

TEKTONISCHE UND STRATIGRAPHISCHE
BEOBACHTUNGEN AM SÜDWESTSTRANDE
DES LIMBURGISCHEN KOHLENREVIERS.

Dr. T.H.
31

TEKTONISCHE UND STRATIGRAPHISCHE
BEOBACHTUNGEN
AM SÜDWESTSTRANDE DES LIMBURGISCHEN
KOHLENREVIERS.

PROEFSCHRIFT

TER VERKRIJGING VAN DEN GRAAD VAN
DOCTOR IN DE TECHNISCHE WETENSCHAP
AAN DE
TECHNISCHE HOOGESCHOOL TE DELFT

OP GEZAG VAN DEN RECTOR MAGNIFICUS

DR. J. CARDINAAL W. I.,
HOOGLEERAAR IN DE AFDEELING DER ALGEMEENE WETENSCHAPPEN

VOOR DEN SENAAT TE VERDEDIGEN

OP DINSDAG 24 JUNI 1913, DES NAMIDDAGS TE 3 UUR

DOOR

WILLEM CAREL KLEIN M. I.,
GEBOREN TE DEURNE.



DRUCK VON „'T KASTEEL VAN AEMSTEL", AMSTERDAM.

Bij de voltooiing van dit proefschrift is het mij een aangename plicht allen dank te zeggen, die door hun persoonlijkheid of door hun kennis invloed hebben geïjverd op mijn studiën te Delft aan de Polytechnische School, later Technische Hoogeschool, en op mijn vorming tot geoloog.

U, Hooggeleerde JONKER, hooggeachte Promotor, heb ik mij steeds als voorbeeld gesteld, waar het waargenomene moest worden op schrift gebracht, en ik streefde naar de scherpe formulering en de systematische indeeling, die Uwe geschriften kenmerken. Voor Uw aanmoediging bij mijn studiën mijn bijzonderen dank!

En in U, Hooggeleerde MOLENGRAAFF, zag ik de verpersoonlijking der veldgeologie, welke richting mij eerst sinds Uw optreden te Delft zoozeer heeft aangetrokken, en welke ik, na beëindiging mijner studiën aldaar in het jaar 1907, almede door Uw hulp, onmiddellijk heb kunnen inslaan, toen ik, ingevolge eener opdracht van den toenmaligen Directeur-Generaal der Staatsmijnen in Limburg, naar deze provincie ging ter onderzoek van het mijnveld Emma.

En sindsdien dank ik het aan mijn hooggeachten Chef, den Heer Mr. W. A. J. M. VAN WATERSCHOOT VAN DER GRACHT, dat ik, na afloop van mijn arbeid voor de Staatsmijnen, verder kon werken in het geologisch zoo belangwekkende Zuiden van Limburg en zelfs daarbuiten. Gedurende al dien tijd en ook bij de bewerking van dit proefschrift mocht ik vele waardevolle wenken van hem ontvangen.

Een warm woord van dank voor de daadwerkelijke belangstelling, die ik te Aken en te Luik gedurende deze jaren mocht ondervinden in den gastvrijen kring der geologen aldaar, in het bijzonder van de zijde van PROF. DR. A. DANNENBERG en PROF. DR. F. KLOCKMANN te Aken, en van PROF. M. LOHEST en den Heer P. FOURMARIER te Luik, mag hier ten slotte ook niet ontbreken. PROF. DANNENBERG ben ik vooral voor het zuiveren van de taal van dit geschrift zeer erkentelijk.

Eindelijk mag ik niet onvermeld laten, dat ik bij het verzamelen van dit studiemateriaal veel nut heb gehad van de hulp mijner ijverige amanuenses V. VAN DEN CAMP en F. H. VAN RUMMELEN.

INHALTSÜBERSICHT.

	Seite.
INHALTSÜBERSICHT	VI—VII
VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN	VIII
I. EINLEITUNG	1—12
A. Morphologie, Lage und allgemeiner stratigraphischer Bau von Süd-Limburg und seiner Umgebung	1— 8
B. Allgemeine tektonische Züge des Gebietes, auch im Vergleich mit anderen Teilen der Niederlande	8—12
II. SPEZIELLER STRATIGRAPHISCHER TEIL	12—29
A. Das Tertiär (speziell das tiefere Oligocän) und sein Übergang von der belgischen zur deutschen Ausbildung	12—26
B. Die Kreide	26—29
III. SPEZIELLER TEKTONISCHER TEIL. (Der östliche und nördliche Kreide-Rand von Aachen über Benzenrade, Kunrade, Croubeek, Schin-op-Geul und Valkenburg bis Maastricht und die Ostgrenze in der Umgegend von Heerlen)	29—89
A. Der östliche Kreide-Rand (über Tage) von Aachen bis Kunrade bei Heerlen	29—39
B. Der nördliche Kreide-Rand von Kunrade bis Croubeek (die Verwerfung von Kunrade). Anhang: das Moorgebiet von Voerendaal.	39—45
C. Die nördliche Kreiderand zwischen Croubeek und Valkenburg (die Verwerfung von Schin-op-Geul)	45—52
D. Weitere Verwerfungen im Geultale und Maastale von Valkenburg bis Maastricht	52—58
E. Das Alter der westöstlichen Verwerfungen.	58—67
F. Die Kreideostgrenze südlich und nördlich von Heerlen und daraus zu folgernde mittelsenone Bodenbewegungen	67—71

	Seite.
Kreideprofile aus dem Gebiet westl. der Verwerfung von Heer- lerheide (Westlicher Horst)	71—73
Kreideprofile aus dem Gebiete östl. der Verwerfung von Heer- lerheide zwischen dieser und der Sandgewand	73—78
Ergänzende Erörterung der prä- und post-senonen oscil- lierende Bodenbewegungen im Gebiete nördlich von Heerlen	78—89
Zusammenfassung der Resultate	89—90
GEOLOGISCHE ÜBERSICHTSKARTE des Kreiderandes in Masstab 1 : 50000.	

VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN.

	Seite.
Fig. 1. Übersicht der Verwerfungen in den südöstlichen Niederlanden	10
» 2. Sandgrube bei Heek (Oligocän)	17
» 3. Fossilspuren in der Sandgrube bei Heek.	17
» 4. Detailkarte der Umgegend von Benzenrade mit ihren Verwerfungen.	30
» 5. Buchen auf Kreidekalk und Kiefer auf Tertiärsand im Wald von Benzenrade	31
» 6. Profil Putberg-Benzenrade	31
» 7. Profil Schacht Carl Friedrich-Hasenwalde	34
» 8. Profil durch den Nordabhang des Putbergs	35
» 9. S.-N.-Profil Ubagsberg-Kunrade-Cortenbach-Puttermolen	38
» 10. Kunrader Steinbruch, 150 M. südl. der Verwerfung von Kunrade	40
» 11. Südlichste Spalte der Kunrader Verwerfungszone bei den Croubeeker Quellen	40
» 12. Querschnitt durch die Kunrader Verwerfung bei den Quellen von Croubeek	41
» 13. Profil Schoonbron-Maarshaal-Croubeek	46
» 14. Faltung der Schichten in der Stauchungszone nördl. der Verwerfung von Schin-op-Geul, in der Südwand des Eisenbahneinschnitts.	48
» 14a. Auflösung der Kreide an der Lössbasis im Eisenbahneinschnitt westl. der Keldergraaft	48
» 15. Dieselbe Erscheinung in der Nordwand	48
» 16. Profile durch das Valkenburger Gebiet	54
» 17. Geultal westl. von Valkenburg (Querprofil)	64
» 18. Heutige Ost- und Südgrenze von Untersenon und Obersenon	68
» 19. Tektonische Übersichtskarte des limburger Kohlenbeckens, den Verlauf über Tage der genauer bekannten Hauptstörungen und die Lage der Bohrlöcher nach Steinkohle zeigend	72
» 20. Verwerfungen in der Kreide am Bahnhof Süsterfeld nach Prof. E. HOLZAPFEL	76
» 21. Querprofil durch das Limburger Becken (S.W.-N.O.) durch die Schächte Oranje-Nassau III (Heerlerheide) und Hendrik (Brunssum) und die Bohrung No. 86	79
» 22. Querprofil durch das Limburger Becken (W.S.W.-O.N.O.) über den Emmaschacht, den Flecken Rumpen, die Bohrung S. M. VIII beim Hendrikschacht und nördl. von Bohrung No. 68 vorbei	84

I. EINLEITUNG.

A. MORPHOLOGIE, LAGE UND ALLGEMEINER STRATIGRAPHISCHER BAU VON SÜD-LIMBURG UND SEINER UMGEBUNG.

Der südliche Teil der Provinz Limburg, der südöstlichsten der niederländischen Provinzen, bildet eine morphologische Einheit für sich. Während die ganze Provinz ziemlich flach ist, mit Ausnahme von einigen Plateaurändern östlich von der Maasstrecke Roermond-Mook, durchschneidet die Strecke Visé-Maastricht-Berg (westl. von Sittard) ein sehr hügeliges Land. Nördlich von Sittard ist das mittlere Niveau der Provinz kaum höher als 20 bis 30 M. + A.P. (Normal-Null), südlich von Berg und Sittard geht die Höhenlage des Gebietes fast nur bei den Flussalluvien noch unter + 70 M. hinunter, ist im Mittel über 100 M. + A.P. und steigt in der Gegend von Nieuwenhagen, Ubagsberg und südl. vom Geultal zwischen Valkenburg und Maastricht meistens über 130 bis 150 M. + A.P. Im äussersten Südosten finden sich die höchsten Hügel und Plateau's, welche am Kreuzpunkt der Grenzen von Niederland, Belgien und Deutschland 322 M. erreichen. (Vierländerblick bei Vaals.)

Aus dem Angeführten ergibt sich, das die Höhen von Sittard nach Süden immer steigen. Dies erklärt sich aus der Lage der Ardennen im Süden unserer Provinz, ein Gebirge welches in seinen höchsten Gipfeln 674 M. erreicht und welchem das limburgische Hügelland vorgelagert ist.

Die Maasablagerungen und besonders auch der Löss, der nach Norden bis etwas nördl. von Sittard vorhanden ist, machen Süd-Limburg, mit welchem Namen man immer den Anteil dieser niederländischen Provinz südl. von Sittard bezeichnet, zu einer besonderen Landschaft, die sich durch Ackerbau auszeichnet. Der Waldbestand, der vorher auch in den Lössgebieten vorhanden war, beschränkt sich jetzt nur noch auf die steilen Abhänge der Täler. Links von der Maas findet sich fast nur belgisches Gebiet und es kommen bei dieser Arbeit also nur die östlichen Nebentäler in Betracht. Es sind diejenigen von Geul und Geleen, welche resp. etwas nördl. von Maastricht und etwas nördl. von Sittard in die Maas münden.

Die Morphologie des südlichen Limburgs wird also in ihren Hauptzügen bedingt von der Erosion und den Ablagerungen der Flüsse, welche von den südlichen Gebirgen (Alpen, Vogesen und Ardennen) der Nordsee zuflossen. Besonders die

diluviale Geschichte dieser Flüsse, und hier wieder namentlich der Maas, hat den Formen des Landes ihren Stempel aufgeprägt.

Sobald Rhein und Maas das Rheinische Schiefergebirge, resp. die Ardennen durchquert haben, dehnen sich ihre Schotterablagerungen sehr in die Breite aus. Die bedeutendste der verschiedenen Terrassen, die Hauptterrasse, wie sie am Rhein genannt wird, bedeckt im Gebirge nur eine schmale trogförmige Senke von einigen bis 20 K.M. Breite. Sobald die genannten Flüsse bei Bonn und Visé das Gebirge verlassen haben dehnt sich diese Hauptterrasse zu einem Plateaulande aus, das sie begleitet, und 50 bis 150 M. über dem jetzigen Flusspiegel liegt. In der Gegend von Aachen fließen die Plateaukiese von Maas und Rhein zusammen und morphologisch haben wir es nur mit einer einzigen Ebene zu tun; ihren jetzigen Plateaucharakter verdankt sie dem später noch in diluvialer Zeit erfolgten Einschneiden der Flüsse.

Nördlich von Bonn haben im Rheintale tektonische Ereignisse das Untertauchen des alten Gebirges im Grabengebiet der niederrheinischen Bucht und seine Bedeckung mit tertiären Schichten veranlasst. Wo die Rheinkiese sich diesem Tertiär aufgelagert haben, findet sich trotzdem daneben das ältere Gebirge bis Düren einerseits und bis Mülheim andererseits noch in einem höheren Niveau. Es bildet auf diese Strecken noch den Gebirgsrand des Kiesplateau's und dieser Rand ist tektonischer Natur.

Bei der Maas, welche, grösstenteils ohne Mitarbeit des Rheins, die Plateaukiese des holländischen und belgischen Limburgs in der Umgebung von Maastricht ablagerte, verhält es sich anders. Hier wurde die Verbreiterung der Hauptterrasse nördlich von Lüttich nicht bedingt durch den Eintritt in einem schon mit tertiären Schichten gefüllten Grabengebiet, sondern lediglich durch den Eintritt in weicherem Gestein von mesozoischem Alter, das hier den Ardennen im Norden vorgelagert ist. Nördlich von Lüttich hat die diluviale Maas der Hauptterrassenzeit nur senone Kreide vorgefunden und der geringere Widerstand, welcher der lateralen Erosion in diesem Gestein geboten wurde, bedingte die Entstehung der breiten Süd-Limburgischen Täler und die weite (später wieder angeschnittene) Schotterebene der Hauptterrasse. Der Gebirgsrand der Hauptterrassenebene wird rechts der Maas von Lüttich bis Aachen von einem Kreidesteilrand gebildet, ebenso noch links von der Maas von Lüttich bis in der Gegend s.w. von Maastricht.

Weiter nördlich fand die Maas nur lose tertiäre sandige Schichten vor und floss nach kurzer Zeit zusammen mit den damaligen Rheinarmen des Tieflandes. Demzufolge hört im Osten der Gebirgsrand gänzlich auf, im Westen hat in Nord-Belgien vielleicht dereinst noch ein Tertiärrand existiert, der aber jetzt verschwunden ist.

Während der Bildung der Hauptterrasse im unteren Maas- und Rheintal erfolgte eine sehr bedeutende, mehr als 100 M. betragende Senkung der ganzen, nördlich von Sittard liegenden Niederlande, in welcher Zeit einige schmälere N.W.-S.O.-gerichtete Landstreifen, welche Gräben darstellen, tiefe Einbuchtungen im Gebirgsrand bildeten. Von diesen abgesunkenen Schollen ist diejenige, die das heutige Maastal zwischen Sittard und Roermond schneidet, und bis Düren am Rande des Schiefer-

gebirges dem Roertale folgt, die bedeutendste. Durch eine fortwährende Senkung, anhaltend bis in spätdiluvialer Zeit, wurden hier die Maas- und Rheinkiese, welche sich gerade hier zu vermischen anfangen, in grosser Mächtigkeit abgelagert.

Stark äussern sich die Folgen der diluvialen Grabenbewegungen bei der Erosion, die der Trockenlegung der Hauptterrassenkiese durch relative Hebung folgte. Die Gebiete ausserhalb des grossen Grabens nahmen schnell Plateaucharakter an und so wurde in den tief einschneidenden Tälern wieder der tertiäre, sekundäre resp. primäre Untergrund der Kiese freigelegt. Im Graben des Roertals hat sich bis jetzt die Maas nur wenig tief in den Kiesen eingraben können und das gleiche gilt von ihren Nebenflüssen, wo diese den Graben durchfliessen. Einige zehn Meter Talvertiefung genügten hier oft bei weitem nicht um die bisweilen fast 100 M. mächtig aufgeschütteten älteren Kiese zu durchschneiden und so geht in diesem Sittard-Roermonder- oder Roergraben in den Talabhängen fast nirgends Tertiär zu Tage. Durch Bohrung wurde der tertiäre Untergrund noch einigermaßen bekannt; in den tiefsten Teilen des Grabens ist diese Formation aber gar nicht durchörtert worden.

Auf den Schollen westlich und östlich des Grabens waren die Verhältnisse natürlich günstiger.

