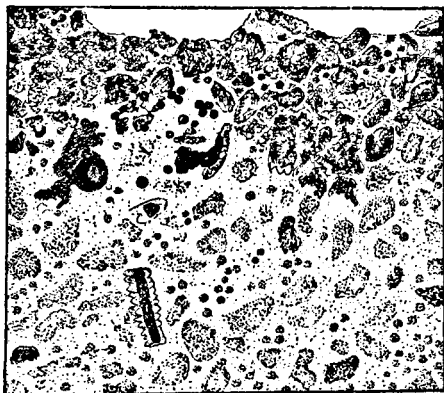


Fig. 29.

Vuursteen uit Maastrichtsch Tufkrijt.  
30 X. — Randzone met opaalbolletjes (f)

## 22. Vuursteen uit het verticale vuursteensysteem in het Maas-trichtsch Tufkrijt.

Dunne doorsneden door vuursteenen van een nagenoeg verticale rangschikking langs een scheur in het krijt (Pietersberg N.W.) geven precies hetzelfde beeld als die, welke hierboven uit het horizontale systeem beschreven zijn, ook de intensiteit der verkiezeling is even sterk en krijtfragmenten,

bezet met diagenetische calciëtkristallen (als hierboven vermeld) zijn er eveneens nog in te zien. De volgende opmerking van RICHARDSON <sup>1)</sup> over vuursteenen uit Engelsch krijt is volkomen toepasselijk op deze M-vuursteenen: „There is no difference between the two types of flint. Sometimes the line of the crack can be seen running through the flint, but where the nodules bulge out they show the same replacive features as do the horizontal flints.”

## 23. Over de kleur der vuursteenen in K.- en M. krijt.

Deze is wederom (zie n<sup>o</sup>. 10) afhankelijk van den aard en de intensiteit der verkiezeling. De vuursteenen in K zijn meestal donker (zwart) van kleur: de krijtstructuur is nagenoeg geheel verdwenen, de kleur der M-vuursteenen is meestal grijs, doch naarmate de calcedoon in 't centrum zuiverder is (de krijtstructuur vervaagd is) worden ze donkerder.

## 24. Over genese, materiaal en ouderdom der vuursteenen in M.-krijt.

Uit de mikroskopische bijzonderheden kunnen we het volgende vaststellen: 1<sup>o</sup>. De vuursteenen zijn metasomatische vormingen; 2<sup>o</sup>. kiezelzuurafscheiding om bepaalde bevoorkeurde centra heeft niet plaats gehad; 3<sup>o</sup>. amorph kiezelzuur werd somtijds bolvormig (25—30  $\mu$ ) afgescheiden; 4<sup>o</sup>. het kiezelzuur kan niet van organismen in het sediment zelf aanwezig, afkomstig zijn; 5<sup>o</sup>. de vorming der vuursteen (zoowel die van het horizontale als van het verticale systeem) heeft plaats gevonden nadat

<sup>1)</sup> l. c. p. 536.

de afscheiding van diageetische calciëtkristallen in het sediment in een stadium was waarin wij het op 't oogenblik zien.

Wij zullen nu hierbij eenige bijzonderheden over het voorkomen der vuursteen in het tufkrijt vermelden, waardoor hun ouderdom iets nader bepaald schijnt te kunnen worden. Voorbeelden van vuursteen langs min of meer verticale scheuren (diaklasen) vindt men in verscheidene groeven in het Jekerdal. Bijzonder fraai zijn ze ook aan de Riessenberg (E. van Gronsveld) E. van de boschwachterswoning. Ten zuiden hiervan in een groeve aan de N-zijde van den weg Gronsveld—St. Geertruid is op één plaats het horizontale vuursteensysteem door een verticale vuursteenpijler aaneengekit; het verticale systeem is daar kennelijk na het horizontale ontstaan (fig. 30). „Verticale” scheuren komen in groeven in het tufkrijt veelvuldig voor; waar men hun richting (b.v. in groeven en grotten) meten kan, komt deze zeer dikwijls overeen met de richting van het dal, waarlangs de groeve ligt; in een groeve kort bij de vereeniging van twee dalen, komen dan ook twee elkaar snijdende systemen van diaklasen voor; zoo b.v. langs den Pietersberg S—W. tegenover het Belgische dorpje Canne, waar een droogdal in het Jekerdal (E-zijde) uitkomt, konden de twee volgende richtingen gemeten worden: 1° strekking N 50° E helling 40° N; 2° strekking N 150° E helling 65° E; richtingen die overeenkomen met die van droogdal en Jekerdal.

In alle geval is het duidelijk, dat deze scheuren in het krijt eerst ontstaan zijn nadat het dal gevormd was. Het tegenwoordige Jekerdal b.v. en zijn zijdalen zijn gevormd na afzetting van het Pleistocene terrasgrind van den Pietersberg.

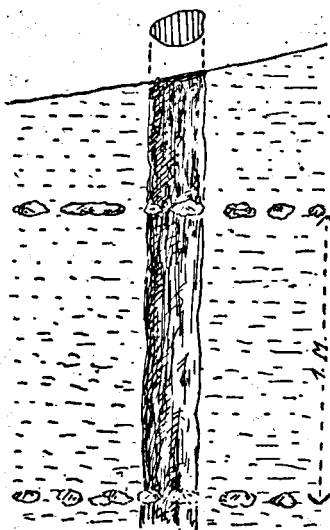


Fig. 30.

Verticale vuursteenpijler, waardoor vuursteen van twee horizontale niveau's aaneengekit worden.

C. VAN DER LUGT, die hierop reeds gewezen heeft, deed in 1924 metingen in de grotten van den Boschberg bij Canne (Jekerdal S.W. v. Maastricht) en vond het volgende: De vuursteenniveau's zijn horizontaal en storen zich niet aan het verloop van een harde (fossilrijke) kalksteenbank, die dalwaarts helt; een helling, ontstaan ná de vorming van het rivierdal en die zich voortzet tot aan een scheur, die wederom ongeveer parallel aan dit dal verloopt; achter deze scheur loopen kalksteenbank en vuursteenniveau beiden horizontaal. Hieruit moet men ook voor het horizontale vuursteensysteem tot een na-Pleistocene ouderdom concludeeren. Het zal echter zeer nuttig zijn om dergelijke metingen op meerdere plaatsen te herhalen en zoo het belangrijke besluit te controleeren; de onderkant van zulk een harde kalksteenbank kan een geringe helling hebben, die primair is en is overigens een eenigszins precare basis voor metingen; doch de gegeven cijfers pleiten wel voor de door hem gegeven opvatting.

25. Harde kalksteenbank (rijk aan Anthozoa resten) van den St. Pietersberg. (Fig. 31 en Pl. 23, fig. 2).

(Een makroskopische beschrijving wordt gegeven op blz. 94 van „De Anthozoa uit het M-Tufkrijt”).

Al de bestanddeelen, die men in het tufkrijt vindt, komen als van zelf sprekend ook in deze niveau's voor, maar ze zijn minder sterk gemetamorphoseerd en veel beter te herkennen, vooral ook de fragmenten en afgerolde stukjes, doorsneden door *Orbitoides Faujasi*, *Calcarina calcitrapoides*, *Rotalia*, *Textularia*, *Milolides*, door *Lithothamniën* en *Bryozoën* zijn goed te herkennen en voor de afgeronde fragmenten blijkt nu hun herkomst van *Lamellibranchiaten*, *Echiniden*, *Brachiopoden* en *Ostracoden* volkomen duidelijk (zie fig. 2, Pl. 23).



Fig. 31.

Harde kalksteenbank uit Maastrichtsch Tufkrijt. — 30 ×.