Die Talvertiefung unter dem Oberflächenniveau der Hauptterrassenkiese erreichte da 50 bis 100 M. und noch mehr, während die Kiesbedeckung auf dem Horste nur 10 bis 15 M. mächtig ist. Im Osten, im Erkelenzer Gebiet, ist nach den Aufnahmen von W. WUNSTORF, das Tertiär in einem beschränkten, aber interessanten Gebiete auf einer Horstscholle zu Tage getreten. Das gleiche findet sich in der Peel, und sogar noch im Norden bei Oploo und Mill, wo das Tertiär auf den Horsten nur noch unter eine wenige Meter mächtige Kiesdecke verhüllt liegt.

Die Scholle, welche den Graben im Süden begrenzt, wird nicht mehr nach S. oder S.-W. hin von weiteren nennenswerten Gräben unterbrochen und bildet deshalb ein grosses Plateau, das sich dem Ardennenmassiv auf der Linie Lüttich=Aachen vorlagert. Hier hat die Talvertiefung der Maas und besonders auch ihrer Nebenflüsse nach Süden hin in den Gehängen von z.T. mehr wie 100 M. tiefen Tälern immer ältere Gesteine entblösst. Nördlich von Maastricht und Heerlen wurden tertiäre Schichten angeschnitten, weiter nach S. hauptsächlich cretacische und südlich von einer Linie Aachen-Visé an mehreren Punkten auch das gefaltete Primär der Ardennen selber.

So geben auf dem Plateau Süd-Limburgs die Täler, wo Plateaukiese und Löss fehlen, schöne Gelegenheit zu stratigraphischen und tektonischen Beobachtungen. Durch die grossere Zahl der Maas-Nebenflüsse am rechten Ufer häufen sich in holländisch Limburg die Aufschlüsse in gleichem Masse. Bei Heerlen finden sich ausserdem einige Stellen, welche als Inseln des tertiären und sekundären Untergrundes schon zur Zeit der Bildung der Hauptterrasse herausragten.

Besonders die Masse des Ubagsbergs südlich von Heerlen ragt fast 100 M. über die Kiesterrasse heraus und ist bei der seitdem erfolgten Taleinschneidung weiter aufgeschlossen worden.

Demzufolge bietet sich hier in Süd-Limburg eins der günstigsten Punkte für Detailstudien des prädiluvialen Untergrundes in den Niederlanden. Diese sind jetzt so weit vorgeschritten, dass mit der Veröffentlichung angefangen werden kann. Besonders Oligocän und Kreide gehen in dieser Gegend zu Tage; man findet hier den nördlichen Rand von den Tagesaufschlüssen der Kreide, sowie zu gleicher Zeit die S.W.-Grenze des produktiven Limburgischen Kohlenfeldes. Ausserdem wird dieses Gebiet durchkreuzt von verschiedenen Randbrüchen des grossen Roergrabens, welche gerade hier anfangen, um im O. noch grössere Bedeutung zu gewinnen (Feldbiss und Sandgewand). Dort ist der Untergrund aber weniger oder gar nicht mehr zugänglich und sind daher die Brüche nicht mehr wie hier im einzelnen genau zu verfolgen.

Diese Abhandlung wird sich hauptsächlich mit der Stratigraphie und dem tektonischen Bau von Oligocän und Kreide befassen und zwar besonders in dem Gebiet, wo diese Formationen am tektonisch wichtigen und schön aufgeschlossenen Kreiderand Benzenrade-Valkenburg zu Tage gehen. Die Detailaufnahme dieses Gebietes bot vielfach Gelegenheit zu der Erkenntnis von Tatsachen, welche die Deutung der Ergebnisse von Tiefbohrungen in den nördlich anstossenden von Diluvium verhüllten Tertiärgebieten sehr erleichtern.

Im Folgenden wird ein sehr kurzer orientierender Ueberblick über die Stratigraphie des Deckgebirges der hiesigen Steinkohlenformation gegeben werden. Kürzere Mitteilungen, auch über das Carbon, gab ich schon in früheren Veröffentlichungen⁽¹⁾.

Die Kreide ist das älteste Schichtglied, welches dem gefalteten Carbon aufgelagert ist. Sie gehört zum Senon, von welcher Etage die belgischen Geologen noch das Maestrichtien abtrennen. Die oberen Zonen (50 bis 150 M. mächtig) sind kalkig ausgebildet (Obersenon, Craie de Spiennes et de Nouvelles), die unteren sandig (Vaalser Sand, Hervien). Die Mächtigkeit der letzteren übersteigt selten 150 M. In Belgien, Limburg und in der Peelgegend ist die Ausbildung fast dieselbe; nur sind im westlichen Belgien die unteren Stufen auch als Kalke ausgebildet.

Das Paleocän und Eocän, welches in West-Belgien fast vollständig zur Ablagerung gekommen ist (von oben nach unten umfasst es dort Asschien, Lédien, Wemmélien, Laekenien, Bruxellien, Panisélien, Ypresien, Landenien, Heersien und Montien) wird nach der Maas hin unvollständiger und zeigt westlich vom Meridian Namur-Tirle-

(1) W. C. KLEIN: Grundzüge der Geologie des Süd-Limburgischen Kohlengebietes. Berichte des Niederrheinischen geologischen Vereins, 1909, S. 69. Auch im gleichen Jahrgang der Verhandl. des Naturh. Vereins, Bonn.

Idem: Failles montrant trois mouvements opposés successifs dans le Limbourg hollandais. Ann. de la Soc. géol. de Belg., T. XXXVII, M. p. 373.

Idem: Die Steinkohlenformation in holländisch-Limburg und dem angrenzenden belgischen Gebiet. Aus: Der Bergbau auf der linken Seite des Niederrheins. Festschrift zum XI. Allgemeinen deutschen Bergmannstage in Aachen, Berlin 1910.

mont nur noch Paleocän (Landenien und Heersien), wenigstens in den Tagesaufschlüssen. Westlich vom Meridian von Hasselt findet sich zu Tage nur noch Heersien, zwischen Kreide und Oligocän. Die Grenze dieser Eocänablagerungen verläuft von Laon in Frankreich über Rocroi in den Ardennen und Charleroi, und dann ostwärts bis Waremme und Heers, dem Nordufer der Maasstrecke Namur-Lüttich entlang. Weiter nördlich wurden die gleichen Eocän- und Paleocänschichten mittelst Tiefbohrungen nachgewiesen. Bei Woensdrecht ist die ganze Serie vollständig entwickelt; in den östlichen Kempen, sowie in der niederländischen Peelgegend sind nur noch die Paleocänstufen Landenien, Heersien und vielleicht Montien vertreten; in Süd-Limburg wurde Eocän nicht mehr erbohrt, jedenfalls nicht südlich von Geleen.

Jüngeres Eocän erscheint über dem Landenien zuerst zu Oploo in der nördlichen Peel, um weiter nach Norden in Overijssel und Drente eine grössere Entwicklung zu erhalten, zusammenhängend mit derjenigen der Eocänablagerungen Nordwest-Deutschlands und Dänemarks.

Das Oligocän transgrediert im Osten, also im Maasgebiete bei Lüttich und Maastricht über die Kreide. Das Unteroligocän (Tongrien) liegt schon bei Tongres auf Senon und dies hält ostwärts nach Deutschland hin so lange an, wie das Senon selbst überhaupt noch vorhanden ist. In dem in dieser Abhandlung besprochenen Gebiet ist diese Auflagerung genauer studiert. Östlich von den grossen Verwerfungen von Benzenrade und der Sandgewand nimmt das Senon sein Ende, weshalb weiter östlich Unter- oder Mitteloligocän sich direkt auf Carbon lagern.

Zwischen Aachen und Eschweiler greift nach HOLZAPFEL⁽¹⁾ das Mitteloligocän (Septarienton mit *Leda Deshayesiana* resp. Nuculaton mit *Nucula compta*) über das Unteroligocän hinweg. Im Schacht V der Grube Nordstern bei Herzogenrath wird von E. HOLZAPFEL bereits kein Unteroligocän mehr angegeben, sondern nur Mittel- und Oberoligocän. Südlich von Alsdorf greift das Oberoligocän wieder über mittleres vor. Im Rheintale hat nach G. FLIEGEL⁽²⁾ das Oberoligocän eine stark nach Süden transgredierende Lagerung.

In den belgischen Kempen und im mittleren Teil von Süd-Limburg sind die drei Stufen vertreten, aber mit einer totalen Mächtigkeit, die im Schachte der Grube Emma bei Amstenrade nicht mehr 100 M. erreicht. Die Fauna des Oberoligocäns wurde noch zu Tage bei Elsloo und in Bohrungen bei Sittard (Geleen) angetroffen, so wie auch in Bohrungen etwas nördlich vom Bolderberge in Belgien. Weiter nach Süden scheinen nur einige Steinkerne in erhärteten eisenreichen Sandbänken bis Brunsum vorzuliegen. Diese sind in losen Glaukonitsanden eingeschaltet im Hendrikschacht.

In der Peelgegend wurden mächtige Oligocänschichten durchbohrt. Das Ober-

(1) E. HOLZAPFEL: Die Geologie des Nordabfalles der Eifel; Festschrift des XI. Allg. deutschen Bergmannstages in Aachen, 1910 und Abh. der Kön. Preuss. Geol. Landesanstalt, N. Folge, Heft 67, S. 127.

(2) G. FLIEGEL: Die Beziehungen zwischen dem marinen und kontinentalen Tertiär im Nieder-rheinischen Tieflande, Zeitschr. der deutschen geol. Gesellschaft, Monatsberichte, no. 11, 1911, S. 520.

oligocän ist nach Herrn VAN WATERSCHOOT VAN DER GRACHT ein fester graugrüner sandiger Ton, glaukonitisch, fossilführend und bis 200 M. mächtig. Er geht langsam über in mitteloligocänen Septarienton, z.T. etwas sandig, meistens hart, blättrig, mit Pyrit, bisweilen fossilführend (*Leda Deshayesi*). Er ist bis über 100 M. mächtig. Unbedeutend ist, diesen grossen Mächtigkeiten gegenüber, die dritte Stufe, das Unteroligocän, oder — wohl wahrscheinlicher — unteres Mitteloligocän, das nur einige zehn Meter misst. Es ist ein feiner toniger grauer Glaukonitsand, ohne Fauna. Die totale Mächtigkeit des Oligocäns der Peelgegend kann also 300 M. übersteigen.

Bei Winterswijk sind Mittel- und dasselbe sandige Unter(?)oligocän vertreten, z.B. in der Bohrung Buurse.

Weiter nach Norden ist das Tertiär von einem mächtigen Diluvium verhüllt (100 M. bei Coevorden); die Bohrungen zeigten aber bei Coevorden und Zuid-Barge Oligocän, welches nach W. WOLFF (Monatsber. der deutschen Geol. Ges., Bd. 61, 1909, No. 8/10) bis unter Bremen und auch noch weiter nach Osten reicht.

Das Miocän ist zwischen Neuwied, Bonn, Düsseldorf und Maastricht nur als Braunkohlenformation entwickelt. In den nördlichen belgischen Kempen, sowie bei Sittard und bei Beesel s.w. von Venlo gehen die weissen Quarzsande dieser Formation allmählig in glaukonitführende marine Sande über, und zwar scheint nach Herrn VAN WATERSCHOOT VAN DER GRACHT, wenigstens in der Peel, der Facieswechsel von oben nach unten zu erfolgen, indem die untersten Stufen am längsten limnisch bleiben. In den Bohrungen der ganzen weiteren Peel, bis nach Oploo und Grave, sowie bei Antwerpen erscheint eine mittelmiocäne Fauna.

Weiter nördlich verläuft der Ostrand des marinen Miocäns über Dingden und Winterswijk.

Miocän wurde weiter überall in den Niederlanden erbohrt, wo die Bohrungen tief genug heruntergingen, von der Insel Schouwen in Zeeland, über Nijmegen bis nach Drente und vielleicht sogar bis Groningen.

Pliocäne Schichten sind von RUTOT und HARMER in Belgien studiert worden. Das Diestien (Unterpliocän) reicht noch bis an die Maas in den belgischen Kempen, in dem südl. Limburg fehlt es oder ist vielleicht als Grünsande ohne Fauna vertreten in Bohrungen bei Sittard. Südlich von Sittard sind auf hohen Kuppen westlich der Sandgewand und auch im ganzen Gebiet östlich dieser Störung pliocäne Kiese unbestimmten Alters erhalten geblieben, während marine Schichten fehlen. Sie führen die bezeichnenden Kieselölithe.

In der Peelgegend fehlt Unterpliocän und findet sich das Mittelpliocän in mariner Facies erst nördlich von Uden und Mill. Östlich der Maas scheinen dort nur pliocäne Flussablagerungen vorzuliegen, wenigstens bis Goch und Wesel.

Bei Nütterden westl. von Cleve fängt wieder marines Pliocän an, das bis über Bremen hinaus anhält.

Das Diluvium kennzeichnet sich fast in ganz Belgien und Holland durch Flussschotter, welche sich in verschiedenen Terrassen gruppierten, welche zusammen im

Plateaugebiete ein meistens über 100 M. tiefes senkrechtes Einschneiden der Täler bekunden. Die älteren Schotter stammen von alten Maasläufen, welche u.m. über das ganze südl. Limburg hin und her pendelten; nördlich vom Plateaurande bei Sittard lagerten sich darüber dann die gemischten Maas- und Rheinkiese. Die älteste pliocäne Oolithterrasse wurde im Gebiet westl. der Sandgewandstörung fast gänzlich weggeräumt; im gesunkenen Gebiet östlich dieser Störung lagerten sich die alt-diluvialen Maaskiese über das Pliocän.

Das Diluvium unterscheidet sich durch geringere Quarzföhrung und durch einen grösseren Gehalt an bunten Geröllen vom fluviatilen Pliocän.

B. ALLGEMEINE TEKTONISCHE ZÜGE DES GEBIETES, AUCH IM VERGLEICH MIT ANDEREN TEILEN DER NIEDERLANDE.

Betrachten wir den tektonischen Bau des Gebietes, so sind sowohl Faltung wie Verwerfungen zu erörtern.

Bekanntlich baut sich die ganze Platte nördlich der Ardennen und der Eifel aus zwei grossen Einheiten auf:

1^o. Das gefaltete Primär.

2^o. Das horizontal gelagerte Deckgebirge (Sekundär und Tertiär mit der diluvialen Kiesbedeckung).

Das variscisch gefaltete Primär ist, soweit unsere Erfahrungen reichen, unter dem Deckgebirge allenthalben noch bis zum Steinkohlenegebirge erhalten. Unterhalb der zu Tage gehenden Kreidedecke scheint es das untere flözleere Obercarbon zu sein, welches sich im Südwesten dem gleichaltrigen Carbon anschliesst, welches im Norden das Lütticher Kohlenbecken begrenzt. Nach Nordwesten geht es in höheres aber noch immer flözarmes bis-leeres Carbon über, das in den südlichsten Kempen-Bohrungen (bei Sutendael und Opgrimby nordwestlich von Maastricht) angetroffen wurde.

Das Limburger Carbon stellt die Verbindung dar zwischen dem Carbon der Kempen und demjenigen von Lüttich-Charleroi, welche beiden Streifen westlich der Maas noch vom siluro-cambrischen Massiv von Brabant unterhalb Tongeren, Hoesselt und Hasselt getrennt werden.

Im Kreidegebiet von Valkenburg-Maastricht vereinigen sich schon die unteren Carbonzonen der beiden Kohlenfelder, bei Heerlen auch die höheren flözführenden.

Die Faltung klingt von Süden nach Norden aus. Südlich unserer Grenze, bei Aachen und Verviers, findet sich noch der Erosionsrest der grossen Ueberschiebungsdecke der Ardennen vor, wo noch Devon und weiter nördlich Kohlenkalk zu Tage liegen. Dieser Deckenrand findet sich an der niederländischen Grenze gerade dort, wo auch der gegenwärtige stark zerschnittene Südrand der mesozoischen Sedimente anfängt und ist deshalb nur in tieferen Tälern, besonders im Geultal, aufgeschlossen. Dieser Fluss, der etwas nördlich von Maastricht in die Maas mündet, überschreitet die niederländisch-belgische Grenze bei Epen wo schon das Steinkohlenegebirge des anscheinend autochthonen Substrats, wenn auch flözleer, zu Tage ausgeht. Die bis hier herrschende, durch die mächtige Schleppung unter der alten Ueberschiebungsdecke verursachte scharfe Zickzackfaltung und teilweise Ueberschiebung der Schichten hört weiter im Norden auf. Im Aachener Kohlenfeld und im Wurmthal sind diese

Verhältnisse besser aufgeschlossen wie im Geulthal. Nördlich von Aachen liegt die letzte grössere (Aachener) Überschiebung: der eigentliche Deckenrand. Das nördlich vorgelagerte autochthone Carbon ist noch bis Kerkrade in Zickzackfalten geworfen worden. Bei Heerlen und weiter im Norden herrscht mit wenigen Ausnahmen flachwellige Faltung vor.