Al deze bestanddeelen zijn verbonden door een dicht en fijnkorrelig calcietcement (korrelgrootte veelal 4—6  $\mu$ ). In de holte van *Bryozoën* zijn ze dikwijls grooter (12—20  $\mu$ ). We zien hier dus een typisch verschil in korrelgrootte en structuur met de harde kalksteenbanken in de Kunrader formatie en dit houdt waarschijnlijk verband met de verschillende wijzen waarop ze gevormd zijn, de M-banken sneller en tijdens de sedimentatieperioden (zie l. c. blz. 94), de K-kalksteen op rustiger wijze eerst langer ná de sedimentatie. Ook de negatieve opvullingen der *Anthozoa* bestaan uit zulk een fijnkorrelig calcietcement, terwijl het oorspronkelijke aragonietskelet een holte opengelaten heeft, hierin hebben zich dan langs den rand der negatieven later weer spitse calcietkristalletjes gevormd.

26. De onderste laag van het Maastrichtsch Tufkrijt aan den St. Pietersberg. (Fig. 32).

Het mikroskopisch beeld toont een menigte fragmenten van kalkpanters, die vrij goed bewaard zijn; Foraminiferen, prismagroepen van *Lamellibranchiaten* en *Brachiopoden* en doorsneden door steelieden van *Bourguettecrinus ellipticus*, die men zoo gemakkelijk in dit laagje vinden kan, zijn op 't eerste gezicht te herkennen. Hiertusschen is glauconiet en calciumphosfaat in wolkvormige opeenhoopingen verspreid<sup>1)</sup>. Een scheurtje in het gesteente is met glauconiet opgevuld en eveneens de

<sup>1)</sup> Door F. KURRIS zijn eenige resultaten over het fosfaatgehalte in het Limburgsch krijt vermeld. (Maandbl. Nat. Hist. Gen. Limb. n<sup>o</sup>. 2, 1925, blz. 14). Zie verder de tabellen hierachter.

holten in vele Foraminiferen. Er komen kleine (tot 1 à 2 m.m.) bruinzwarte langwerpig afgeronde voorwerpjes in dit laagje voor (die door UBAGHS koprolithen werden gedoopt). Met ammoniummolybdaat geven ze een zeer duidelijke  $P_2O_5$ -reactie. Dunne doorsneden door deze bruine afgerolde fosfaatconcretie's geven het zelfde beeld als van het G-krijt en V-zand vermeld werd: niet gemakkelijk te determineeren fragmenten van kalkpanters en een enkele maal een kwartskorrel bevinden zich te midden van het fijnkorrelige fosfaat, dat meest echter veel donkerder en dichter van kleur is, hetgeen evenals hun glad oppervlak waarschijnlijk een gevolg van het afrollen is. Er bestaat echter geen reden om van deze fosfaatconcretie's een andere ontstaanswijze te vermoeden dan bij al die andere fosfaatconcretie's, die in 't Limburgsch krijt voorkomen en er is noch in hun gladde oppervlakte noch in hun inwendige structuur een argument te vinden om ze als koprolithen te betitelen. Fosfaatconcretie's zijn gewone verschijningen in een basisconglomeraat van een Senone kalksteen. In Henegouwen, waar basisconglomeraten beter ontwikkeld en niet zoo spaarzaam voorkomen als in Limburg, kent men ze in iedere onderafdeeling van het Boven-Senoon en juist de (daar grootere) fosfaatconcretie's der krijtbasisconglomeraten worden er op groote schaal ontgonnen (Poudingue de la Malogne). Ze zijn ontstaan tijdens een regressieperiode der zee; het is een secundair rijker worden van het fosfaatgehalte in zoo'n niveau door agglomeratie van een reeds in het onderliggend krijt aanwezig primair-fosfaat. Meestal worden dan de zoo ontstane concretie's nog wat afgerold en afgerond bij de transgressie van de daaropvolgende krijtafdeeling. Voor de verschillende theorieën over den oorsprong en het ontstaan van het fosfaatgehalte in het krijt verwijs ik vooral naar de twee speciale studie's van RENARD en CORNET, die hebben aangetoond, dat het fosfaat van beenderen van visschen en sauriers afkomstig is en primair als opvulling der holten van foraminiferen en als kleine beenfragmenten voorkomt.

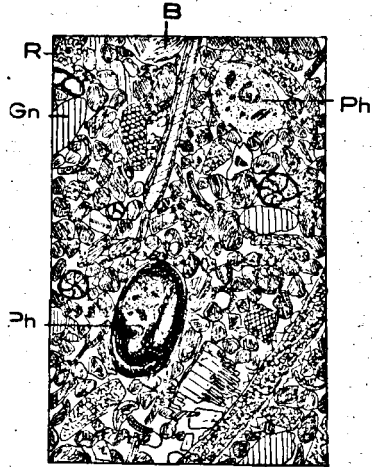


Fig. 32.

Maastrichtsche Tufkrijt — 20 X.  
Ph = calciumfosfaat; de onderste concretie is sterk afgerold;  
Gn = Glaucconiet; R = Radiolarie (†)

## 27. Bij de Tabel der scheikundige analyses van het Boven-Senoon <sup>1)</sup>.

Het  $SiO_2$ -gehalte, dat de analyses aangeven, blijkt bij meting in præparaten met het kwartspercentage hierin overeen te stemmen. In

<sup>1)</sup> Dit 15-tal analyses en ook die der volgende analysesreeks van boring 1194 werden uitgezocht uit een 100-tal analyses, die mij welwillend ter beschikking werden gesteld door Dr. TH. REINHOLD. Ze zijn gemaakt tusschen de jaren 1914 en 1918. Analyse n°. 3 door SEGER en CRAMER te Berlijn, alle anderen door KONING en BIENFAIT te Amsterdam. Aan Dr. REINHOLD betuig ik bij dezen nog eens mijn hartelijken dank.



analyse n<sup>o</sup>. 15 uit dat gedeelte van G, dat direct op het Onder-Senoon rust, is nog 31 % SiO<sub>2</sub> aanwezig, in hogere niveau's (nos. 11, 12, 14) is dit cijfer veel lager, maar gemiddeld toch steeds hoger dan in de andere Boven-Senoon-afdeelingen. Het laagste cijfer, dat ik zag, was 6.08 van een krijtmonster uit St. Geertruid benoorden Mescherheide. Het CaO-percentage schommelt meestal tusschen 34 en 35 (dit geeft: 65—80 % CaCO<sub>3</sub>), soms is dit nog hoger.

In het Kunrader krijt is over 't algemeen het CaCO<sub>3</sub>-percentage weer iets hoger (80—96 %) en het SiO<sub>2</sub>-percentage lager (2—3 %, doch ook 0.29 en 0.83 komt voor) en steeds hebben de zachtere tussenlagen een hoger SiO<sub>2</sub>- en een lager CaCO<sub>3</sub>-percentage dan de harde kalksteenbanken, waarin secundaire calciet afgezet is. De analyses-reeks van boring 1194 geeft hiervan een duidelijk overzicht (Tabel n<sup>o</sup>. 28).

Het SiO<sub>2</sub>-percentage van het M-krijt blijft meestal onder de 1 % (eenige analyses met hooger % komen voor), het bevat in den regel 97—98 % CaCO<sub>3</sub>.

Scheikundige Analysen van het Boven-Senoon.