Für eine kurze Übersicht der niederländischen Verwerfungssysteme und ihr Vergleich mit den Verhältnissen des Auslandes sei besonders hingewiesen auf die Mitteilung no. 2 dieses Instituts, wo die Stratigraphie und Tektonik der Niederlande von einem allgemeineren Standpunkte, als in dieser Abhandlung, erläutert wurde. (1)

Störungen bilden den auffallendsten Zug im tektonischen Aufbau des südlichen Limburgs. Es ist dieses Gebiet dadurch ausgezeichnet, dass hier diese Dislokationen sich allenthalben an der Erdoberfläche äussern und oft in Grubenaufschlüssen, Sandgruben und Steinbrüchen sichtbar werden, deren Zahl jetzt bei der wachsenden Industrie in dem Kohlenfelde immer grösser wird.

Die Tektonik äussert sich hier morphologisch: nicht allein dadurch, dass das Nachsinken der Schollen in diluvialer Zeit, und die daraus sich ergebenden Niveauverschiebungen sich noch jetzt der Landschaft aufprägen, sondern auch besonders durch die Art der Erosion, welche nach Ablagerung der Maasplateaukiese stattfand.

Die Erosion hat die verschieden widerstandsfähigen Gesteine beiderseits von Verwerfungen oft in verschiedenem Masse angegriffen. In der Peelgend ist dieser Faktor ausgeschlossen, weil dort die bei den Verwerfungen anstossenden Gesteine immer petrographisch gleichartig sind. Im südlichen Limburg, wo der felsige Untergrund der höheren Schollen aus der sandigen tertiären und diluvialen Decke emporsteht, ist das nicht der Fall. Hier sind diese Verwerfungen in ihren Einzelheiten oft ohne Bohrungen studierbar, und auffallend im Gelände sichtbar.

Im Osten der Provinzen Gelderland und Overijssel kommen ebenfalls nach den Untersuchungen der letzten Jahre harte ältere Gesteine zu Tage. In diesem Gebiete hat aber die Erosion noch nicht lange genug arbeiten können. Es wurde in der Eiszeit vom Rheine und vom skandinavischen Inlandeise eingeebnet und weil die Senkung der Niederlande hier nicht an solchen auffälligen Randbrüchen plötzlich aufzuhören scheint, wurde seit dem Rückzug des Eises die fluviatile Erosion nicht wie im südlichen Limburg von neuem belebt. Sonst wären sicherlich die von mesozoischen und tertiären Störungen begrenzten Gesteinsschollen, z.B. von Winterswijk und Buurse, ebenfalls von der Erosion herauspräpariert worden.

Für das diluviale Nachsinken ist der Sandgewandsteilrand eins der besten Beispiele (2). Hier ist der Abhang noch ziemlich steil und tritt sogar auf den topogra-

(1) W. A. J. M. VAN WATERSCHOOT VAN DER GRACHT: The deeper geology of the Netherlands and adjacent regions, 1909.

(2) W. C. KLEIN: Grundzüge der Geologie des Süd-Limburgischen Kohlengebietes. Berichte des Niederrheinischen geologischen Vereins. 1909, S. 73.

phischen Karten noch ganz klar zum Vorschein. Der wirkliche Höhenunterschied der Schollen ist aber weit grösser als die Höhe der Steilkante. Südlich von Sittard, durch welche Stadt die Verwerfung durchstreicht, liegt z.B. bei Watersleyhof die südwestliche Scholle der Hauptterrasse in 100 M. Seehöhe, unmittelbar daneben bei Hillensberg in 60 M. (in 1 K.M. Entfernung). Der Unterschied von 40 M. wird durch ein letztes Nachsinken an dieser schon alten Verwerfung bedingt. Die schon vorher so bedeutend abgesunkene Steinkohlenformation der östlichen Hälfte der Hillensberg-Konzessionen bei Hillensberg und Wehr (östlich von Sittard, auf deutschem Gebiete) ist also nach Ablagerung der Hauptterrasse nochmals 40 M. weiter an diesem Bruche gesunken.

Die diluvialen Störungen sind nicht nur aus dem südlichen Limburg, sondern der ganzen östlichen Grenze Limburgs entlang, sowie auch aus der Peelgegend durch die Arbeiten der Herren VAN WATERSCHOOT VAN DER GRACHT⁽¹⁾ und TESCH⁽²⁾ bekannt geworden. Die hohe Scholle des Peelhorstes bildet in der Landschaft noch jetzt einen ganz flachen Rücken, der bei Meyel und Beeringen 35 M. Höhe erreicht. Die angrenzenden Grabenschollen liegen aber immer noch über 20 M., und die tektonischen Ränder könnten hier also höchstens 15 M. Höhe erreichen. Der Randcharakter ist aber durch spätere Einebnungen ganz verwischt.

Das Bild, das nebenstehende Karte fig. 1 (eine Verkleinerung derjenigen des Jahresberichts über 1909)⁽³⁾ von der Tektonik des Gebietes gibt, ist aber nur z.T. mit Hilfe von Erosionen und diluvialen oberflächlichen Nachreissungen studierbar. Der grösste Teil der Darstellung beruht auf Tief- und Flachbohrungsergebnisse, welche sowohl in Deutschland, wie in Holland vorlagen, weil wir in dieser Gegend mit einem fast ununterbrochenen grossen Steinkohlenfelde zu tun haben, welches die westfälischen Vorkommen mit denjenigen von Süd-Limburg, Aachen und Belgien verbindet. Im niederländischen Gebiet ist der Bau besonders durch Flachbohrungen aufgeschlossen worden, mittelst welchen die grossen, recentes Nachsinken zeigenden Randbrüche mit grosser Sicherheit verfolgt werden konnten. Erst nach den Flachbohrungen erfolgten dann auf dem erkannten Horste die immer erfolgreichen Tiefbohrungen.

Man bemerkt sofort, dass es sich um zwei grosse Gruppen von Verwerfungen

(1) Memoir no. 2 of the Government Institute for the Geological Exploration of the Netherlands: The deeper geology of the Netherlands and adjacent regions etc. by VAN WATERSCHOOT VAN DER GRACHT, Mr. Jur. F. G. S. Director of the Service, with Contributions on the fossil Flora by Dr. W. JONGMANS. The Hague, 1909. Siehe auch: Jaarverslagen der Rijksopsporing van Delfstoffen.

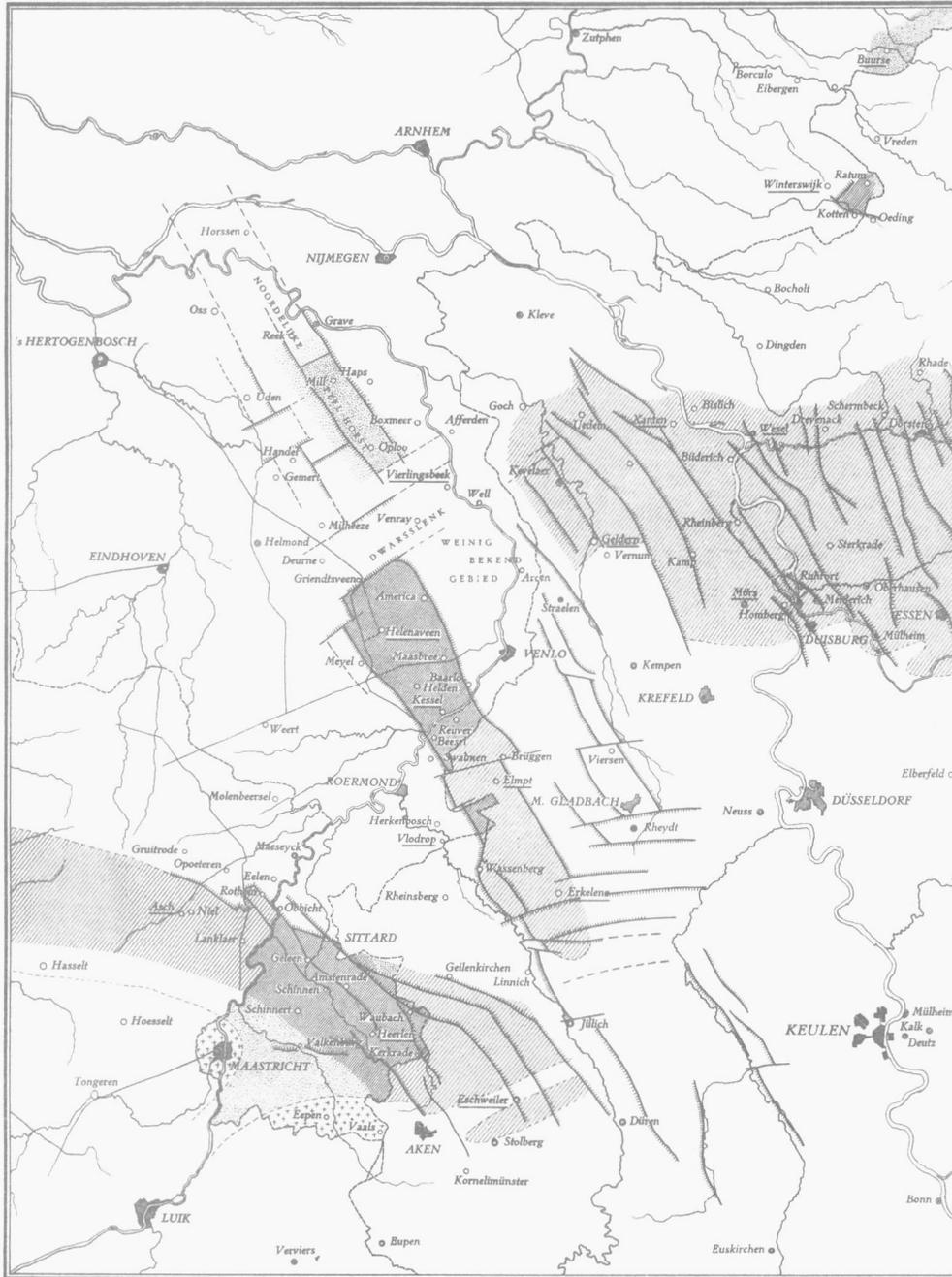
(2) P. TESCH: Der niederländische Boden und die Ablagerungen des Rheines und der Maas aus der jüngeren Tertiär- und der älteren Diluvialzeit. Mededeelingen der Rijksopsporing van Delfstoffen, Mitteilung No. 1.

(3) Vgl. für diese Störungen die mehr ausführliche Karte desselben Gebietes: Tectonisch-geologische kaart van het Steenkolengebied langs den Rijn en de Maas, door W. WUNSTORF, W. VAN WATERSCHOOT VAN DER GRACHT en W. KLEIN. Schaal 1:200,000. Plaat II van het Jaarverslag der Rijksopsporing van Delfstoffen over 1909.

Fig. 1

ÜBERSICHT DER VERWERFUNGEN IN DEN SÜDÖSTLICHEN NIEDERLANDEN

verkleinert nach Plaat 1 des »Jaarverslag over 1909 der Rijksopsporing van Delfstoffen«,
mit einigen Änderungen, veranlasst durch neuere Untersuchungen



Masstab 1 : 1.000.000

- | | | | |
|---|--|---|-----------------------|
|  | Flözleeres Carbon oder älteres Gestein |  | Fragliches Obercarbon |
|  | Flözführendes Carbon, für das Ausland heller schraffiert |  | Verwerfungen |

handelt, die N.W.:S.O.-Gruppe und die W.:O.-Gruppe. Es ist selbstverständlich, dass viele Sprünge nicht genau diese Richtung einhalten; im grossen sind die zwei Systeme aber nicht zu verkennen.

Die N.W.:S.O.-Gruppe kennzeichnet sich durch grössere Länge und Bedeutung der Spalten. Sie bedingen die Richtung der Haupthorste und Hauptgräben, welche das Gebiet durchziehen; ihre grosse Zahl zeigt an, dass verschieden tiefe Staffeln meistens den Übergang von einem Horst zu einem Graben herbeiführen.

Im Süden liegt das Plateau von Süd-Limburg und den Belgischen Kempen. Feldebiss und Sandgewand vermitteln mit zahlreichen anderen Sprüngen, von welchen diejenigen von Heerlerheide und Benzenrade die wichtigsten sind, die Senkung, welche zum grossen Sittard-Roermonder Graben führt. Sein tiefster Teil liegt nahe am Nordrand, unter dem Roertal.

Der Anstieg zum Peelhorst und zum Horst von Brüggen, dessen Verlängerung auf deutschem Gebiet liegt, ist ziemlich plötzlich. Die Nordgrenze derselben Horste ist weniger scharf. Weiter nördlich finden sich noch die Horste von Viersen und Mill.

Die W.:O.-Gruppe der Verwerfungen kommt besonders gut zum Vorschein auf deutschem Gebiet, wo die W.:O.-Schollen des Erkelenz-Grevenbroicher Gebietes die Horste von Brüggen und Viersen nach S. begrenzen. Auch bilden sie die Nordgrenze des Vorgebirgshorstes westl. von Köln.

Bezüglich des Alters der Verwerfungen wird im Folgenden bei beiden Gruppen nur für Süd-Limburg in Einzelheiten eingegangen werden und dabei muss dann und wann auch Bezug genommen werden auf nicht-limburgische Verhältnisse.

Hier sei nur betont, dass das N.W.:S.O.-System das älteste ist; in der Peel wurde sogar das Zechsteinconglomerat schon abgelagert auf Schollen, die von diesen Spalten zerbrochen und nachher wieder vollständig abradiert waren. Die späteren Bewegungen waren, nach Herrn VAN WATERSCHOOT VAN DER GRACHT, besonders bedeutend im Oberoligocän und dauerten bis in die Jetztzeit an.

Bei den W.:O.-Sprüngen kann man aus der Karte ersehen, wie diese die Störungen des anderen Systems seitlich verschieben und deshalb anscheinend jünger sind. Auch konnten bisher bei diesen Brüchen keine praecretacische Bewegungen nachgewiesen werden.

II. SPEZIELLER STRATIGRAPHISCHER TEIL.

A. DAS TERTIÄR, SPEZIELL DAS TIEFERE OLIGOCÄN UND SEIN ÜBERGANG VON DER BELGISCHEN ZUR DEUTSCHEN AUSBILDUNG.

Die Kenntnis des am Kreiderande mittelst Verwerfungen anstossenden südlimburgischen Oligocäns bildet gewissermassen die Grundlage dieser tektonischen Studien. Die genauere Kenntnis der Schichtenfolge des Oligocäns gestattet, im Besonderen dort wo keine tieferen Bohrungen vorliegen die Schätzung der Sprunghöhe und ist deshalb sehr wichtig.

Diese Tertiärstufe, die von Düsseldorf an unter der Miocändecke der nieder-rheinischen Bucht begraben liegt, geht, abgesehen von den beschränkten Horstgebieten bei Erkelenz u.s.w., erst ausserhalb Deutschland, in holländisch Limburg, wieder auf grosse Strecken zu Tage aus, mit einer für das tiefere Oligocän etwas abweichenden Ausbildung. Und es ist speziell diese untere Abteilung, welche am Kreiderande sichtbar wird.

Weiter im Norden folgen Mittel- und Oberoligocän und nach Osten, im Heerlen-Sittarder Gebiete, stellen sich die Braunkohlenschichten allenthalben als jüngstes Deckgebirge ein. Die Tektonik des Kreiderandes, die an und für sich die Typen der limburgischen Störungen liefert, äussert sich deshalb in der Form von lateralen Kontakten zwischen Kreide und Unter- oder Mitteloligocän. Die Kenntnis der Kreideschichten selbst ist wichtig für Untersuchungen der internen Struktur des Senonmassivs; das Studium der bedeutenderen randlichen Störungen erfordert aber weniger die Kenntnis dieser Kreidestufen als diejenige des Tertiärs.