Volgnummer.	Herkomst van het monster.	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O K <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Gloeiverlies etc.	Onoplosbaar.	Totaal.
1.	Maastricht groeve „St. Pieter” . . .	0.31	sp.	0.02	0.24	54.29	1.15	—	0.24	0.05	43.75	—	100.05
2.	Maastricht groeve „St. Pieter” Westelijke hoogte, bovenkant . . . . .	3.99	0.04	1.30	0.86	51.27	1.16	0.37	0.26	0.06	40.79	—	100.10
3.	Meersener Broek . . . . .	0.46	—	0.13	0.27	54.02	0.72	—	—	—	43.78	0.06	100.04
4.	Schaesberg (Oud-Valkenburg) rotswand	2.25	—	sp.	0.82	53.59	1.17	0.11	sp.	sp.	42.23	—	100.17
5.	Kunrade, oude groeve, zachte bank .	8.09	0.10	0.84	1.96	47.90	1.21	0.45	0.32	0.39	38.80	—	100.07
6.	Kunrade, oude groeve, 5 M. b. basis v/d. gr. . . . .	1.95	—	0.06	1.02	53.45	0.95	0.03	0.28	0.12	42.26	—	100.12
7.	Groeve Welterberg: Schelpbank. . .	1.95	0.03	sp.	1.76	63.09	0.63	0.36	0.22	0.17	41.95	—	100.16
8.	Groeve Welterberg: zachte „mergel” .	19.71	0.20	3.61	3.77	38.71	1.57	0.41	0.75	0.08	31.27	—	100.18
9.	Simpelveld groeve Huls harde lagen .	3.37	—	0.02	0.68	52.89	0.90	0.01	0.12	0.22	41.90	—	100.11
10.	Simpelveld groeve Huls zachte lagen.	21.73	—	0.63	2.14	40.14	1.25	0.46	0.25	0.23	35.20	—	100.03
11.	Vijlen-Vaals groeve Cementfabriek . .	6.72	—	1.23	1.08	41.56	0.37	0.07	0.34	—	35.15	13.48	100.
12.	Groeve ten N. van Wahlwylre . . .	8.94	0.05	0.21	1.01	49.60	0.62	0.34	0.15	sp.	39.11	—	100.03
13.	Groeve ten N. van Wahlwylre . . .	28.67	0.10	3.07	1.98	35.85	0.95	1.01	0.32	0.26	27.95	—	100.16
14.	Slenaken . . . . .	12.15	—	0	93.—	36.08	0.24	0.04	0.28	—	27.58	22.70	100
15.	Epen: „onderste Bosch” onderaan in het zichtbaar profiel . . . . .	31.—	0.10	1.22	1.66	36.42	0.71	0.49	sp.	0.32	28.20	—	100.12

M.

K.

G.

28. Analysen-serie uit de Kunrader formatie.

Boring No. 1194. (In de groeve Schunck—Bergsche Weg—Voerendaal). Analyse: KONING & BIENFAIT.

% CaCO <sub>3</sub>	Aard v. h. gesteente.	Van m.	Tot m.	Dikte in m.	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	S	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Alkaliën.	Gloeiverlies CO <sub>2</sub> etc.	Totaal.
95.75	Harde gele kalksteen	1.25	1.65	0.40	1.78	0.04	0.09	0.99	53.78	0.65	0.30	—	0.02	sp.	42.91	100.56
91.39	Zachte gele kalksteen	1.65	2.15	0.50	9.23	0.12	0.85	4.05	46.50	1.01	0.15	—	0.03	sp.	38.20	100.14
94.59	Harde gele kalksteen	2.15	2.35	0.20	2.79	—	0.24	1.27	52.94	0.55	0.31	—	0.04	sp.	42.30	100.44
89.89	Zachtere gele kalksteen	2.35	2.70	0.35	9.53	0.12	1.72	2.45	47.35	1.12	0.06	0.04	0.06	sp.	38.42	100.87
93.05	Harde (onzuivere) kalkst.	2.70	3.—	0.30	3.15	0.05	1.03	0.69	52.66	0.72	0.04	0.01	0.05	sp.	41.89	100.29
80.83	Tufachtig krijt.	3.—	3.40	0.40	10.32	0.13	1.90	2.77	45.90	1.12	0.22	0.02	0.13	0.48	37.83	100.82
91.16	Harde kalksteen	3.40	3.60	0.20	2.46	0.06	0.24	1.58	52.75	0.90	0.14	—	0.17	sp.	42.20	100.50

## 29. Lithogenese der Senoonsedimenten in Zuid-Limburg.

1. Beginnen we ditmaal met de jongste formatie, het Maastrichtsch Tufkrijt: We kunnen het beschouwen als een grofkorrelig litoraal sediment, dat samengesteld is uit afgeronde organische kalkresten, die dikwijls nog duidelijk herkenbaar zijn, de korrelgrootte schommelt tusschen 60 en 200  $\mu$ ; het is een typische „calcaire graveleux”<sup>1)</sup>. Deze korrels bezitten nagenoeg geen fijnkorrelig calcietcement, maar rusten meest vrij los op elkaar. Alleen op sommige plaatsen zijn dan tijdens (!) de sedimentatieperiode harde kalksteenbanken ontstaan, die naar de aanhechtende organismen te oordeelen, waarschijnlijk zelfs bij laag water tijdelijk droog gelegen hebben. Door het optreden der rijke koraalrifauna in de bovenste gedeelten, kan men aannemen, dat het water toen de geschikte diepte voor hun groei, d. i. ongeveer 30 m., had en waarschijnlijk duidt dit optreden der lensvormige massa's van resten van rifbewoners op een regressieperiode der zee. Het geheele poreuse sediment schijnt diagenetisch weinig veranderd te zijn.

2. Het Kunrader krijt is zoo'n dergelijk litoraal sediment, dat uit afgeronde kalkfragmenten van organismen bestaat en nu nog zijn er gedeelten, die gelijken op het M-tufkrijt. De diagenese heeft hier echter veelal een groote rol gespeeld en de korrels, die hier en daar reeds neiging vertoonden in een fijnkorrelige massa uiteen te vallen, werden plaatselijk door een dicht mosaiek van diagenetische calciet omgekristalliseerd en aaneengekit tot een harde kalksteen. Op sommige plaatsen heeft deze kalk zich afgezet in een groot aantal nagenoeg horizontale banken. De gedeelten tusschen deze kalksteenbanken werden daarna door het circuleerende bodemwater het gemakkelijkste uitgeloegd, zoodat ze aan onoplosbare bestanddeelen rijker zijn dan de harde banken en bovendien kenteekenen dragen, die er op wijzen, dat het volume der kalk in deze gedeelten verminderd is.

3. Totaal anders is de structuur van typisch Gulpensch krijt. Het is een bathyale „calcaire granuleux”<sup>1)</sup>. Bij deze kleinkorrelige calcietgrondmassa doet zich, zooals telkens bij dergelijke gesteenten het probleem voor, hoe deze fijne slibmassa ontstaan is: zijn calcietkristallen op de plaats zelf uitgekristalliseerd uit het kalkhoudend water door scheikundige reactie van organische resten — en daarna wat afgerond, of zijn ze afbraakprodukten van grovere calcietkorrels en zal m. a. w. een litoraal-sediment, zooals de beide vorigen (K en M) verder van de kust af in dieper water geleidelijk overgaan (uiteenvallen) in zulk een „schrijfkrijt”-massa, waarin grovere elementen veel spaarzamer voorkomen? Het feit dat het sediment inderdaad een diepere facies vertegenwoordigt en dat men in een „calcaire granuleux” dikwijls de korrels omgeven ziet door een fijnkorrelig calcietlaagje (een verandering die wel aan inwerking van algen wordt toegeschreven) schijnt aan deze tweede hypothese einigen steun te geven. Calciet, die eerst tijdens de latere diagenese uitgekristalliseerd is, schijnt zich in de Limburgsche sedimenten in grootere kristallen afgescheiden te hebben (30—40  $\mu$ ) en is meestal wel van de primaire slibmassa te onderscheiden (2—7  $\mu$ ). (c.f. nos 13, 14, 15 en 25).

<sup>1)</sup> DE LAPPERENT, l. c. p. 330—345.

4. Het groenzand van Vaals is daarentegen weer een litoraal sediment. Indien de fauna's, die de verschillende ontsluitingen opleveren, telkens afzonderlijk beschouwd worden, dan blijkt (volgens HOLZAPFEL), dat men van Oost naar West gaande een verdwijnen der litorale vormen en een verschijnen van meer pelagische typen kan constateeren. Men zou kunnen aannemen dat b.v. tengevolge van den aard en het verloop van zeestroomingen een toestand aanwezig was, die voor de vorming van glauconiet bijzonder gunstig is. De kustlijn en gedeeltelijk ook de ondergrond, die gevormd was door kwartsrijke zanden, was wel waarschijnlijk de voornaamste bron voor de vrij groote hoeveelheid kwarts, die in deze V-formatie algemeen voorkomt, doch waarschijnlijk is het kalkpercentage hooger geweest dan we nu constateeren kunnen en een gedeelte van de calciet in den loop der tijden opgelost en verdwenen. Het Vaals-zand krijgt door dit kwarts- en glauconietgehalte zulk een karakteristiek beeld, dat men dit gemakkelijk ook in jongere gesteenten weer herkent en ofschoon het blijkt, dat zelfs in het M-krijt primaire glauconietvormingen voorkomen en het mogelijk is, dat ten allen tijde wat kwarts in een litorale formatie door rivierwater ingespoeld wordt, zoo schijnt toch als regel Onder-Senone glauconiet en kwarts in lagen en slieren in de Boven-Senone kalksedimenten ingespoeld te zijn. Het is hierdoor begrijpelijk, dat de onderste lagen van het G-krijt er bijzonder rijk aan zijn en dat over 't geheel genomen het percentage van deze bestanddeelen telkens afneemt in een jongere Krijtafdeeling (zie n<sup>o</sup>. 27).

5. Na de uiteenzettingen van DEBEY en BEISSEL was het zeker, dat men de formatie der Akensche zanden als een kustlijn, een duinformatie moet opvatten, waarin hier en daar lagen voorkomen met mariene schelpen die bij een hooge vloed achtergelaten werden: een fauna, die overeenkomst toont met de V-groenzanden, die ten deele transgressief over de A-formatie heen liggen en daar dus kennelijk jonger zijn. Tenslotte zij er dan nog aan herinnerd, dat tusschen deze A-zanden lensvormige kleiafzettingen voorkomen, waarin de resten van een autochthone landvegetatie gevonden werden (KRAÜSEL en JONGMANS).

### 30. Het probleem der vuursteenvorming in Zuid-Limburg.

Bijzonderheden hierover kan men vinden in de speciale gedeelten n<sup>os</sup>. 3, 11, 17, en 24.

Hier volgt alleen een korte samenvatting der voornaamste gegevens en gevolgtrekkingen en zal blijken, dat er nog velerlei te verklaren overblijft.

1<sup>o</sup>. In het Mioceen vinden we talrijke afgerolde Cretaceïsche vuursteen, de z.g. blauwe vuursteen, die aan de basis zulk een belangrijke gidslaag vormen. In n<sup>o</sup>. 8 werd er op gewezen, dat het mogelijk is om hun herkomst uit G-krijt te herkennen. Hieraan kan nu toegevoegd worden, dat dit het eenige type is — onder de onderzochte exemplaren — dat herkend kon worden, (doch wanneer onder dergelijke rolsteen, gevonden in een laag waarvan de tertiaire ouderdom niet te betwijfelen valt, M-vuursteen gevonden mochten worden, zal meteen de vermoedde ouderdom voor een deel der M-vuursteen uit het hori-

zontale systeem (op Pleistoceen tot Holoceen) zeer onwaarschijnlijk worden).

2°. Bij de Ravensbosch (N. v. Houthem) rust marien Onder-Oligoceen zand op M-krijt met een dun conglomeraatlaagje, waarin talrijke gerolde fosphaatconcretie's en haaiantanden (uit M?) gevonden worden. Het is merkwaardig dat men hierin geen gerolde vuursteen aantreft.

WUNSTORF vermeldt<sup>1)</sup> voor de veel Oostelijker gelegen plaatsen, Dalheim en Birgelen gerolde vuursteen in de bovenste lagen van het Bov.-Oligoceen.

3°. Aan den St. Pietersberg (W.) rust het Maastrichtsche krijt met een dun basisconglomeraat op het „craie de Spiennes". In dit laagje komt velerlei voor, maar geen gerolde krijtvuursteen, ofschoon er onmiddellijk onder vele dicht opeenvolgende vuursteenlagen aanwezig zijn. Indien er reeds vele vuursteen in het oudere sediment aanwezig waren geweest tijdens de vorming van dit conglomeraatlaagje, zou men toch allereerst fragmenten van dezen hierin verwachten.

4°. Dit zelfde negatieve kenmerk draagt het conglomeraat aan de basis der Kunrader formatie, waarin deze op Gulpensc krijt rust even over onze grenzen: de z.g. Lusberger breccie. BESSSEL zegt hierover: „In den kalkigen Geröllschichten, welche zwischen den obersten Feuersteinlagen auf den Plateau von Vetschau—Orsbach und auf den Rücken des Lusbergs auftreten fand ich trotz sorgfältigster Untersuchung bis jetzt keine Feuersteine. Einzelne dem Feuerstein sehr ähnliche Geschiebe derselben bestehen aus den Phtaniten des Kohlenkalksteins....."

5°. Van de vuursteen in de „tusschenlaag" van Wahlyre, (die misschien dezelfde is als door HOLZAPFEL als „conglomeraat" voor het Duitse gebied vermeld werd), kon aangetoond worden, dat ze er secundair in ontstaan zijn ná vorming van die laag.

6°. Wij zien dus, dat in de tertiaire conglomeraten gerolde vuursteen voorkomen, doch in die van het krijt zelf niet en zouden hieruit (zooals CORNET dit voor het Henegouwsche krijt deed) de tijd der genese van de vuursteen (uit G-krijt) kunnen stellen: ná 't Senoon (M) en vóór het Oligoceen — tijdens een continentale periode voor het Limburgsche gebied.

WETZEL beschreef vuursteen (uit Baltisch krijt), waarin verkiezelde weekdeelen van organismen aanwezig zijn (zie verder blz. 328). Zoiets wijst duidelijk op een ontstaan der vuursteen ongeveer gelijktijdig met het sediment — doch iets dergelijks werd in geen der Limburgsche vuursteen aangetroffen. Het zijn allen metasomatische vormingen, die als zoodanig er reeds op duiden, dat de tijd van hun ontstaan begint tijdens of na opheffing van het sediment boven den zeespiegel.

7°. Voor de rangschikking in onderling parallele horizontale zône's waarin de vuursteenknollen het dichtst aaneensluiten, naarmate de zône's zelf het kortst op elkaar volgen, werd het eerst door LIESEGANG het idee

<sup>1)</sup> W. WUNSTORF u. G. FLIEGEL. Die Geologie der Niederrheinischen Tieflandes. Abh. Königs, Preuss-Landesanst. N. F., 67, 1910, blz. 82.

geopperd<sup>1)</sup>: „dass nachträglich gelöste Kieselsäure oder ein lösliches Silicat das ziemlich homogene Sediment von kohlensaurem Kalk durchtränkt und darin rhythmisch gefällt wurde.....". Dit schijnt ook voor de Limburgsche vuursteen de eenvoudigste verklaring. De gegevens om dit idee uit te werken tot zulk een duidelijke samenvatting als COLE en RICHARDSON voor het Engelsche krijt gegeven hebben, moeten in Limburg nog verzameld worden. Het is te verwachten, dat men hierbij twee rhythmische systemen zal kunnen aantonen, indien er werkelijk twee verschillende tijdsperioden der vuursteenvorming in het Limburgsche krijt geweest zijn (1°. prae-Oligoceen, 2°. post-Pleistoceen).