Die Untersuchungen führten zur Erkenntnis, dass die von VAN DEN BROECK⁽¹⁾ u.A. beschriebene Entwicklung des tieferen Oligocäns Belgiens bei seinem Übergange ins deutsche Gebiet, belgischen Charakter behält. Dieser wird speziell gekennzeichnet durch Brackwasserablagerungen mit *Cerithien* und *Cyrenen*. Bis Kunrade bei Heerlen fand ich diese Schichten, das belgische Rupelien fluviomarin (= Tongrien

(1) E. VAN DEN BROECK: Coup-d'oeil synthétique sur l'Oligocène belge et observations sur le Tongrien supérieur du Brabant. Bulletin de la Société belge de géologie, de paléontologie et d'hydrologie, Tome VII, 1893, S. 208—302.

supérieur v. D. BROECK's und der belg. geol. Karte) (1) noch an der Oberfläche, bis zum Schloss Terworm und in den Oranje-Nassauschächten bei Heerlen sind sie in der Teufe von 9.6 M., resp. 31.— M. angetroffen worden. An den meisten Punkten sind diese Muscheln in sehr grosser Zahl vertreten, bilden aber nur eine Bank von höchstens einigen Metern Mächtigkeit. Die Verhältnisse des darüber liegenden rein marinen Septarientons sind weniger interessant, weil er sich in Belgien, holländisch Limburg und Deutschland immer in gleicher Ausbildung wiederfindet. Er ist bei Bilsen westlich von Maastricht nach VAN DEN BROECK (2) und auch bei Hasselt entwickelt wie beim klassischen Orte Boom (südlich Antwerpen), und im Campinekohlenfelde fand STAINIER (3) dieses Schichtglied in den Bohrungen beim Bolderberge wieder und zwar in einer Ausbildung, welche er, wie diejenige des Oberoligocäns, in auffälliger Übereinstimmung fand mit den gleichen Ablagerungen in den Solvay-schächten zu Büderich bei Wesel.

In allen heutigen Schächten des Grubendistriktes bei Heerlen sowie der Campine wurde die Ablagerung mit den gleichen Merkmalen wiedergefunden (4) (Pyritgehalt und Gypsführung, Septarien, spärliche Schalen von *Leda Deshayesiana* u.a.); E. HOLZAPFEL beschrieb sie vor kurzem noch einmal für das Aachener Gebiet (5); W. WUNSTORF fand sie bei Wassenberg auf dem hohen Horste östlich des Roergrabens an der Oberfläche wieder.

Während ich diese Oligocänabteilung grösstenteils nur in Bohrungen und Schächten von Belgien nach Deutschland hin verfolgte, ist dies für das tiefere Oligocän meistens im Felde ausführbar; namentlich im Gebiete, das dieser Abhandlung zu Grunde liegt, geht es vielerorts zu Tage aus.

In Süd-Limburg ruht nämlich in dem Gebiete des Ausgehenden kein Paleocän oder Eocän auf der Kreide, wie in der Peelgend und in den Kempen, sondern direkt

(1) Die Grenze zwischen den als Mitteloligocän und den als Unteroligocän zu bezeichnenden Bildungen ist aber, einer Anregung von VAN WATERSCHOOT VAN DER GRACHT folgend, tiefer gelegt worden, wie auf der belgischen geol. Karte und zwar noch etwas unterhalb des *Cerithientons*, dort wo die mitteloligocäne Formen für echte unteroligocäne platzmachen. Die Fauna der oberen Schichten dieser Sande und Tone ist nach ihm noch durchaus Mitteloligocän, nur die untersten wenig mächtigen Sande führen, gleichfalls nach seiner Meinung, eine typische Unteroligocän-Fauna.

(2) E. VAN DEN BROECK: Coup-d'oeil synthétique sur l'Oligocène belge et observations sur le Tongrien supérieur du Brabant. Bulletin de la Société belge de géologie, de paléontologie et d'hydrologie, Tome VII, 1893, S. 208—302.

(3) G. SCHMITZ et X. STAINIER: La géologie de la Campine avant les puits des Charbonnages, 3^{me} note préliminaire: Découverte en Campine de l'Oligocène supérieur marin. Annales de la Société Géologique de Belgique, Tome XXXVI, 3^{me} livraison, 15 oct. 1909.

(4) W. C. KLEIN: Grundzüge der Geologie des Süd-Limburgischen Kohlengebietes. Berichte des Niederrheinischen geologischen Vereins, 1909, S. 69.

(5) E. HOLZAPFEL: Die Geologie des Nordabfalles der Eifel mit besonderer Berücksichtigung der Gegend von Aachen; Teil I der Festschrift zum XI. Allgemeinen deutschen Bergmannstag, Aachen, 1910, S. 126.

Oligocän. Erstgenannte Schichten begleiten, wie erwähnt, in Belgien von Louvain (Löwen) über Tirlemont (Tienen), St. Trond und Tongres (Tongerren) die Südgrenze des dortigen Oligocäns. Östlich von Tongres aber treten diese eocänen Schichten schon nicht mehr zu Tage und hat das Oligocän eine transgredierende Lagerung.

Während nun in dem hier zu behandelnden Gebiete das Oligocän an der Basis des Septarientons noch bis Heerlen die belgische z. T. brackische Facies zeigt, auflagernd auf marinen unteroligocänen Sanden, tritt zwischen Heerlen und der deutschen Grenze (genauer zwischen der Verwerfung von Heerlerheide⁽¹⁾ und dem Feldbissbruch) ein auffallender Übergang ein. Im Gebiete nördlich von Heerlen ist das untere Mitteloligocän, mit einer Fauna von *Cerithien* und *Cyrenen*, den rein marinen unteroligocänen Sanden mit *Ostrea ventilabrum* und *Voluta suturalis* auflagernd, bis zur Sandgewandstörung verfolgt. Diese bildet hier bei der Steinkohlengrube Hendrik bei Brunssum die Fortsetzung des Feldbisses. Der Ort Heerlen liegt auch an die Grenze des brackischen Oligocäns. Etwas östlich von Heerlen in den Schächten Wilhelmina (Schaesberg), Carl (Schaesberg), Willem (Spekholzerheide) und Domanialgrube (Kirchrath bei Herzogenrath) tritt unter typischem Septarienton eine 10 bis 20 M. mächtige Serie von weissen Sanden auf, mit Braunkohlenspiuren, die in dem Schachte Carl zu Flöze heranwachsen. Hier tritt also, durch eine Kiesschicht getrennt vom Septarienton, eine Ablagerung auf, die den Sanden, welche G. FLIEGEL⁽²⁾ von Bohrungen bei Wesel angibt und als Unteroligocän betrachtet, anscheinend vollkommen ähnlich sind. Er fand dort, mit W. WUNSTORE, immer 20 bis 30 M feine hellgraue Sande, welche niemals Fossilien lieferten. Obwohl das Alter sich schwierig bestimmen lässt, habe ich diese Sande auf der geologischen Karte zur Unterscheidung von dem Septarienton mit der Schraffierung des Unteroligocäns angegeben.

Auch in der Peel und bei Winterswijk und sogar noch im äussersten Südwesten des Landes bei Woensdrecht, finden sich immer an der Basis des Septarientons noch feine fossilere Glaukonitsande. In der Peel lagern diese Sande unmittelbar auf Paleocän (Landenien), zu Woensdrecht gehen sie anscheinend ohne Lücke in Ober-eocän (Asschien) über⁽³⁾. Es bleibt daher fraglich ob weiter im Norden diese immer fossilere Sande nur eine untere sandige Facies des Mitteloligocän, oder Unteroligocän sind.

Bei Erkelenz enthalten derartige Sande, unter dem Septarienton, nach v. KOENEN, noch *Leda Deshayesi* und *Nucula compta*, sind daher Mitteloligocän. Sie lagern unmittelbar auf dem Steinkohlengebirge auf. In nächster Nähe aber, bei Baal,

(1) Vgl. für diese Störungen die Karte: Tectonisch-geologische kaart van het Steenkolengebied langs den Rijn en de Maas, door W. WUNSTORE, W. VAN WATERSCHOOT VAN DER GRACHT en W. KLEIN. Schaal 1:200.000. Plaat II van het Jaarverslag der Rijksopsporing van Delfstoffen over 1909.

(2) G. FLIEGEL: Die Beziehungen zwischen dem marinen und kontinentalen Tertiär im Nieder-rheinischen Tieflande. Zeitschr. der deutschen Geol. Gesellsch., Monatsberichte, No. 11, 1911.

(3) Nach Mitteilung von VAN WATERSCHOOT VAN DER GRACHT.

wurde in einem Schacht unter mitteloligocänen Sanden und Sandsteinen noch eine 30 M. mächtige Serie von marinen unteroligocänen fossilreichen Sanden angetroffen. (1)

Hiermit sei also festgestellt, dass das tiefere gemischte brackische und marine Oligocän (die belgische Ausbildung), sich ausdehnt bis zu einer Linie, welche etwas westlich von den Schächten Willem bei Spekholzerheide und Carl bei Schaesberg vermutlich eine Störung folgt. Nördlich von Heerlen verschiebt sich diese Linie nach der Sandgewand bei Brunssum (2).

Östlich dieser Linie wurden die fossilleeren, braunkohleführenden Sandschichten in den genannten Schächten aufgefunden und seitdem auch bei Wesel und Duisburg. Im Aachener Gebiete, östlich des Feldbisses, fehlt die ganze Ablagerung. HOLZAPFEL erwähnt in den „Erläuterungen“ zum geologischen Blatte Aachen nur Mittel- und Ober-Oligocän.

Die Sande, die im hohen Ubagsberg-Gebiete, südöstlich von Heerlen, wie auch südlich des Geulflusses, im Dreieck Sibbe, Berg, Cadier, auf der Senonkreide auflagern, sind, wie bereits erwähnt, höchstwahrscheinlich Unter- bis Mitteloligocän und älter als der mitteloligocäne *Cerithienton*. Sie bilden den Gipfel des Ubagsberger Kreidemassivs und zeigen dort Heide- und Fichtenvegetation, besonders auf dem Gipfel der vier höchsten Punkte.

Die charakteristischen *Ostreen* des Unteroligocäns sind, wenigstens in bestimmbarer Form, auch hier noch nicht gefunden worden. Dies scheint mir noch immer möglich; bis jetzt fand ich in diesem hochliegenden, durch die Atmosphaerilien völlig entkalkten Sand nur unbestimmbare Steinkerne und Wurmspuren (die belgischen „tubulations d'annélides“). Man sieht diese Formen, besonders nach Regen, sehr gut in der grossen Sandgrube, einige Schritte westlich von der Ubagsberg-Mühle (217 M. + A.P.)

Diese Sande liegen schon mindestens 20 M. über dem Senon und dürften zu den obersten Sanden mit *Ostrea ventilabrum* gehören. Zehn bis zwanzig Meter höher hätte man den *Cerithienton* erwarten können, der aber von der Erosion nicht geschont worden ist. In einer Sandgrube südlich des Fleckes Koulen (bei Klimmen) und in einem Bohrloch beim Schloss Haaren fand ich ganz ähnliche feine weisse entkalkte Sande und hier steht es fest, dass sie zur Übergangszone der *Ostreenschichten* und der *Cerithientone*, also zwischen Mittel- und Unteroligocän gestellt werden müssen. Die im Geultal für die Basis des Tongrien so bezeichnenden Phosphorite fand ich hier leider noch nicht. Jeder glückliche Fund kann uns aber zur Sicherheit bringen.

(1) W. WUNSTORF und G. FLIEGEL: Festschrift zum XI. Allgem. deutschen Bergmannstages zu Aachen 1910, S. 282 ff. Auch erschienen in Abh. der Kön. Preuss. Geol. Landesanstalt, N. Folge, Heft 67.

(2) Das Bohrloch S.M.XII, nicht weit von den Schächten Hendrik, enthält, wie diese selbst, noch immer die brackischen *Cerithientone* und darunter die marinen unteroligocänen Schichten mit *Ostrea ventilabrum*, Goldf., resp. bei 190 M. und von rund 195 M. bis 209 M., wo das Senon anfängt.

Im Maas-Gebiete vermutete STARING schon das zum Teil unteroligocäne Alter dieser Sande, die er sich nach Osten hin bis Valkenburg anwesend dachte. Zuerst sei hier erinnert an seine Einteilung des Oligocäns. Sie schliesst eng an die veraltete belgische Gliederung DUMONTS an:

DUMONT	DUMONT	STARING
Tongrien inférieur	Gronden van Lethen	
» supérieur	» » Tongeren	
Rupélien inférieur	» » Klein-Spauwen	{ <i>Pectunculussand</i> unten, <i>Nuculaton</i> oben.
» supérieur	Rupelleem (Septarienton)	

Auf S. 290, Teil II seines Werkes, „Bodem van Nederland“ erwähnt STARING, dass die Lethenschen Sande anscheinend zu den Schichten gehören, die in Belgien *Ostrea ventilabrum* enthalten. Auch war ihm bekannt, dass dieses Fossil gefunden worden war im Kanal bei Hocht, nördlich von Maastricht, in „Sand mit blauem Lehm“ unter Maaskies (1). Er bemerkt auch, dass diese Muscheln ziemlich hart waren, während nach BOSQUET ihre Substanz sehr weich ist, wenn sie sich in der Formation vorfinden, die für sie charakteristisch ist. STARING schliesst daraus, dass die Muscheln umgelagert seien. Inzwischen kann man m.E. hier doch folgern, dass die Sande, die südlich von der Geul und von Maastricht auf Kreide liegen, unteroligocänen Alters sind. Die von der Maas eventuell umgelagerten Muscheln können ja nur von hier stammen.

Die vom Ubagsberge nach Norden folgenden, an Verwerfungen abgesunkenen, tieferliegenden Sande sind besser bekannt. Hier sind vollständigere Tertiärsuiten vorhanden und an das fossilere Profil des Unteroligocäns (Tongrien) schliesst sich unteres Mitteloligocän (Rupélien fluviomarin) an, das in einer 2–4 M. mächtigen plastischen für Wasser höchstundurchlässigen Tonschicht, deren Kartierung in dieser Arbeit vorliegt, immer Fossilien enthält (*Cerithien*).

Die Sande sind jedoch in der Nähe der Tagesoberfläche noch immer entkalkt und daher fossilleer.

C. UBAGHS fand Sande und darüber *Cerithienton* bei Heek. Er beobachtete zwischen Heek und Klimmen, nördlich vom Wege Heerlen-Valkenburg, das folgende Profil (2):

- Cailloux roulés (Hauptterrasse)
- Sable rougeâtre 2 1/2 M.
- Couche argileuse gris verdâtre 1/2 M. (*Cerithienton*?)
- Sable blanc jaunâtre 8 à 10 M. (nur diese sind jetzt noch sichtbar).

Die letzterwähnten Sande kannte er bei Waterval nördlich von Meerssen bis 20 M. Mächtigkeit; auch bei Goudsberg (östlich von Valkenburg) und bei Krekelenbosch (nördlich von Schin op Geul, im Walde). Er erwähnt, dass gleich unter den *Cerithien* eine Kiesschicht vorkommt, welche aber sehr unbedeutend ist.

(1) Die Mittelterrasse von Caberg.

(2) C. UBAGHS: Description géologique et paléontologique du Sol du Limbourg avec catalogue général des fossiles du terrain crétacé, S. 52.

Fig. 2.