8°. Het is wel waarschijnlijk dat de vuursteen in de Kunrader formatie gevormd zijn in een van deze beide (?) tijdsperioden. Ze missen zulke duidelijke positieve kenmerken als de meeste G- en M-vuursteen, zoodat ze als rolsteen moeilijk met zekerheid herkend kunnen worden.

9°. In het G-krijt is oorspronkelijk een belangrijke hoeveelheid amorph kiezelzuur aanwezig geweest, dat materiaal geleverd kan hebben voor de vorming van vuursteen; in K en M was een dergelijke primaire voorraad niet aanwezig. Is al het kiezelzuur der vuursteen, ook van die in K en M, afkomstig uit G-krijt of ten deele ook elders vandaan (b.v. uit de bovenliggende Tertiaire en Pleistocene kwartsrijke sedimenten)? Voldoende gegevens om deze vraag eenigszins onbevooroordeeld te beantwoorden schijnen nog te ontbreken. Hetzelfde probleem heeft zich ook elders meermalen voorgedaan. Zoo b.v. vermoedde SOLLAS dat het kiezelzuur voor de vorming der verkieselde schelpen van Blackdown, uit de kwartzanden van deze formatie afkomstig is. Analoge veronderstellingen maken CAYEUX, BARROIS, TURNER, SMITH, PRESTWICH, KLÄHN en CORRENS. Uit de scheikundige studie van den laatstgenoemden kunnen de volgende resumeerende zinnen nog ter verduidelijking dienen (l. c. blz. 180): „Die Verkieselung von Kalken wird durch saure SiO<sub>2</sub>-Sole erklärt, die durch das Auflösen von Kalk neutralisiert oder schwach-alkalisch und in folgedessen durch die Ca-Ionen geflockt werden."..... Für die Herkunft der Kieselsäurelösungen ausserhalb des Gebietes der eigentliche Metamorphose werden Verwitterungslösungen und Quellen angenommen."

### 31. Het probleem der Vuursteenvorming in andere Krijtgebieden.

Er zijn vuursteenvormingen bekend geworden van af de oudste Cambrische Sedimenten en van ver uiteenliggende streken der aarde (Spitsbergen, N-Amerika, Z-Afrika, N-Zeeland) en zeer uiteenlopend zijn de hypothesen, die hun ontstaan telkens trachten te verklaren. In het volgende heb ik er mij echter toe beperkt een kort overzicht te geven van de voornaamste literatuur over vuursteenvorming — voor zoover ik die verzamelen kon — in eenige tamelijk nabij gelegen krijtgebieden.

<sup>1)</sup> Op de belangrijkheid van deze voorstelling van LIESEGANG werd onlangs gewezen door Dr. TH. KEINHOLD (Natuur- en Geneesk. Congres, Groningen 1925).

## Engeland.

Sinds lang is bekend, dat de vuursteenlagen in het Engelsche krijt rijk zijn aan organische resten en vooral de spicula's van kiezelponzen en hun calcië-pseudomorphosen, (die ook in het krijt zelf aanwezig zijn) werden door HINDE uitvoerig bestudeerd. Reeds OWEN kwam op het idee, dat deze vuursteenlagen opeenvolgende groei-bedden van sponzen waren, die periodiek groeiden en BULMAN heeft dit in 1916 zelfs verder uitgewerkt: als eenige factor, die deze afwisseling kan veroorzaken hebben, beschouwt hij het klimaat, de wisseling der jaargetijden, die tot de diepte waar deze kiezelponzen groeiden, zijn invloed deed gelden.

Daarna heeft echter COLE de bezwaren, die een dergelijke hypothese meebrengt, kritisch beschouwd en de onwaarschijnlijkheid van zulke veronderstellingen aangetoond. Daarentegen heeft hij getracht het idee van LIESEGANG hiervoor in de plaats te stellen, om n.l. de vuursteenvorming te beschouwen als een diagenetisch verschijnsel, waarbij het kiezelzuur, dat oorspronkelijk gelijkmatig door het geheele sediment verspreid was, zich rhythmisch afzette en de kalk plaatselijk verdrong (horizontale zône's en vorming langs scheuren).

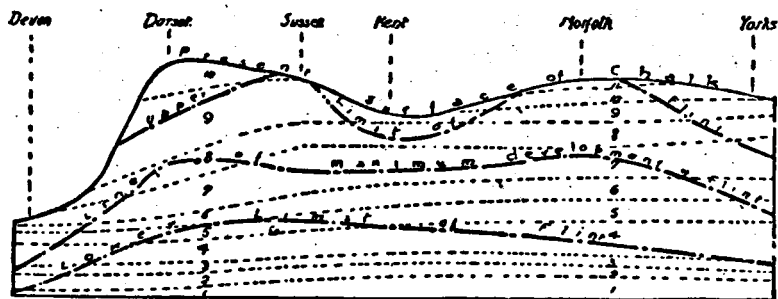


Fig. 33.

Verspreiding der vuursteen in het Engelsche krijt, naar RICHARDSON.

RICHARDSON heeft aan deze z.g. „Replacement Hypothesis” door een uitvoerige studie veel steun gegeven. In beknopten vorm zijn de voornaamste punten uit zijn verhandeling als volgt: Een groot aantal scheikundige analyses zijn verzameld en de  $\text{SiO}_2$ -%, verspreid over de verschillende stratigrafische niveau's, vereenigd tot een graphische voorstelling. Een tweede curve is geteekend voor de hoeveelheid vuursteen (%) in dezelfde niveau's. Dan blijkt, dat er in een bepaald niveau tusschen de hoeveelheid  $\text{SiO}_2$ , dat in verspreiden vorm (amorph) aanwezig is in de kalk en het kiezelzuur, dat als vuursteen opeengehoopt is, een omgekeerde verhouding bestaat, m. a. w. dat de totale hoeveelheid  $\text{SiO}_2$  overal ongeveer gelijk is, meest ongeveer 2.5 % (soms 6 %). Het bedrag van de  $\text{SiO}_2$ , die als vuursteen aanwezig is, is dus van dezelfde orde als de verspreide hoeveelheid  $\text{SiO}_2$ , en dit steunt de conclusie van SOLLAS, die berekende, dat de hoeveelheid kiezelzuur, afkomstig van



organismen in het krijt zelf, voldoende was om de  $\text{SiO}_2$  voor de vuursteen te leveren; (het schijnt dat JUKES BROWNE, die dit bestreed, een te beperkt gebied heeft bestudeerd). De figuur van de verspreiding der vuursteen (en speciaal die in Kent) toont opvallende overeenkomst met de bekende neerslagen der laboratoriumproeven van LIESEGANG. Uit de talrijke gegevens over de onderlinge afstand der vuursteenniveaus blijkt duidelijk, dat deze niveaus in het middelste gedeelte van het krijt het kortst bij elkaar gelegen zijn en dat van daaruit naar hoogere en naar lagere stratigrafische niveaus toe de afstanden geleidelijk grooter worden en bovendien de vuursteen van eenzelfde horizont minder dicht naast elkaar gelegen zijn. Dit geheele rhythmische vuursteensysteem gaat door alle onderafdeelingen van het krijt heen zonder zich aan de grenzen der afdeelingen te storen! (zie textfiguur 33; de nummers 1—11 geven deze onderafdeelingen van het krijt aan). Hieruit volgt allereerst, dat de vuursteen ontstaan is na de vorming van het geheele krijtcomplex; bovendien is er een merkwaardige neiging in de ontwikkeling om eenigszins de tegenwoordige oppervlakte van het landschap te volgen, een vorm der vuursteenlijnen (bovenste en onderste grens en lijn van rijkste ontwikkeling), die wellicht overeenkomt met de oppervlakte van het krijt tijdens hun vorming.

#### Henegouwen. (Bekken van Mons).

Hier bestudeerde CORNET dit vraagstuk en zijn heldere uiteenzetting komt in 't kort hierop neer: Het krijt van Trivières rust op het St Vaast-krijt met een basisconglomeraat, waarin talrijke gerolde fossielen uit het onderliggend krijt voorkomen, maar geen enkele gerolde vuursteen: dus waren bij de vorming van dit conglomeraat nog geen vuursteen in het St Vaast-krijt aanwezig. Precies dezelfde redenering geldt voor al de jongere onderafdeelingen van het krijt (tot en met Danien en het Onder-Montien toe), die in Henegouwen allen een duidelijk basisconglomeraat bezitten, veelal discordant liggen en ten deele transgressief over meerdere ouderen heen. De „Poudingue de la Malogne”, het basisconglomeraat van de Tuffeau de Cibly wordt wegens zijn rijkdom aan fosfaatconcretie's al sinds jaren geëxploiteerd: nooit werd er een vuursteen in gevonden. Eindelijk komen gerolde vuursteen voor het eerst voor in het basisconglomeraat van het Landenien. CORNET concludeert dus, dat er vuursteen gevormd zijn na het Onder-Montien en vóór het Landenien, tijdens een continentale periode voor dit gebied (Boven-Montien). Ook in verticale spleten komt er vuursteen vorming voor en CORNET toonde aan, dat er minstens drie verschillende soorten te onderscheiden zijn wat hun ouderdom betreft.

Zoo scheen dit probleem volkomen duidelijk opgelost, totdat er zich in 1924 in een groeve kort bij Cibly een merkwaardig feit voordeed. In deze groeve (CAILLAUX) rust „Tuffeau de Cibly” (Danien) met de Poudingue de la Malogne als basisconglomeraat op „Craie phosphatée de Cibly”; in dit fosfaatkrijt komen een paar breuken voor, die zich niet in de Tuffeau de C. voortzetten, dus vóór de afzetting hiervan reeds gevormd waren. In de kleine horst, die door deze breuken wordt inge-

sloten, komt bovendien Craie de Spiennes voor den dag en een vuursteenniveau hierin wordt door de kleine trapvormige breukjes langs den rand van deze horst eenige malen verschoven. Het ligt voor de hand hieruit te concludeeren, dat dit vuursteenniveau aanwezig was bij de vorming der breuken en in alle geval vóór het Danien gevormd is.

Deze merkwaardige tegenstrijdigheid vormt op het oogenblik een nog niet opgelost probleem.

Reeds in 1861 hadden RENARD en CLEMENT door een mikroskopisch onderzoek uitgemaakt, dat de vuursteen in het Henegouwsche krijt metasomatische vormen zijn.

### Frankrijk. (Bekken van Parijs).

GAUDRY heeft de in zijn tijd algemeen heerschende meening (o. a. FAUJAS St. FOND, EHRENBURG), dat de krijtvuursteen uit „kiezelinfusoriën” en kiezelponzen gevormd zijn, kritisch beschouwd en nader onderzocht (1854). Hij vond, dat de z.g. kiezelinfusoriën oorspronkelijke kalkorganismen zijn, die eerst (later) tegelijk met de vuursteen, verkiezeld werden en dat de voorkomende kiezelponsspicaula's in verhouding tot de massa der vuursteen zeer gering is, doch dat ze niet alléén in de vuursteen, maar ook daarbuiten in het krijt zelf voorkomen. Hij beschouwde de vuursteen als ontstaan na de afzetting van het krijt: plaatselijk kunnen mogelijkerwijze holten opgevuld zijn (Echiniden b.v.) met kiezelzuur, maar waar dit niet het geval is geweest, moet men aannemen een „moleculaire uitwisseling” tusschen het aanwezige calciumcarbonaat en het later infiltrerende kiezelzuur.

Ook DE COSSIGNY (1881) was van oordeel, dat de vuursteen in het krijt van het Parijsche bekken ontstaan zijn, nadat het sediment reeds vast geworden was, maar denkt hierbij vooral aan een kiezelzuurafzetting 1°. in scheuren en een nagenoeg horizontaal systeem van holten, die verondersteld worden reeds aanwezig te zijn geweest, 2°. in later ontstane „verticale” spleten. Op dit idee werd hij gebracht door de vormen der vuursteen, waarbij cylinders, buizen en buisvormigen met binnin weer een vuursteenstaaf, zoo dikwijls plegen voor te komen (zie blz. 269).

Uit Turoonkrijt van de Vallée du Cher beschrijft CAYEUX vuursteen, die uit twee duidelijk verschillende deelen bestaan. De kern is verkiezeld krijt juist zoo als bij de gewone veel voorkomende vuursteen in het krijt. Hieromheen bevindt zich nu een vuursteenlaag waarin parallele gele banden voorkomen, die ophouden tegen het kernstuk, maar die zonder eenige onderbreking of kleurverandering of afstandsverandering doorloopen door het omringende krijt. Deze buitenste laag is wederom verkiezeld krijt (beiden schijnen dus metasomatische vormen te zijn). De geel gekleurde banden in het krijt zijn ontstaan in ieder geval na opheffing van het sediment boven den zeespiegel. Men kan dus uit deze vondst concludeeren 1°. dat er vuursteen gevormd is op twee verschillende tijden; 2°. dat althans zeker de buitenlaag zich gevormd heeft geruimen tijd na opheffing van het krijt. CAYEUX vermeldt verder, dat het van belang is op te merken, dat zonder de aan-

wezigheid van dit okerpigment de buitenlaag van de vuursteen waarschijnlijk zoo volkomen op de kern zou gelijken, dat men die met het bloote oog er niet van zou kunnen onderscheiden.

Het is de moeite waard eenige zinnen te citeeren uit de uitvoerige beschrijving, die BARROIS geeft van een enhydro-vuursteen, gevonden te Bayenghen en die „présente cette particularité très curieuse, de renfermer à la fois, à l'intérieur, un liquide un gaz et un corps solide que l'on entend très bien se déplacer quand on agite le silex.” Er was geen enkel scheurtje in den steen, zoodat een later infiltreren van vloeistof uitgesloten geacht werd. Na het openen van den vuursteen bleek de analyse van de vloeistof overeen te komen met normaal bodemwater, het gas was lucht en het afgeronde voorwerp, dat er los in zat, een poreuze massa van kristallijnkiezelzuur-korreltjes. BARROIS komt tenslotte tot de conclusie, dat dit voorwerp is gevormd: „par simple circulation au travers des pores et des fissures de la craie jusque dans un creux géodique, laissé peut-être par la décomposition et la disparition d'un spongiaire d'eaux météoriques, mineralisées pendant leur descente”. „Ainsi ce silex serait une formation secondaire et exogène produite dans une cavité de la craie à une époque indéterminée, relativement récente, à la façon des lames de silex verticales qu'on observe souvent dans ce terrain, aux dépens d'une eau minérale qui se serait chargée des substances reconnues (silicium, fer et manganèse) dans la traversée des terrains supérieurs.”