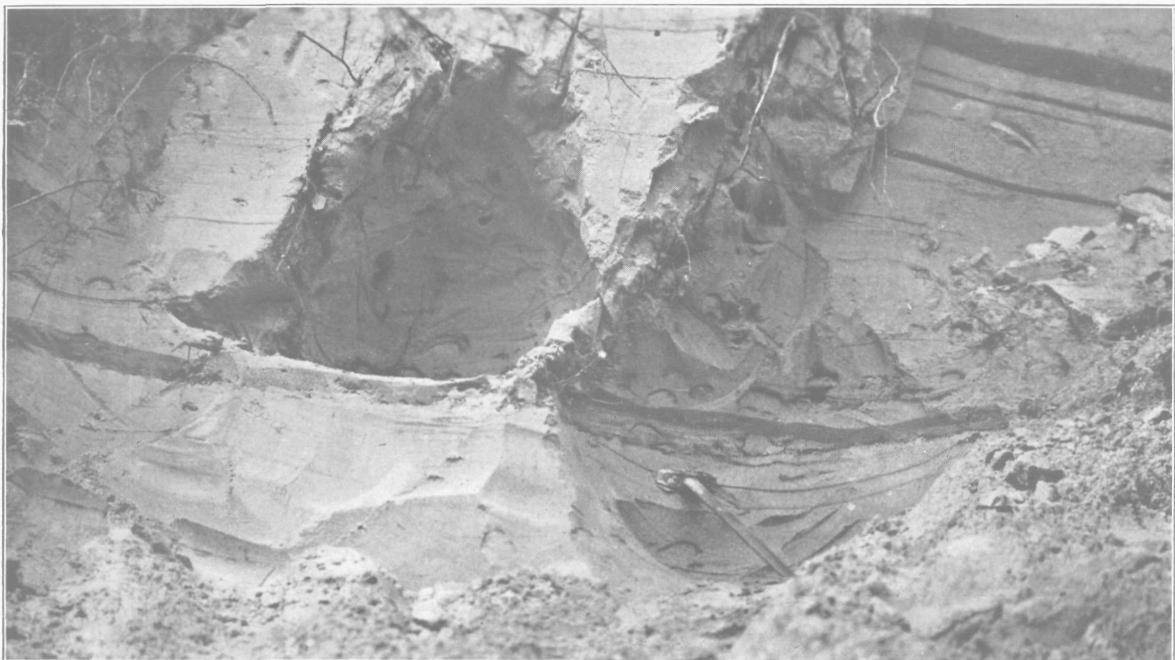
N.

S.



SANDGRUBE BEI HEEK (OLIGOCÄN).
Gelblichweisse, braun gebänderte Sande.

Fig. 3.



FOSSILSPUREN IN DER SANDGRUBE BEI HEEK.

Die Bohrung nach Steinkohle no. 24 bei Heek hat gelehrt, dass die ganze Mächtigkeit der Sande mindestens 30 M. erreicht. Etwas westlich von dieser Bohrung fand ich in einem etwas höheren Niveau Quellen bei 119 M. + A. P., welche immer die Tone anzeigen. An der Strasse Heek-Hulsberg ist bei + 124 M. eine Muschelzone sichtbar, welche zu einem etwas höheren Horizont gehört wie die *Cerithientone*.

Einen guten Beweis, dass die unteren Sande Unteroligocän sind, liefert auch ein Aufschluss bei der Försterwohnung im Ravensbosch, nordwestlich von Valkenburg. Dort ist ausnahmsweise der Kontakt zwischen Kreide und Oligocän gut aufgeschlossen und die hier sichtbaren Sande bilden die direkte Fortsetzung der Sande unbekanntes Alters südlich des Tales. Auch hier waren die Muscheln aufgelöst. Bedeutend war aber der Fund von zahlreichen Haizähnen und von blauen gerollten, $\frac{1}{2}$ bis 5 c.M. grossen Phosphoriten mit Abdrucken von Fischschuppen. Sie weisen hin auf die Identität dieser basalen Schicht mit der basalen Schicht der *Ostrea*-Ablagerungen im Schachte Emma bei Amsternrade nördlich von Heerlen. Dort fand ich nämlich zuerst diese Phosphorite (1) als blaue feuersteinähnliche Gerölle, welche aber auf dem Bruche erdige, ziemlich grobkörnige Struktur zeigen, mit Markasit durchspickt und dunkelgraugefärbt sind. Oft findet man Fischschuppen. Herr A. RUTOT in Brüssel teilte mir freundlichst mit, dass er derartige Gerölle aus dem belgischen Oligocän nicht kannte und äusserte die Vermutung, dass sie aus eocänen Schichten stammen. Herr A. LERICHE in Brüssel betrachtet die Schuppen als unbestimmbar. Obwohl also die immer gerundeten Phosphorite vielleicht Gebilde sind, die aus älteren Schichten stammen und umgelagert worden sind, so sind sie doch bis jetzt bezeichnend für die Basis des Oligocäns (2).

38 M., also rund 40 M. über der Kreideoberkante fanden sich im Emmaschachte die brackischen Tone und diese findet man nun auch im Ravensbosch (etwas südlich von dem Querwege, unter einem Quellen-Horizont, dessen Wasser die Straatbeek bildet), auch hier etwas weniger als 40 M. über der Kreide.

Zum Schluss sei erwähnt, dass hier unbestimmbare Fossilienreste als Seltenheit sich vorfinden. Allgemeiner sind diese in der Sandgrube zwischen Heek und Klimmen (Chaussee Heerlen-Valkenburg) und auch in der grossen Grube östl. vom Wege Valkenburg-Vilt.

Die dortigen Sande sind gelblich weiss, mit horizontalen braunen Bänken von einigen Zentimetern in der oberen Partie des rund 8 M. hohen Profiles. (Siehe die Photographie fig. 2). An der Basis liegen hier zahlreiche noch schwach limonitisierte Abdrücke von grossen Muscheln im losen Sande (*Cyprina rotundata* oder wohl *Pectunculus?*), als letzte Spuren der sonst durch Auflösung verschwundenen Muschelbänke. (Siehe die Photographie fig. 3).

(1) Nach einer Analyse enthielten die Gerölle im Emmaschachte 15.07 % P_2O_5 und 33.24 % SiO_2 , im Ravensbosch, wo sie etwas verwittert sind, 11.46 % P_2O_5 und 59.82 % SiO_2 .

(2) Ganz ähnliche Phosphoritgerölle fand P. HUFFNAGEL an der Basis des Oligocäns von Twenthe in den nordöstlichen Niederlanden.

Aus dem hier Ausgeführten kann man einen Überblick über das tiefere Oligocän gewinnen, der hierunter durch eine Aufführung von verschiedenen Profilen und durch das Profil des Emmaschachtes vervollständigt wird.

Es ist die einzige limburgische Tertiärstufe, die sich an der Oberfläche und auch in Bohrprofilen gut studieren lässt, besonders mit Hilfe der wichtigen Leitschicht des *Cerithientones*, welche sie enthält. Dieses Tertiär hat zuerst und zumeist die Aufmerksamkeit der älteren Forscher erregt und mit Recht, weil es nicht so monoton ist, wie der meistens fast fossilleere *Septarienton* und das sich hier analog verhaltende Oberoligocän.

Im Folgenden wird näher gezeigt, dass es allenthalben das tiefere Oligocän ist, das am Kreiderande dieser Formation auf- oder angelagert ist, vom St. Pietersberg bei Maastricht bis Kunrade und Daelhof bei Heerlen.

In diesem Gebiete hat die Erosion seit der Hauptterrassenzeit grosse Rinnen geschaffen, zweifelsohne in ihrer Arbeit geführt von den näher zu erläuternden Randbrüchen. Diese Erosion hat u.m. auch den Zusammenhang des Tertiärs nördlich und südlich des Geultales zerstört. In Folge des Einfallens der Tertiärschichten nach Norden ist an der Nordseite von solchen ostwestlichen Tälern meistens ein grösseres Tertiärprofil sichtbar wie an der Südseite, welche Differenz durch ostwestliche Spalten noch vergrössert werden kann. Meistens reicht es bis zum mitteloligocänen *Cerithienton* oder sogar dem *Nuculaton*. Unter dem Kiesplateau der Maas-Hauptterrasse, nördlich des Geultales, ist diese charakteristische Schicht noch gerade von der vertikalen Maaserosion aus der Hauptterrassenzeit geschont worden. Sie bildet ein grosses durchgehendes, wenn auch oft schwierig zu entdeckendes Quellenniveau, von welchem zahlreiche kleine Bächlein (*Watervalderbeek*, *Minderbeek*, *Drinkbeek*, *Straatbeek* etc.) nach der Geul fliessen (vgl. die Karte).

Weiter östlich finden sich die ungefähr ostwestlich streichenden Trockentäler von Heek und Ransdaal, die auch wieder hauptsächlich im Tertiär liegen, das den Randbrüchen des Kreidemassivs angelagert ist.

In den folgenden Tabellen werden einige Bohrprofile, besonders Profile des Oligocäns, zur Vergleichung wiedergegeben. Sie zeigen die Aufschlüsse von Westen nach Osten und führen den Übergang der belgischen zur deutschen Ausbildung vor Augen. Die Fossilbestimmungen verdanke ich Herrn VAN WATERSCHOOT VAN DER GRACHT.

1. Blatt Bilsen, westlich von Maastricht, nach den Angaben von E. VAN DEN BROECK:

MITTELOLIGOCÄN:

Rupelien fluviomarin (Tongrien nach VAN DEN BROECK und der belg. geol. Karte: Vgl. die Fussnote (1) auf S. 13).

Sable et marne de Vieux-Joncs à *Cerithium plicatum*:
Tg2 c de 3 à 4 mètres.

Glaise de Hénis à *Cytherea incrassata*:
Tg2 b de 5 à 9 mètres.

Sable de Boutersem à *Cyrena semistriata*:
Tg2 a de 2 à 3 mètres.
Épaisseur normale 12 mètres.

UNTEROLIGOCÂN:

Tongrien (tongrien inférieur nach VAN DEN BROECK):

Sable meuble stratifié de Neerrepn:
Tg1 d de 5 à 8 mètres.

Sable argileux de Grimmerdingen à *Ostrea ventilabrum*:
Tg1 c de 12 à 15 mètres.

Sable meuble à grain moyen, parfois glauconifère:
Tg1 b de 2 à 3 mètres.

Cailloux:
Tg1 a
Épaisseur normale 20 mètres.

2. Bohrung bei Raar, nordöstlich von Meerssen. Proben des Bohr-
unternehmers N. HOOGENDOORN, Giessendam. Mundloch 113.50 M. + A.P. Unter
Löss und Hauptterrassenkies fand man ab 8.80 M.:

MITTELÖLIGOCÂN:

Von 8.80 M. — 9.15 M.	0.35 M.	Hellgrüner stark kalkiger Ton.
» 9.15 » — 9.70 »	0.55 »	<i>Cerithienton</i> , sehr muschelreich, fett, blassgrün.
» 9.70 » — 10.00 »	0.30 »	tonige <i>Braunkohle</i> (Treibholz?).
» 10.00 » — 13.60 »	3.60 »	fetter dunkelgrüner Ton mit vereinzelt <i>Cerithien</i> (ev. Nachfall).
» 13.60 » — 15.00 »	1.40 »	fetter graugrüner Ton mit weissen Punkten.
» 15.00 » — 19.50 »	4.50 »	toniger nichtglaukonitischer graugrüner Sand.

UNTEROLIGOCÂN:

Von 19.50 M. — 20.00 M.	0.50 M.	hellgrüner glaukonitischer Sand.
» 20.00 » — 24.50 »	4.50 »	grüner glaukonitischer Glimmersand.
» 24.50 » — 25.70 »	1.20 »	grüner Sand.
» 25.70 » — 48.40 »	22.70 »	schmutziggelber feiner Glimmersand, etwas tonig. Der Glaukonit ist anscheinend verwittert.
» 48.40 » — 52.60 »	4.20 »	stark toniger grüner sehr feiner Glimmersand.
» 52.60 » — 52.90 »	0.30 »	grüner sehr feiner sandiger Ton. Hierunter folgt <i>Senon</i> .

3. Bohrung No. 24 bei Heek, nach oben ergänzt mit Hilfe der
Tagesaufschlüsse:

Im Wäldchen östlich von der Bohrung liegt in + 115 M. eine Quelle, verur-
sacht durch:

Cerithienton (+ 115 M.)

Hierunter folgen weisse Sande und ab + 110 M.:

10.03 M. grauer Sand.

10.97 M. Sand und „Mergel“. Das Wort Mergel deutet hier anscheinend auf tonigen Sand hin. Hierunter folgen roter und grauer Kies, d.h. wohl die braunen und grauen Feuersteine, die öfters auf der Kreide lagern.

Dann folgt:

Loser Mergel (Kalkstein).

Fester Mergel (»).

4. Bohrung südlich vom Schlosse Terworm westlich von Heerlen, nördlich von der Chaussee nach Valkenburg. Mundloch 96 M. + A.P.

Unter dem Alluvium des Geleenbaches fand man bis 9.62 M. Alluvium und darunter:

MITTELOLIGOCÄN:

Von 9.62 M. — 9.92 M. 0.30 M. schwarzer Ton mit Braunkohle.

» 9.92 » — 10.50 » 0.58 » Braunkohle.

» 10.50 » — 12.10 » 2.60 » toniger Sand.

» 12.10 » — 12.97 » 0.87 » grauer Sand.

Die Schicht tonigen Sandes enthält artesisches Wasser (eine jetzt versiegte Quelle: Antonia-bron). J. BOSQUET⁽¹⁾ fand hier:

Corbula pisum, Sow.

» *triangula*, Duch.

» *donaciformis*, Nyst

Cytherea incrassata, Desh.

Cerithium Galeotti, Nyst

Cerithium labyrinthicum, Duch.

„ *subcostellatum*, v. Schloth.

5. Schacht Oranje-Nassau III bei Heerlen etwas nord-westlich vom Bahnhof. Mundloch 108.7 M. + A.P.

Unter Geleenkiesen und einer 17 M. mächtigen Folge von Sanden und Tonen angeblich ohne Fossilien folgten hier:

MITTELOLIGOCÄN:

Von 28.60 M. — 29.60 M. 1.00 M. grauer Sand mit Braunkohle.

» 29.60 » — 30.20 » 0.60 » grauer Sand.

» 30.20 » — 30.75 » 0.55 » harte Braunkohle (Treibholz?) mit Holzstücken von 2 d.M., gut geschichtet.

» 30.75 » — 31.00 » 0.25 » Dunkelbrauner Ton.

(¹) J. BOSQUET in J. T. BINCKHORST VAN DEN BINCKHORST: Esquisse géologique et paléontologique des couches crétacées du Limbourg. Maestricht, 1859, p. 19.

Von 31.00 M. — 31.80 M.	0.80 M.	graugrüner magerer bröcklicher Ton (mit Muscheln in Sch. I, u.w. <i>Cyrena</i> sp.).
» 31.80 » — 34.40 »	2.60 »	grüner Ton, mit dünnen harten Bänken, mit <i>Cyrena</i> sp.
» 34.40 » — 37.48 »	3.08 »	grauer toniger Sand ohne Muscheln mit dünnen harten grauen Bänken.
» 37.48 » — 37.73 »	0.25 »	ähnlicher aber festerer Sand.
» 37.73 » — 39.15 »	1.42 »	sandiger Ton.
» 39.15 » — 42.65 »	3.50 »	schwarzer Ton (nach einer anderen Angabe sind die oberen 2.35 M. Sand mit Braunkohle (Treibholz).
» 42.65 » — 43.92 »	1.27 »	grauer Sand mit Muscheln u.w. <i>Cyrena semistriata</i> , Desh., <i>Cerithium margaritaceum</i> , Br., <i>Cerithium plicatum</i> , Brug. ⁽¹⁾
» 43.92 » — 44.18 »	0.26 »	grauer Ton.

Wahrscheinlicher Anfang des UNTEROLIGOCÄNS:

Von 44.18 M. — 44.90 M.	0.72 M.	Muschelführender Sand.
» 44.90 » — 46.20 »	1.30 »	» bisweilen toniger grüner Sand.
» 46.20 » — 46.42 »	0.22 »	» grauer Ton.
» 46.42 » — 57.30 »	10.88 »	grauer Sand.
» 57.30 » — 68.15 »	10.85 »	grüner Sand. Hierunter Kreide.

6. Schacht Emma I, 1 K.M. südlich von Amstenrade, nordöstlich von Hoensbroek. Mundloch 105 M. + A.P.

Von 0.00 M. — 0.65 M.	0.65 M.	Lehm.	} Miocän. ⁽²⁾
» 0.65 » — 1.30 »	0.65 »	gelber Sand mit blauen Feuersteinen.	
» 1.30 » — 4.35 »	3.05 »	weisser, grauer oder gelblicher Sand.	
» 4.35 » — 5.60 »	1.25 »	gelber Sand mit blauen Feuersteinen.	
» 5.60 » — 13.00 »	7.40 »	gelber, grauer und weisser Sand.	
» 13.00 » — 22.00 »	9.00 »	schmutziggelber oder grünlicher, schwach glaukonitischer Sand.	} vielleicht oberes Oligocän.
Von 22.00 M. — 25.00 M.	3.00 M.	schwach glauconitischer Sand, grün etwas tonig.	
» 25.00 » — 27.40 »	2.40 »	Graugrüner glauconitischer Ton, sandig, besonders von 25.60 M. — 26.60 M.	
» 27.40 » — 36.00 »	8.60 »	Graugrüner glauconitischer Ton, mit einzelnen sandigen Bänken, bei 30 M. Holzfragmente.	
» 36.00 » — 37.80 »	1.80 »	Graugrüner glauconitischer etwas plastischer Ton, mit linsenförmigen Kalkconcretionen bis 1/2 M. im Durchmesser (Septarien).	
» 37.80 » — 47.00 »	9.20 »	Sandiger Ton mit stark sandigen Schichten von 38.60 M. — 40.10 M. und von 41.00 — 44.30 M. Bei 47 M. ein zweiter typischer Septarienhorizont und eine begleitende Fauna.	
» 47.00 » — 49.00 »	2.00 »	Sandiger Ton, kalkführend und fossilführend (<i>Leda Deshayesi</i> Duch.	
» 49.00 » — 50.50 »	1.50 »	Grober fossilreicher Quarzsand.	