### Baltisch Krijtgebied.

De erratische vuursteen die WETZEL (1922) uit Noord-Duitsch glaciaal Pleistoceen beschreven heeft, zijn van Baltischen oorsprong en zijn gekenmerkt door een groote rijkdom aan verkieselde organische bestanddeelen. Hiertoe schijnt ook te behooren een stuk drijfhout, dat in calcedoon veranderd is en waarin boorwormen met verkieselde weekdeelen gevonden werden. Organische resten, die nog zoo betrekkelijk goed bewaard zijn gebleven in de vuursteen, wijzen er duidelijk op, dat deze kiezelzuurconcretie's primair ontstaan zijn, d. w. z. ongeveer gelijktijdig met de sedimentatie van het krijt; kalkresten zijn er zeldzaam in en het schijnt, dat de vuursteen uit een „gelstadium” ontstaan zijn. Bijzonder rijk aan bitumen blijken vuursteen uit Mucronata-Krijt van Hanaskog (bij Christianstad) te zijn. Behalve deze primaire vuursteen, die vooral in de Saltholmskalk goed ontwikkeld is, komen ook secundaire (d. i. metasomatisch) vuursteen voor; dus niet uit een typische gel ontstaan, maar door diffusieprocessen gevormd. HENNIG heeft vormen beschreven (Limstenflint) waar bitumineuse (primaire) vuursteen door een zône van later afgezette kiezelzuur omhuld en tot heele lagen versmolten is; dit zijn dus weer posthume, secundaire vormen.

Metasomatische vuursteen zijn verder bekend van het Boven-Turoon van Bornholm (Arnagerkalk) en het Boven-Danien van Denemarken (Craniakalk). In een korte mededeeling heeft POTONIE uiteengezet, dat de vuursteen in het Schrijfkrijt van Rügen als

posthume vormen beschouwd moeten worden, zooals GERHARD reeds in 't begin der vorige eeuw ze anorganisch uit het krijt ontstaan dacht. Dit jaar (1925) is echter juist een uitvoerige geochemische verhandeling over de vuursteenen in het Rügen'sche krijt verschenen van KLÄHN. Deze beschouwt de vuursteenen van Rügen als ontstaan en afgezet tegelijk met het krijt. De resten van kiezelponzen zijn er ingezonken en leverden slechts een klein gedeelte van het kiezelzuur<sup>1)</sup>. Het kiezelzuur zou grotendeels uit F e n n o s k a n d i a door rivieren aangevoerd<sup>2)</sup> en door fysisch-chemische processen afgescheiden zijn en afkomstig van kaoliniseeringsprocessen op het land. Een betrekking tusschen de sponsnaalden en de vuursteenvorming is er dan slechts in zóóver, dat het bestaan der eersten op een beginnende toename van kiezelzuur in het water duidt. Na een optimumverhouding voor het bestaan der kiezelponzen werd de SiO<sub>2</sub>-concentratie zóó groot, dat (ook voor de overige fauna) grotendeels het bestaan onmogelijk werd; de kolloidale vuursteenvorming treedt in. Na terugkeer der oorspronkelijke verhoudingen herhaalde zich dit proces: vorming der verschillende vuursteenlagen. Het ontbreken van vuursteenen in het krijt van Mecklenburg zou waarschijnlijk veroorzaakt zijn, doordat dit gebied: („een andere facies van dezelfde zóne") verder van de kust af (dan Rügen) gesedimenteerd is.

<sup>1)</sup> FORCHHAMMER daarentegen dacht juist dat de vuursteenen ontstaan zijn uit kiezelponzen, die na hun afzetting werden opgelost (l. c. 1835).

<sup>2)</sup> Dit idee heeft hij ontleend aan TARR, die dit veronderstelt voor kiezelurconcretie's in Karbonische kalksteen van Noord-Amerika. (W. A. TARR, Origin of the Chert in the Burlington-Limestone. Amer. Journ. Sci., 44, 1917, p. 409—453).

## LITERATUUROPGAVE.

### Inleiding:

- BINKHORST VAN DEN BINKHORST, J. F. Esquisse géologique et paléontologique des Couches crétaées du Limbourg. 1859.
- KLEIN, W. C. Tektonische und Stratigraphische Beobachtungen am Südwestrande des Limburgischen Kohlenreviers. Diss. Delft, 1913. 2°. Med. Rijksopsp. Delfst. n°. 5. 1913.
- LABRY. Essai d'une carte géologique d'une partie de l'arrondissement de Maestricht. 1858.
- UHLLENBROEK, G. D. Het krijt van Zuid-Limburg. Toelichting bij een geologische kaart van het krijtgebied van Zuid-Limburg. Jaarverslag Rijksopsp. Delfstoff. 1911.

### Stratigraphie:

#### *Inleiding:*

- BEISSEL, I. Der Aachener Sattel 1886.
- DE GROSSOUVRE, A. Recherches sur la Craie Supérieure. Mém. Carte Géol. détaill. d. l. France I. Stratigraphie Générale, 1901.
- RUTOT, A. Essai de Synchronisme des couches Maastrichtiennes et Sénoniennes de Belgique, du Limbourg hollandais et des environs d'Aix la Chapelle. Bull. Soc. Belge Geolog. etc., Tome VIII, Mém. 1894.
- STARING, W. C. H. De Bodem van Nederland, Deel II, 1860.
- UBAGHS, C. Compte Rendu gen. d. Séanc. et Excurs. etc. Bull. Soc. Belge de Geolog. etc., Tome I, Mém. 1887.
- UBAGHS, C. Quelques Considérations sur l'Age de la Craie Tufeau de Folx-les-Caves. Bull. Soc. Belge de Geolog. etc., Tome II, Mém. 1888.

#### *Onder-Senoon:*

Een zoo volledig mogelijke samenvatting der Literatuur over het Onder-Senoon in Zuid-Limburg is gegeven op blz. 261.

#### *Boven-Senoon:*

Een dergelijke Literatuuropgave als hier op blz. 261 voor het Onder-Senoon werd gegeven, kan men voor het Boven-Senoon vinden in: De Anthozoa uit het Maastrichtsche Tufkrijt door J. H. F. UMBROVE. Leidsche Geolog. Mededeel., Deel I, blz. 98, 1925<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Aan de daar gegeven lijst moet nog toegevoegd worden:

- J. LAMBERT. Description des Echinides Crétacés de la Belgique. Mém. Mus. Royal. d'Hist. Natur, Tome IV, 1911.
- F. RÜSCHKAMP. Die Seeschildkröte der Maastrichter Kreide. Palaeontol. Zeitschr., Bd. VII, S. 122—140, 1925.
- Voor het Beschrijvend Gedeelte aldaar zijn nog van belang:
- DIETRICH, W. O. Areopsammia, eine neue eupsammide Koralle aus der obersten Kreide. Sitzungsber. Gesellsch. naturf. Freunde S. 303—307. 1917.
- DIETRICH, W. O. Über sogen. Tabulaten des Jura und der Kreide, ins besondere die Gattung Acantharia Qu. Centralbl. f. Mineralog., Geolog. u. Palaeont. S. 208—218. 1919.

*Senoon in Henegouwen:*

- CORNET, J. Les Formations Crétaciques et Tertiaires des Environs de Mons. *Congres Géolog. Belgique*, 1922. Livret Guide, C. 1.  
 CORNET, J. The Cretaceous and Tertiary Formations of the Mons District. *Proc. Geologists Assoc.* Vol. 33. 1922.  
 CORNET, J. *Geologie*, Tome IV, 1923.

**Tektoniek:**

- KLEIN en UHLENBROEK. Zie Boven.  
 MOLENGRAAFF, G. A. F. Hadden de op elkaar volgende bewegingen langs de groote verschuivingen in Zuid-Limburg een oscilleerend karakter? *Verhandel. Geolog. Mijnbouwk. Genootsch. Nederl. Geolog. Serie, Deel IV*, 1919.