⁽¹⁾ Nach freundlicher Mitteilung von Prof. E. HOLZAPFEL.

⁽²⁾ Vgl. die schon S. 4 zitierte Arbeit: Grundzüge u.s.w.

Hierin von:

(Von 49.60 M. — 49.75 M. 0.15 M.) Kiesbank mit platten blauen gerollten Feuersteinen, einige nicht gerollte Feuersteine, graue, z. T. löcherige Gangquarzgerölle, ein fossilführendes Carbonkieselschiefergeröll, u. s. w.

Aus diesem sandigen aber typischen Septarienton mit seinem basalen Kies sammelte ich die folgenden, von VAN WATERSCHOOT VAN DER GRACHT bestimmten Fossilien:

Pholadomya Puschi Goldf.
Cyprina rotundata Braun
Cardium cingulatum Goldf.
Leda Deshayesi Duch.
Pectunculus obovatus Lam.
Pecten rupeliensis von Koen.
Cyrena semistriata Desh.

Von 50.50 M. — 60.30 M. 9.80 M. Quarzsande, grau, fossilführend, stark tonig von 53.70 M. — 58.80 M., schwach glauconitisch, bei 52 M. und 55 M. mit Holzresten. Die Fauna wird charakterisiert durch *Nucula compta* Munst. (Nuculaton, Mitteloligocän) und lieferte ausserdem: *Tellina Nysti* Desh.

<i>Pholadomya Puschi</i> Goldf.	<i>Pecten rupeliensis</i> v. Koen.
<i>Cyprina rotundata</i> Br.	<i>Tritonium flandricum</i> de Kon.
<i>Lucina tenuistriata</i> Héb.	<i>Aporrhais speciosa</i> Schloth.
<i>Leda Deshayesi</i> Duch.	<i>Rostellaria ampla</i> Sol.
<i>Astarte Kickxii</i> Nyst.	<i>Fusus multisulcatus</i> Nyst.
<i>Arca Speyeri</i> Semp.	<i>Cassidaria Buchii</i> Boll.
<i>Pectunculus obovatus</i> Lam.	<i>Voluta Rathiéri</i> Héb.

UNTERES MITTELOLIGOCÄN (RUPELIEN FLUVIOMARIN):

Von 60.30 M. — 61.50 M. 1.20 M. schwarzer, sehr Muschelreicher Ton mit *Cerithien* und *Cyrenen*.
» 61.50 » — 66.00 » 4.50 » graugrüner schwach sandiger Ton, unten bläulich, wenn feucht.

Diese Schichten lieferten:

Cyrena semistriata, Desh.
Cytherea incrassata, Sow.
Cardium hippopaeum, Desh.
Crassatella minuta, Phil.
Natica Nysti, d'Orb.
Cerithium plicatum, Lam.
„ *labyrinthicum*, Lam.
„ *Lamarckii*, Desh.
Melania inflata, Duch.
„ *Nysti*, Desh.

Von 66.00 M. — 67.00 M. 1.00 M. grauer Quarzsand.
» 67.00 » — 75.00 » 8.00 » graugrüner Glaukonitsand. *Panopaea Héberti*, Bosq. bei 70 M.
» 75.00 „ — 75.20 » 0.20 » feste Bank, bestehend aus Muschelschutt und vereinzelt Holz und Kies (ein Stück Karbonsandstein). Mit *Aporrhais speciosa* Schloth. *Cyprina rotundata*, *Pectunculus obovatus*, *Pholadomya Puschi*.

UNTEROLIGOCÄN:

- Von 75.20 M. — 82.50 M. 7.30 M. grauer, glaukonitarmer Sand.
» 82.50 » — 85.00 » 2.50 » ähnlicher Sand mit dem Leitfossil *Ostrea ventilabrum* Gldf.
» 85.00 » — 94.00 » 9.00 » grauer, glaukonitarmer Sand.
Voluta suturalis, Nyst.
Arca appendiculata, Sow.
Pectunculus Philippii, Desh.
Ostrea Cochlear, Poli.
Ostrea ventilabrum, Goldf.
» 94.00 » — 99.00 » 5.00 » grauer, glaukonitarmer, sehr toniger Sand, kalkfrei, an der Basis mit vereinzelt, gerollten, 1 bis 3 cM. grossen Phosphoriten und grosse kantengerundete Feuersteinplatten.

Hierunter folgt Kreide (Siehe Abschnitt über die Kreideostgrenze bei Heerlen).

6a. Bohrloch S.M. XII, etwas östlich von Schacht Hendrik in Rumpen, 5 K.M. nördlich von Heerlen.

Unter den nämlichen Schichten mit *Nucula compta*, welche sich auch im Schachte Emma fanden (Rupélien inférieur) begegnete man:

UNTERSTES MITTELOLIGOCÄN:

Von 190 M. bis 193 M. \pm 3 M. kalkiger Ton mit *Cerithien* (vgl. 60.3 M. Schacht Emma I).

UNTEROLIGOCÄN:

Von 193 M. bis 210 M. 17 M. graugrüne, sandige, oben kalkige Tone mit *Ostreenbänken* (vgl. 82.5 — 85 M. Schacht Emma I).

Hierunter folgt Kreide.

7. Schacht (Oranje-Nassau II) Carl in Schaesberg, 2 $\frac{1}{2}$ K.M. östlich von Heerlen. Mundloch 154.50 M. + A.P.

- Von 0.00 M. — 10.80 M. 10.80 M. Löss.
» 10.80 » — 17.40 » 6.60 » Hauptterrasse (Gerölle bis 0.50 M. gross).
» 17.40 » — 53.90 » 36.50 » Grauer, etwas toniger Sand.
» 53.90 » — 87.50 » 33.60 » Sandiger, unten sehr fester Ton mit einer Sandschicht in der Mitte (Mitteloligocän).

Unter dem Septarienton durchteufte man:

- Von 87.50 M. — 95.70 M. 8.20 M. weisse, bisweilen erhärtete Sande.
» 95.70 » — 100.70 » 5.00 » toniger Sand.
» 100.70 » — 114.60 » 13.90 » Sand, bisweilen erhärtet.
» 114.60 » — 114.80 » 0.20 » *Braunkohle* (hart).
» 114.80 » — 122.50 » 7.70 » Ton.
» 122.50 » — 122.90 » 0.40 » *Braunkohle* (hart).
» 122.90 » — 125.80 » 2.90 » magerer Ton mit Holzstücken.
» 125.80 » — 127.00 » 1.20 » *Braunkohle*.
» 127.00 » — 129.90 » 2.90 » grüner Sand.
» 129.90 » — 130.10 » 0.20 » grauer grober Sandstein.
» 130.10 » — 131.40 » 1.30 » grauer toniger Sand.

Von 131.40 M. — 132.65 M.	1.25 M.	fester Ton.
» 132.65 » — 133.85 »	1.20 »	grüner Sand.
» 133.85 » — 135.00 »	1.15 »	grauer Sand (sehr fossilreich nach einer Probe stammend aus einem vertikalen Bohrloch in der Grube). Mitteilung des Hern F. PLATZ.
» 135.00 »		Carbon.

8. Schacht I der Staatsgrube Wilhelmina, 3¹/₂ K.M. südöstlich von Heerlen. Mundloch 157.14 M. + A.P.

Von 0.00 M. — 3.30 M.	3.30 M.	Löss.
» 3.30 » — 14.90 »	11.60 »	Hauptterrasse (oben sandig).
» 14.90 » — 42.60 »	27.70 »	Oben rötlicher, unten graugrüner, feiner Sand.
» 42.60 » — 62.00 »	19.40 »	Sandiger Ton mit Septarien (Mitteloligocän).

Unter dem Septarienton durchteufte man:

Von 62.00 M. — 67.90 M.	5.90 M.	graugrüner, toniger Sand.
» 67.90 » — 68.60 »	0.70 »	dunkelgrauer Sand.
» 68.60 » — 74.30 »	5.70 »	hellgrauer feiner Sand, lokal etwas Braunkohle.
» 74.30 » — 90.30 »	16.00 »	hellgrauer feiner Sand, unten etwas tonig.
» 90.30 » — 96.80 »	6.50 »	dunkelgrauer Sand mit wachsendem Tongehalt.
» 96.80 »		Carbon.

9. Schacht II der Grube Willem in Spekholzerheide, 5 K.M. südöstlich von Heerlen. Mundloch 157.60 + A.P.

Von 0.00 M. — 4.50 M.	4.50 M.	Löss.
» 4.50 » — 13.50 »	9.00 »	Hauptterrasse mit Geröllen bis 0.50 M.
» 13.50 » — 30.00 »	16.50 »	Toniger grüner Sand.
» 30.00 » — 42.30 »	12.30 »	Sandiger grüner Ton (Mitteloligocän).

Unter diesem Septarienton, der *Leda Deshayesiana* enthielt, durchteufte man:

Von 42.30 M. — 43.30 M.	1.00 M.	grauer Schwimmsand.
» 43.30 » — 53.70 »	10.40 »	gelber Schwimmsand.
» 53.70 » — 59.63 »	5.93 »	dunkelgrauer Sand.
		Carbon.

10. Bohrung No. 21 bei Hopel, an der Eisenbahn Heerlen-Herzogenrath, 4 K.M. östlich von Heerlen. Mundloch 130.80 M. + A.P.

Von 0.00 M. — 7.80 M.	7.80 M.	Löss.
» 7.80 » — 8.10 »	0.30 »	Kies.
» 8.10 » — 19.90 »	11.80 »	Weisser Sand mit blauen Feuersteinen, unten gelb Miocän.
» 19.90 » — 61.70 »	41.80 »	Grüner und grauer Sand.
» 61.70 » — 90.80 »	29.10 »	Grüner sandiger Ton.

Unter diesen Tonen, die in gleichem Niveau liegen mit dem Septarienton des Schachtes Laura in 1 K.M. Entfernung und wohl sicher auch Mitteloligocän sind, durchteufte man:

Von 90.80 M. — 92.66 M.	1.86 M.	grauer Sand.
» 92.66 » — 93.28 »	0.62 »	schwarzer Ton.
» 93.28 » — 94.28 »	1.00 »	weisser Ton mit Muscheln.

Von	94.28 M.	—	95.51 M.	1.23 M.	grauer Ton.
»	95.51 »	—	100.22 »	4.71 »	Braunkohle.
»	100.22 »	—	102.22 »	2.00 »	grauer toniger Sand.
»	102.22 »	—	105.72 »	3.50 »	weisser Sand.
»	105.72 »	—	119.42 »	13.70 »	grauer Sand.

In letzteren Sanden fand man *Cerithium plicatum* und *Cyrena semistriata*, 20 Fuss (6 M.) über dem dann folgenden Carbon. ⁽¹⁾

Unteroligocän fehlt also vielleicht.

11. Schacht I der Grube Laura bei Eyselshoven, 5 K.M. östlich von Heerlen. Mundloch 115.50 M. + A.P.

Von	0.00 M.	—	8.00 M.	8.00 M.	Löss.
»	8.00 »	—	9.50 »	1.50 »	Kies.
»	9.50 »	—	13.60 »	4.10 »	Grauer Sand.
»	13.60 »	—	42.00 »	28.40 »	Grüner Sand.
»	42.00 »	—	67.50 »	25.50 »	Grüner sandiger Ton (Mitteloligocän).

Unter diesem Septarienton mit *Leda Deshayesiana* ⁽¹⁾ durchteufte man:

Von	67.50 M.	—	79.00 M.	11.50 M.	grauer Sand, glimmerführend.
»	79.00 »	—	81.00 »	2.00 »	grauer Sand mit braunen Bändern.
»	81.00 »	—	98.40 »	17.40 »	grauer Sand.
»	98.40 »				Carbon.

In unmittelbarer Nähe lieferte dieser graue Sand im Bohrloch No. 12: ⁽²⁾

Cerithium Galeotti, Nyst.
Cyrena trigonata, Gldf. und
Natica, sp.

Unteroligocän fehlt also vielleicht.

12. Schachtbohrung bei Baal südwestlich von Erkelenz (Deutschland).

Unter dem Septarienton fand man in einer Mächtigkeit:

Von	29.5 M.				einen Schichtenkomplex, bestehend aus feineren und gröberen Sanden mit graugrünen tonigen Schichten und zwei Fossilhorizonten.
»	0.20 »				Basales Konglomerat bestehend aus groben Quarkörnern und gelbweissen Kalksteingeröllen.

VON KOENEN untersuchte die Fauna, welche 16 Formen lieferte und nach ihm auf Unteroligocän deutet. U. m. ist das Leitfossil *Ostrea ventilabrum*, Gldf. vertreten ⁽³⁾.

Hier ist also sicher Unteroligocän vorhanden.

⁽¹⁾ Nach E. HOLZAPFEL.

⁽²⁾ Nach M. LOHEST, A. HABETS et H. FORIR: Étude géologique des sondages exécutés en Campine et dans les régions avoisinantes. Annales de la Société géologique de Belgique, Tome XXX, 1903, p. 192.

⁽³⁾ Nach WUNSTORF und FLIEGEL: Die Geologie des niederrheinischen Tieflandes, Abhandlungen der Kon. Preuss. Geol. Landesanstalt N. Folge, Heft 67, S. 282.

B. DIE KREIDE.

Die Entwicklung der südlimburgischen Kreide möge im Folgenden kurz erörtert werden. Bekanntlich enthält die Kreide drei verschiedenartige Zonen: den Grünsand von Herve oder Vaals, in Bohrungen westl. Heerlen von rund 70 M. mächtig und oben tonig, die Gulpener Kreide oder „Craie de Nouvelles“ und „Craie de Spiennes“, und die Maastrichter Schichten. Bei Kunrade sind die Kalke über dem Grünsande zusammen kaum 60 M. mächtig, obwohl es nicht ganz sicher ist ob dort auch Maastrichter Schichten vertreten sind. Die letzteren treten in Holland überall am nördlichen und östlichen Kreiderande auf. Nur in der südlichen Verlängerung des letzteren, bei Aachen, gehen Grünsande und auch Aachener Sand am Rande der Massive bei Richterich und am Lousberg (1) in grösseren Profilen zu Tage. Man vergleiche das Kärtchen der Kreideverbreitung fig. 18.

Die Maastrichter Schichten sind im Geultale etwas abweichend ausgebildet wie zwischen Valkenburg und Aachen.

Das Profil im Geultal setzt sich aus tuffartigen Kalken mit eingeschalteten härteren Bänken und *Bryozoenschichten* zusammen; das Profil der Bohrung bei Vilt (S. 63), von dem ausgezeichneten Kreidekenner UBAGHS aufgestellt, gibt über die Mächtigkeiten Aufschluss; ebenso das von mir anderswo (2) erwähnte Profil bei Geulem, das ich hier kurz wiederhole:

Tuffkreide mit vereinzelt härteren Bänken	mindestens 5 M.
» schicht mit <i>Echiniden</i> -Bruchstücken	» 1/4 »
» fein und weich	» 5 »
<i>Bryozoenschicht</i> , sehr typisch	» 1/4 »
Harte Kalkschicht	» 1/4 »
Tuffkreide, ehemals als Baustein gewonnen, sehr homogen und feinkörnig	» 4 bis 5 M.
<i>Bryozoenschicht</i> , weniger typisch	» 1/5 M.
Harte Kalkschicht mit vielen Korallen (<i>Diploctenium</i> , etc.)	» 1/2 »
Tuffkreide mit schwarzgrauen Feuersteinen	» 4 » sichtbar, aber vermutlich mindestens 20 M. mächtig.

Merkwürdigerweise ändert sich diese Ausbildung, die vom mittleren Belgien an bis Valkenburg grosse Konstanz zeigt, wenn man, östlich von diesem Städtchen,

(1) In der letzten Zeit zeigte sich allerdings, dass auch die Grünsande noch nordwärts anstehen bis Kunrade, wo ich diese rund 15 M. unter der Basis der Steinbrüche noch fand mit einer *Ostreenfauna*, u. w. *Ostrea Goldfussi*, Hzl. vorkommt (nach HOLZAPFEL bei Aachen eine typische Grünsandart).

(2) Compte rendu de l'excursion de la Société géologique à Maestricht et à Geulem le 11 juin 1911. Annales de la Soc. géol. de Belgique, T. XXXVIII, Bull. p. 237.

die nördlichsten Kreide-Aufschlüsse verfolgt. Hier liegen die berühmten Kunrader Steinbrüche. (Vgl. die Photographie fig. 10 auf S. 40). Eine genaue unbestrittene Parallelisierung der dort sichtbaren Kalke mit den Maastrichter Schichten steht noch aus und es ist hier nicht die Stelle auf diesem Punkte näher einzugehen.

Erwähnt sei nur, dass die Kunrader Kalke jedenfalls eine abweichende Facies darstellen, viele Stylolithen enthalten und deshalb zum grossen Teil auch mit dem Namen *Stylolithen*-Kreide belegt werden können. Ganz oben im Profil bei Kunrade erscheinen ebenfalls *Bryozoenschichten*. Die *Stylolithen*-Kreide zeigt öfters Wechsellagerungen von 1 bis 2 d.M. dünnen harten Bänken, die bei Kunrade als Baustein noch Verwendung finden, mit dünneren weichen Lagen. Dann und wann sind Kohlenstücke im Kalk eingeschlossen, hindeutend auf eine kontinentale Carbonmasse, die während seiner Ablagerung im Westen existierte. Feuersteine sind sehr selten, fehlen aber nicht. Das Leitfossil *Belemnitella mucronata* ist überall zu finden, daneben sind die Gattungen *Nautilus* und *Baculites* stark vertreten.

Die Facies-Änderung hängt wohl mit dem hier bald einsetzenden Verschwinden der ganzen Kreide nach Osten zusammen.

Actinocamax quadratus ist nur in den Grünsanden des Untersenons (Hervien) vertreten. *B. mucronata* geht ebenfalls noch weit in die Grünsande hinunter, und ist oft bedeutend häufiger als das eigentliche Leitfossil. Im Emma-Schacht zeigte sich dieser Umstand z.B. auch.

Im Gegensatz zur petrographischen Monotonie der Kunrader Kalke (ihre Fauna ist überbekannt und braucht hier nicht beschrieben zu werden) steht die petrographische Zusammensetzung der Grünsande und Aachener Sande. Ich besitze keine Proben von den meist sehr alten Bohrungen des Kartengebiets, führe aber folgendes Bohrprofil an, das sorgfältig aufgestellt zu sein scheint:

Bohrung No. 1 bei Vrusschehueske südl. von Heerlen, 5 KM. S.S.O. von Heerlen.

Von	0.00 M.	—	7.53 M.	7.53 M.	Löss.	
»	7.53 »	—	18.20 »	10.67 »	Kies mit Sand und Eisenoxyd.	
»	18.20 »	—	18.83 »	0.63 »	Gelber plastischer Ton (Verwitterungslehm).	
»	18.83 »	—	24.48 »	5.65 »	Sandiger Kreidemergel	} Obersenon.
»	24.48 »	—	27.63 »	3.15 »	Blauer Mergel.	
»	27.63 »	—	35.48 »	7.85 »	Graugrüner Mergel mit Ton.	} Untersenoner Grünsand von Vaals und Herve.
»	35.48 »	—	38.62 »	3.14 »	Grüner Sand.	
»	38.62 »	—	40.97 »	2.35 »	Grüner Mergelsand.	
»	40.97 »	—	42.12 »	1.15 »	Grüner Sand.	
»	42.12 »	—	44.63 »	2.51 »	Graugrüner Mergel.	
»	44.63 »	—	45.26 »	0.63 »	Grüner Sand.	
»	45.26 »	—	45.57 »	0.31 »	Grüner Mergelsand.	
»	45.57 »	—	46.83 »	1.26 »	Grüner Sand mit weniger Mergel.	
»	46.83 »	—	47.30 »	0.47 »	Grüner Mergelsand.	
»	47.30 »	—	52.95 »	5.65 »	Grüner Sand.	
»	52.95 »	—	53.16 »	0.21 »	Reiner fetter grauer Ton.	
»	53.16 »	—	58.18 »	5.02 »	Grüner Sand.	

Von	58.18 M.	—	59.12 M.	0.94 M.	Grünartig grauer Sand.
»	59.12	»	—	59.43	» 0.31 » Grüner Mergelsand.
»	59.43	»	—	61.94	» 2.51 » Grüner Sand.
»	61.94	»	—	62.41	» 0.47 » Grünartig grauer Sand.
»	62.41	»	—	62.83	» 0.42 » Sehr harte kalkartige Bank.
»	62.83	»	—	65.34	» 2.51 » Grüner Sand.
»	65.34	»	—	65.86	» 0.52 » Harte graue kalkartige Bank.
»	65.86	»	—	68.37	» 2.51 » Grüner Sand.
»	68.37	»	—	70.88	» 2.51 » Grüner Sand.
»	70.88	»	—	72.76	» 1.88 » Grünartig graugelber Sand.
»	72.76	»	—	73.39	» 0.63 » Harte graue kalkartige Bank.
»	73.39	»	—	79.04	» 5.65 » Grüner Sand.
»	19.04	»	—	82.81	» 3.77 » Grünartig grauer Sand.
»	82.81	»	—	92.23	» 9.42 » Grüner Sand.
»	92.23	»	—	92.86	» 0.63 » Harte kalkartige Bank.
»	92.86	»	—	99.13	» 6.27 » Grüner Sand.
»	99.13	»	—	99.65	» 0.52 » Grüner Mergelsand.
»	99.65	»	—	105.61	» 5.96 » Grüner Sand.
»	105.61	»	—	106.08	» 0.47 » Grüner Mergelsand.
»	106.08	»	—	107.18	» 1.10 » Grüner Sand.
»	107.18	»	—	110.00	» 2.82 » Grauer Sand.
»	110.00	»	—	113.14	» 3.14 » Blauer Sand.
»	113.14	»	—	119.42	» 6.28 » Grauer Sand.
»	119.42	»	—	122.56	» 3.14 » Weisser Sand.
»	122.56	»	—	135.12	» 12.56 » Grauer Sand.
»	135.12	»	—	141.40	» 6.28 » Blauer Sand.
»	141.40	»	—	147.05	» 5.65 » Grauer Sand.
»	147.05	»	—	150.19	» 3.14 » Gelber Sand.
»	150.19	»	—	153.01	» 2.82 » Grauer Sand.
»	153.01	»	—	155.42	» 2.41 » Schwarzer Ton.
»	155.42	»	—	159.50	» 4.08 » Grauer Ton.
»	159.50	»	—	161.91	» 2.41 » Schwarzer sandiger Ton.
»	161.91	»	—	164.32	» 2.41 » Schwarzer sandiger Ton mit Steinkohle gemischt.
»	164.32	»	—	165.89	» 1.57 » Weisser Ton.
»	165.89	»	—	167.46	» 1.57 » Blauer Ton mit Sand.
»	167.46	»	—	180.01	» 12.55 » Blauer Ton mit Quarz.
»	180.01	»	—	185.34	» 5.33 » Blauer Ton mit festen Bänken.
»	185.34	»	—	200.00	» 14.66 » Steinkohlenformation?

Untersenerer Grün-
sand von Vaals und
Herve.

Aachener Sand (Unter-
senon).

III. SPEZIELLER TEKTONISCHER TEIL.

DER ÖSTLICHE UND NÖRDLICHE KREIDE-RAND VON AACHEN ÜBER BENZENRADE, KUNRADE, CROUBEK, SCHIN-OP-GEULLE UND VALKENBURG BIS MAASTRICHT UND DIE OSTGRENZE IN DER UMGEGEND VON HEERLEN.

A. DER ÖSTLICHE KREIDERAND (ÜBER TAGE) VON AACHEN BIS KUNRADE BEI HEERLEN.

1. DIE VERWERFUNG VON BENZENRADE.

Diese Störung begrenzt im Osten das zu Tage gehende Kreidemassiv. Sie wurde im Norden durch die Erosion aufgeschlossen; südl. von Benzenrade nicht mehr, wegen der Hauptterrassendecke. In den Bohrresultaten tritt hier aber eine grosse Anomalie auf. Profile, gelegt durch die Bohrungen No. 13 bei Valkenhuizen südlich von Heerlen und No. 1 bei Vrusschehueske südlich von Valkenhuizen wiesen auf die Störung hin. Die Oberkante der Kreide kommt bei der letzten plötzlich 78 M. höher zu liegen, während sich die Unterkante gerade ± 60 M. tiefer findet und die Mächtigkeit der Kreide beiderseits der Störung also ausserordentlich verschieden ist.

	No. 1 (S. W.) + 176.3 M.	No. 13 (N.O.) + 167.6 M.
Deckschichten der Kreide	Hauptterrasse und Löss: zusammen 18.20 M.	Idem: zusammen 27.70 M. und Oligocän: 59.60 »
Oberkante der Kreide	158.10 M. + A. P.	80.30 M. + A. P.
Mächtigkeit der Kreide	167.14 »	10.— »
Carbonoberkante bez. A. P.	9.04 » — A. P.	70.84 » + A. P.

Es ist klar, dass diese Anomalie in einem übrigens flachen Gelände nur durch Störungen zu erklären ist.

An der Oberfläche — von Löss- und Kiesbedeckung abgesehen — macht die Störung sich als lateraler Zusammenstoss zwischen Kreide (besonders in Form

von untersenonen Grünsanden mit verkieselten Fossilien) und Tertiär (oligozäne Grünsande und Tone mit sehr wenigen, aber kalkigen Fossilien) bemerkbar. Von den intrasenonen oscillierenden Bewegungen, welche sich aus diesen Profilen folgern lassen,

Fig. 4



Fig. 4. Detailkarte von der Umgegend von Benzenrade mit ihren Verwerfungen.

wird die Rede sein bei Besprechung der Gegend von Heerlen, wo sie sich weit klarer zeigen.

Weiter nördlich, nach Heerlen hin, bei den Steinkohlenbohrungen, mit den offiziellen Nummern 42 bei Daelhof und 19 bei Benzenrade (siehe die geolo-

Fig. 5.



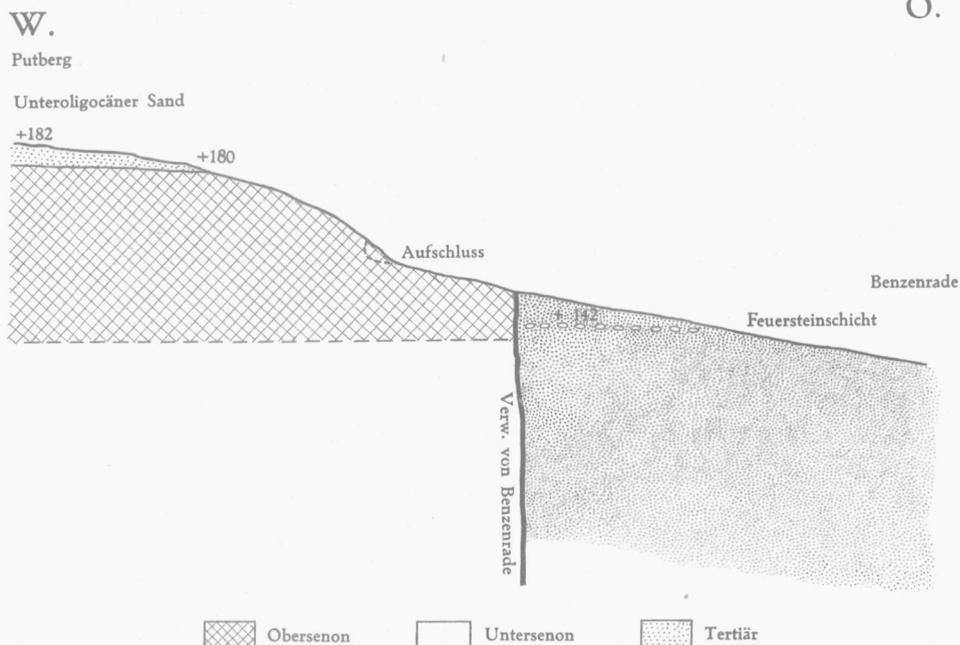
BUCHEN AUF KREIDEKALK UND KIEFER AUF TERTIÄRSAND IM WALD VON BENZENRADE,
ÖSTL. UND WESTL. DER VERWERFUNG VON BENZENRADE.

Der Punkt liegt in rund + 140 M. Seehöhe, unter den Kiefern folgt bei + 50 M. wahrscheinlich das Senon
und bei + 40 M. das Carbon. Die Buchenscholle zeigt erst 40 M. höher Tertiär (bei + 180 M.)

gische Karte) fängt der 60 M. tiefe Einschnitt des Welterbaches an (Geleensbeek). Hier sind demzufolge in den Abhängen Tertiär und Kreide beide entblösst worden und es zeigte sich, dass der Kontakt zwischen beiden Formationen durch den Wald von Benzenrade, im südlichen Teile, etwas nördlich vom Schlosse Imsterahof durchstreicht. Dort findet sich ein Komplex von alten Gruben, welche sich als Kreide-Steinbrüche erwiesen und knapp daneben zeigt ein Kiefernwald die tertiären Sande an. In den alten Brüchen und daneben wachsen Buchen und eine ausgesprochene Kalk-Flora (Vgl. fig. 4 und 5).

Ein schöneres Profil, das dieselbe Störung kreuzt, findet sich etwas weiter. Es zeigt sich in dem Landwege, der von der Nordseite der Obstwiesen von Keversborg in der Richtung Benzenrade hinunterführt (fig. 6).

Fig. 6



Auf dem Putberg-Plateau ruht gelber Tertiärsand (Basis + 178 M.), 1 bis 3 M. mächtig. Wo der Weg abwärts geht, schneidet er sich bald in Kreidekalken ein, die hier von einem eigentümlichen zähen Verwitterungslehm („Kleefgrond“), von Löss völlig verschieden, überdeckt werden. Etwas nördlich ist der Kalkstein (mit einer Korallen führenden Bank) in Aufschlüssen zu sehen, bei einem Kalkofen, wo sich gelbe Sande (in tieferem Niveau als ihr ursprüngliches) noch in Auflösungs-trichtern zeigen. Weiter unten leitet der genannte Weg zu den Äckern des Abhanges. Am Oberrand dieser Äcker liegt noch ein kleiner Kreide-Aufschluss; fünfzig Meter weiter ist südlich des Weges eine Schicht blauer Feuersteine im Niveau + 142 sichtbar, in gelben und weissen glaukonitarmen Sanden eingeschaltet. Mit einer Schaufel lässt sich die Verwerfung noch genauer feststellen und zeigen sich eigentümliche dunkelgrüne tonige Sande in der Übergangszone. Die Feuersteinschicht ist wahrscheinlich das Aequivalent einer ähnlichen Schicht, die auf dem Nadelholz tragenden Hügel südlich von Vrus-schemig (südlich von Heerlen) in 163 M. Seehöhe sichtbar ist. Sie sind in 1909 von mir als süd-

lichster Erosionsrest des Miocäns gedeutet worden und als solches (bm) auf der Aachener Exkursionskarte (1) eingetragen.

In der Nähe zeigt die Bohrung Benzenrade No. 19 erst in rund 75 M. Teufe bei + 50 M. Senonkalk und bei + 40 M. Carbon an; wenn die Kalke die oberen Horizonte der anderen Scholle repräsentieren, ist der postsenone Verwurf also 178 M. — 50 M. = 128 M.