**Pétrographie:**

- ABBOTT, G. Was the Deposit of Flint and Chalk contemporaneous? *Geolog. Magaz. N. Ser. Dec. III*, vol. 5, p. 275, 1893.  
 ABBOTT, G. The relative Age of Flints. *Geolog. Magaz. N. Ser. Dec. III*, vol. 5, p. 477, 1893  
 VAN BAREN, J. *De Bodem van Nederland*. 1908—1919.  
 BARROIS, CH. Découverte d'un silex du Crétacé contenant un liquide inclus. *Annales Soc. Géolog. du Nord*, Tome XXXVII, p. 480—491, 1908.  
 BEISSEL, IGN. *Der Aachener Sattel*, 1886.  
 JUKES—BROWNE, A. J. and HILL, W. On Colloid Silica in the Lower Chalk of Berkshire and Wiltshire. *Quart. Journ. Geolog. Soc.*, p. 403, 1889; p. 122, 1896.  
 JUKES—BROWNE, A. J. The Relative age of Flints; The Amount of Disseminated Silica in Chalk considered in Relation to Flints. *Geolog. Magaz.* 1893 (p. 315—p. 541).  
 BULMAN, G. W. Chalk, Flints and the Age of the Earth. *Sci. Progress*, 41, p. 154—157, 1916.  
 CAYEUX, L. De l'existence de silex formés en deux temps. *Assoç. franç. pour l'Avancem. d. Scienc. Congrès de Carthage*, p. 290—293, 1896.  
 CAYEUX, L. Introduction à l'Etude Pétrographique des Roches Sédimentaires. *Mém. Carte, Géolog. Détaill. d. l. France*, 1916.  
 CAYEUX, L. Nouvelles données sur la Glauconie. *Soc. Géolog. de Belgiq. Livre Jubilaire*, 1924, Tome I, fasc. I, p. 65—82.  
 CLEMM, W. Ueber die Verkieselung von Kalksteine. *Diss. Freiburg i Br.*, 1909.  
 COLE, G. A. J. The rhythmic deposition of flint. *Geolog. Magaz.*, p. 64—68, 1917.  
 CORNET, J. Sur le facies de la craie phosphatée de Ciplu. *Ann. Soc. Géolog. Belgiq.*, T. 32, *Mém.* 1905.  
 CORNET, J. Sur l'époque de la formation des Silex du Crétacique et du Montien du Hainaut. *Ann. Soc. Géol. Belgiq.*, T. 37, *Bull.* 1910.  
 CORNET, J. Les Failles de la Carrière Caillaux à Ciplu. *Ann. Soc. Geol. de Belg.*, T. XLVII, *Bull.* 1924.  
 CORRENS, C. W. Ueber Verkieselung von Sedimentgesteine. *Neues Jahrb. Mineral. Geolog. LII. Beilage Band Abt. A, 2e Heft*, p. 170—181, *Taf. I*, 1925.  
 DE COSSIGNY, M. Sur l'origine des silex de la Craie. *Bull. d. l. Soc. Géol. de France.* 3e Ser., Tome 9, p. 47—57, 1880—1881.  
 FORCHHAMMER, G. *Danmarks Geognostika Forhold*. Kopenhagen 1835.  
 GAUDRY, A. Sur la formation des silex de la craie et des meulieres des terrains tertiaires. *Diss. Paris*, 1852.  
 GERHARD, A. Ueber die Kreide- und Feuersteinlagen auf der Insel Rügen nebst allgemeinen Bemerkungen über die Bildung der Kreide und der Feuersteine. *Abh. d. Preuss. Akad. d. Wissensch. Berlin. Phys. Kl.*, 1816—1817.

- FROMM, F. Beiträge zur geometrischen Gesteinsanalyse. Centralblatt f. Mineral. etc., Jahrg. 1924.
- HACQUET, J. Bemerkungen über die Entstehung der Feuer- und Flintsteine. Gehlen's Jahrb. f. Chem. u. Phys. I, 1806.
- HEIN, H. Untersuchung über faserige Kieselsäure und deren Verhältnis zu Opal und Quarz. Neues Jahrb. f. Mineral. Geolog. Beilage Band 25, 1908.
- HENNIG, A. Geol. Fören. Förhandl. 17, 1895; 21, 1899.
- HILL, W. Flint and Chert. Proc. Geol. Assoc. vol. XXII, p. 61—94, 1911.
- HINDE, G. J. On Beds of Sponge Remains in the Lower and Upper Greensand of the South of England. Phil. Transact. Royal. Soc., p. II, p. 403, 1885.
- HOLMES, A. Petrographic Methods and Calculations. London, 1921.
- KLÄHN, H. Senone Kreide mit und ohne Feuersteine. Neues Jahrb. f. Mineral. Geolog. etc., LII Beilage Bd., Abt. B, Heft 3, p.402—454, 1925.
- LACROIX, A. Mineralogie de la France et de ses Colonies, Tome 3, fac. 1, 1901.
- DE LAPPARENT, J. Leçons de Pétrographie (ed. Masson, Paris), 1923.
- LIESEGANG, R. E. Geologische Diffusionen (ed. Steinkopff, Dresden), 1913.
- VAN DER LUGT, C. Over vuursteenvorming in Zuid-Limburg in Nat. Hist. Maandbl. 13e Jaarg., blz. 26—28; 43 en 44; 51—56, 1924.
- POTONIÉ, H. Feuersteine v. Rügen. Naturw. Wochenschr. 1910.
- PRESTWICH, J. Geol. Chemic. Physic. a Stratigraph., 2. Oxford, 1887.
- RENARD, A. F. et CORNET, J. Recherches Micrographiques sur la nature et l'origine des Roches phosphatées. Bull. Acad. Royal. de Belg., 3e ser., Tome XXI, n°. 2, 1891.
- RENARD, A. F. et KLEMENT. Bull. Acad. Royale Belg., 3e ser., T. XIV, p. 773—810, 1887.
- RICHARDSON, W. A. The Origin of Cretaceous Flint. Geolog. Magaz., p. 535—547, 1919.
- ROSIWAL, A. Ueber Geometrische Gesteinsanalysen. Verh. d. K. K. Reichsanstalt, Wien, 1898.
- SCHNITTMANN, F. X. Die Kreidelagerungen und die Verkieselungserscheinungen im Frankenjura südlich der unteren Altmühl. Zeitschr. Deutsch. Geolog. Gesellsch., Bd. 77, p. 206—239, 1925.
- SCHOO, J. H. Oplossingsverschijnselen in het Krijtgebied van Zuid-Limburg. Verhand. Geolog. Mijnbouwk. Gen., Geolog. Serie, Deel V, blz. 53—132, 1921.
- SMITH, J. T. On the Formation of the Flints in the Upper Chalk. Ann. a Magaz. Nat. Hist. I, 19.
- SOLLAS, W. J. On the Flintnodules of the Trimmingham Chalk. Ann. Magaz. Nat. Hist. ser. 5, vol. VII, p. 449, 1880.
- SOLLAS, W. J. A Contribution to the History of Flints. Sc. Proc. of the Royal Dublin Soc., 6, 1888.
- SOLLAS, W. J. The Age of the Earth. London, p. 132—165, 1905.
- TURNER, J. Lecture of the Chemistry of Geology. London—Edinburgh, Phil. Magaz., 1833.
- WALLICH, J. A Contrib. to the Hist. of the Cretac. Flints. Quart. Journ. Geol. Soc. 37, 1880.
- WALLICH, J. On the Origin and Formation of the flints of the upper or White Chalk. Ann. a Magaz. Nat. Hist., V, 7, 1881.
- WETZEL, W. Ueber Blauquarz. u Kieselringen. Neues Jahrb. f. Mineralog., Geolog. etc., p. 123, 1913.
- WETZEL, W. Jahresber. Niedersächs. Geolog. Vereins, 1913.
- WETZEL, W. Sedimentpetrografische studien. -- Feuerstein. Neues Jahrb. f. Mineralog. Geolog. etc., XLVII, Beilage Band, S. 39—93, 1922.

## ERRATUM.

De zin tusschen haakjes geplaatst onder noot 6 op pag. 268, luidende: „[Het is waarschijnlijk als een dun laagje ingespoeld kleimateriaal (met plantenresten) op te vatten], moet gelezen worden achter noot 3 op pag. 270.