Die Störung setzt sich auf deutschem Gebiete augenscheinlich fort. Die erwähnten Bohrungen bei Locht (no. 13) und Vrusschehueske (no. 1), nordöstlich von Simpelveld, die zum letzten Male die Existenz der hohen Kreidescholle auf holländischem Gebiete zeigen, sind nur 1/2 K.M. oder weniger von der deutschen Grenze nordwestlich von Aachen entfernt. Es scheint selbstredend, dass diese bedeutende Verwerfung nicht plötzlich an der Grenze aufhört. Wie schon erwähnt lag die westliche Kreideoberkante in Bohr. no. 1 78 M. höher und die Basis 80 M. tiefer als im östlichen Gebiete der Bohrung 13 Valkenhuizen. Auf der Scholle der Bohrung 13 liegt auch der Schacht Willem bei Spekholzerheide, aus welchem ich durch freundliche Vermittlung des Herrn J. GADIOT noch eine Septarientonprobe mit Schalen von *Leda Deshayesiana* zu Gesicht bekam, sodass hier das auf der Scholle von Vrusschehueske fehlende Oligocän vertreten ist.

HOLZAPFEL kannte schon lange einen Kiesabhang, der als ziemlich auffälliger Rand in nordwest-südöstlicher Richtung die Lössfläche durchquert, welche sich zwischen Simpelveld und Horbach findet und diese Fläche mit unterlagerndem Hauptterrassenkies in zwei Schollen ungleicher Höhe teilt (2). Nach der Karte (Messtischblatt No. 2966 Herzogenrath) ist die Höhe des westlichen Gebiets, das bis zur Eyserbeek reicht, 175 bis 185 M.; im Osten ist die Höhe 160 bis 165 M., allerdings bald durch einen Taleinschnitt gestört. HOLZAPFEL scheint aber doch an der Existenz dieser Störung gezweifelt zu haben; er hat sie wenigstens nicht eingetragen auf der später zitierten Exkursionskarte für die Umgegend von Aachen (1909) und ebensowenig auf den seitdem veröffentlichten geologischen Blättern Herzogenrath und Aachen (3).

Ich selbst zweifle nicht am Dasein dieser Horbacher Störung, die als Verlängerung der Verwerfung von Benzenrade nicht eines neuen Namens bedarf. Ich nehme an, dass sie sich entlang der nordöstlichen Seite des Lousberger Kreidemassivs bis in der Nähe von Aachen fortsetzt.

Für eine Verwerfung sprechen hier:

1^o. Zwei Quellen westlich von Horbach, eine östlich vom Broicherhöfchen (1/6 L/sec) und die andere 1/2 K.M. südöstlich von hier (am Dürrenbaum). Es zeigte sich in Süd-Limburg mehr und mehr, dass Quellen auch in diesem wenig gebirgigen Gebiete ein bedeutendes Hilfsmittel liefern beim Aufsuchen von Störungen. In gebirgigen Gegenden sind sie eine gewöhnliche Begleiterscheinung von Störungen.

(1) Geologische Exkursionskarte für die Umgegend von Aachen; nach den Aufnahmen von E. HOLZAPFEL, für das niederländisch-belgische Gebiet nach W. C. KLEIN, G. D. UHLENBROEK und H. VOGEL, bearbeitet von W. WUNSTORF. Herausgegeben von der Königl. Preussischen Geologischen Landesanstalt, Berlin, 1911.

(2) E. HOLZAPFEL: Beobachtungen im Diluvium der Gegend von Aachen; Jahrbuch der geologischen Landesanstalt, Berlin, 1903, Bd. 24, S. 483. Er gab sie als Horbacher Störung an.

(3) Lieferung 141 der geologischen Karte von Preussen etc., 1 : 25,000.

Das Wasser der obengenannten Quellen fliesst nach Horbach und wenn sie eventuell, was ich möglich erachte, durch eine untersenone Tonschicht bedingt werden, so wäre doch eine Verwerfung die Ursache ihres Ausstreichens an dieser Stelle. Die Oligocänscholle der Grube Willem könnte in diesem Niveau nur oberoligocäne Sande zeigen, welche keine Quellenhorizonte liefern können. ⁽¹⁾

2°. Die Linie durch die beiden Quellen kreuzt weiter südlich den Turm von Richterich und die Kreuzung der Wege nach Horbach=Heerlen, Herzogenrath und Aachen. Hier liegen Daten vor, in der Form von Steinkohlen-Bohrungen und von Grubenbauen (Karl-Friedrich-Schächte westlich von Richterich).

Die Karl-Friedrich-Schächte lieferten zuverlässigere Angaben als die Bohrungen und fanden (nach HOLZAPFEL) ausschliesslich Senon in der Form von Aachener Sanden; ein wenig südlich von den Schächten stehen diese an und werden auch von der Eisenbahn Aachen-Maastricht bei Richterich angeschnitten. Östlich von der verlängerten Störungslinie, etwas östlich von der Chaussee Richterich-Aachen hört das Untersenon auf. Südlich von Hasenwalde in der Nordwand des Wildbachtals (Nebental der Wurm) ist nur Carbon mit darüber lagerndem Plateaudiluvium bekannt. Letzteres war wahrscheinlich in einer Bohrung bei Hasenwalde 20 M. mächtig. Der untersenone Sand der Richtericher Schächte ist weit mächtiger (55 M.). Wir erhalten nun folgendes Bild:

Westen Karl-Friedrich-Schächte	Osten Hasenwalde
Terrainhöhe + 180	+ 199
Diluvium 15 M. mächtig	21 M. mächtig (vermutlich)
Untersenon 55 »	fehlt höchstwahrscheinlich
Carbonoberkante + 110 »	+ 178 M.

Untenstehender Querschnitt erläutert dies.

Bei einer Distanz von kaum 2 K.M. sind diese Unterschiede zu gross und können nur von einer Verwerfung herrühren. Auch zeigen die Grubenaufschlüsse, dass in einem Bereiche von 700 M. östlich von den Schächten noch keine nennenswerte Störung auftritt und also die Verhältnisse der linken Hälfte obiger Tabelle viel näher an Hasenwalde heranrücken.

Merkwürdigerweise findet sich auch hier, gerade auf der mutmasslichen Störungslinie, wieder eine Quelle beim Schlosse Schönau.

Schliesslich findet sich südlich des Gehöftes Sieb noch eine Quelle, deren Wasser (1/3 L/sec) emporquillt im Hange eines etwas östlich davon liegenden Tälchens und nicht im Tälchen selbst, wie man es bei einer Schichtquelle erwarten würde. Ich führe sie abermals auf die Benzenrader-

⁽¹⁾ Es wurde mir seitdem klar, dass die Horbacher Quellen nicht direct auf der Verwerfung liegen. Die nach W. rückwärtsschreitende Erosion der nach O. führenden Tälchen reichte von den oberoligocänen Sanden der Scholle von Grube Willem bis in das Untersenongebiet des Westens hinein. Demzufolge bildeten sich hier die Horbacher Quellen an der Basis der Hauptterasse, wo diese auf dem tonigen Untersenon aufrucht in + 175 M. Im gleichen Niveau liegt auch schon die Kalkbasis, die etwas weiter nördlich, unter dem Hügel von 197 M. Höhe, ein Quellenniveau bildet, das ich 300 M. westl. von Vruesschueske in + 170 M. beobachten konnte. Die östliche Scholle zeigt in den erwähnten Tälchen in + 146 M. bis + 150 M. auch einen Quellenhorizont, den man östl. von Gracht und bei Mittel Frohrath, wie auch westl. Heiden und 1/2 K. M. nordöst. von der Horbacher Kirche sehr schön sehen kann. In dieser Gegend ist die Hydrologie wichtig für tektonische Studien!

Richtericher Störung zurück. In einer kleinen Schlucht, 100 M. östlich dieser Quelle, liegen zahlreiche wenig gerollte Fragmente von Carbonesteinen und auch HOLZAPFELS Karte gibt das Carbon westlich bis zu diesem Punkte an. Die topographische Karte erwähnt diese nicht unbedeutende Quelle gar nicht.

Weiter südwärts gelangen wir im Sörsertale, ein tiefes Becken am nördlichen Abhänge des Lousberges. Hier findet sich eine mächtige Lehmdecke, die weitere Beobachtungen verhindert.

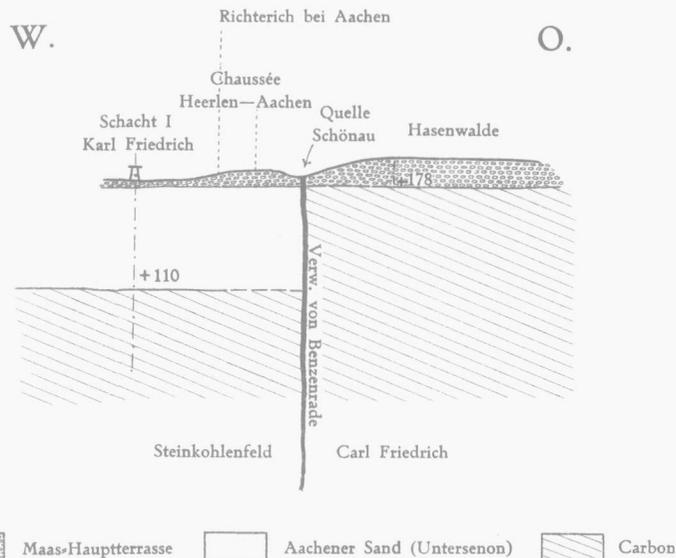
Die Quellen von Sieb und Schönau werden m. E. erzeugt vom Stau, den der vom hochliegenden Westen kommende Grundwasserstrom in den Aachener Sanden erfährt durch das plötzlich emporragende weniger durchlässige Carbon der östlichen Scholle und dürften echte Verwerfungsquellen sein.

3°. Die ausgedehnten Aufschlüsse der Grube Karl-Friedrich zeigen, dass von der Weg-

Fig. 7

PROFIL SCHACHT CARL FRIEDRICH—HASENWALDE.

Höhen: 1 : 5000
Längen: 1 : 50000



gabelung bei Richterich bis weit an der Vetschauer Mühle vorüber keine einzige, sei es auch unbedeutende Querwerfung vorkommt. Die Strecken in den Flözen I und II durchqueren niemals das Nebengestein innerhalb einer Länge von 2300 M.

Ebenso wenig zeigen die südwestlichsten Aufschlüsse der Kohlscheider Gruben (Laurweg), die bis unter der Strasse Horbach-Richterich reichen, dort nennenswerte Querstörungen. In Aachener Bergbau-Kreisen sprach man jedoch schon lange von einer Richtericher Störung. Die Benzenrader Linie, angedeutet durch die Quellen von Horbach, Schönau und Sieb, streicht zufälligerweise durch die schmale unbekannt Zone hindurch, welche zwischen den Aufschlüssen von Karl-Friedrich und Laurweg noch immer übrig blieb. Gerade hier liegt auch der seitliche Übergang von Untersenon in Carbon.

4°. Die obenerwähnte Grenze lässt sich vielleicht noch bis Aachen verfolgen. Die nordwest-südöstliche Reihe von Senonhügel: Lousberg, Salvatorberg und Wingertsberg schliesst

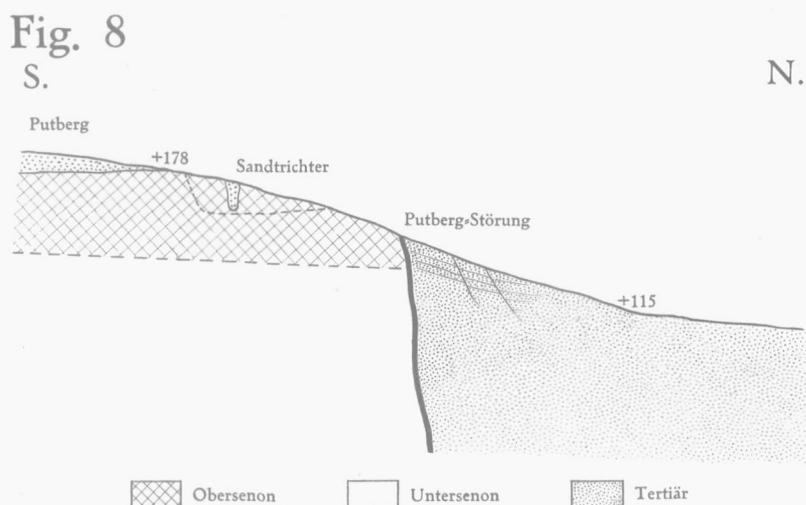
das Aachener Kreidegebiet im Nordosten ab. In der Soerser Ebene, nördlich dieser Hügel, liegt unter dem Alluvium Carbon, nach dem geologischen Blatt Aachen unter mehr bei Soersre Hochkirchen.

5°. Weiter im Südosten liegt nur Carbon; das Senon fiel der Erosion zum Opfer. Auf der Verlängerung der Benzenrader-Richtericher Linie findet man aber noch kleine Verwerfungen bei Forst (nach HOLZAPFEL). Der geringe Verwurf dürfte das nahe Ende der Spalte anzeigen.

Auf Grund der obigen Erläuterungen kann bei mir kein Zweifel mehr bestehen an der Fortsetzung der Benzenrader Störung von Kunrade bis Aachen, sei es auch mit seitlichen Verspringungen oder Verschiebungen, und an ihrer Identität mit der sogen. Richtericher Störung.

Die Benzenrader Störung hat also eine Länge von fast 15 Kilometer und wenn wir in Betracht ziehen, dass sie sich auch noch nördlich von Kunrade weiter ausdehnt, ersieht man, dass dieser Bruch dem Feldbiss fast gleichsteht in Länge und in Klarheit seiner Merkmale. Letzterer verdankt seine grössere Bekanntheit nur dem Bergbau, welcher jetzt noch immer bei Kohlscheid an dieser Störung halt macht. Die Verwerfung von Benzenrade ist noch nicht vom Bergbau berührt worden. In den Konzessionen Oranje-Nassau bei Heerlen, Willem bei Spekholzerheide und Melanie (Laurweg) unter dem Dorfe Horbach wird dies aber früher oder später geschehen müssen. Für das niederländische Gebiet habe ich im Folgenden der Befürchtung Ausdruck gegeben, dass sie dem Kohlenbergbau nach Westen vielleicht für immer eine Grenze setzen wird (trotz einiger wenig aussichtsvollen Möglichkeiten). In Deutschland findet sich nur die Grube Karl-Friedrich westlich dieser Störung.

2. DIE PUTBERG-VERWERFUNG.



Die Putbergstörung ist eine Querstörung des zweiten Systems, welche die Verwerfung von Benzenrade ablenkt. Nach der beigegebenen geologischen Karte verläuft sie am Nordrand des Putberges und bildet hier die Nordgrenze des

Kreide-Plateau's gegen das nördliche Tertiärgebiet. Dass diese Grenze, wie auf fig. 6 angegeben, von einer Verwerfung gebildet wird, möge aus den folgenden Bemerkungen ersichtlich sein.

Wenn man den Hohlweg südlich des Kreuzbildes beim Punkte 115 der Karte einschlägt, ist man fortwährend in Tertiär. Oben wird dieses rechts und links des Weges gut sichtbar und zeigt eine schöne Schleppung der abgesunkenen Schichten nach aufwärts unter einen Winkel von fast 30°. Kleinere nördlich fallende Sprünge begleiten hier die Hauptstörung. Die Sande zeigen zahlreiche braune Steinkerne von Muschelschalen, unter welchen ich einen *Pectunculus* identifizieren konnte. Dies deutet hin auf Oligocän.

Beim Kreuzbilde (+ 115) liess ich eine Bohrung niederbringen zum Zwecke der näheren Horizontbestimmung dieses Oligocäns und zur Feststellung des Verwerfungsbetrages. Sie wurde bei 35 M. eingestellt ohne die Kreide erreicht zu haben und lieferte leider keine Fossilien.

Westwärts lässt sich die Putberg-Störung in leicht gebogenem Verlaufe bis etwas südöstlich von Daelhof verfolgen. Dort endet auch derjenige Teil der Verwerfung von Benzenrade, der von Kunrade kommt. Die Erosion in den tertiären Sanden hat hier die Kreide besonders schön herauspräpariert.

In meiner ersten Veröffentlichung über dieses Gebiet ⁽¹⁾ habe ich diese Störung durch einen Knick direkt mit der besprochenen Verwerfung desselben Streichens verbunden, die sich unmittelbar westlich von Benzenrade findet. Durch genauere Kartierung zeigte sich, dass dieser Knick so scharf und rechtwinklig ist, dass man diesen besser als selbständige Störung auffassen kann. Weil die Verwerfung Kunrade—Daelhof sich entschieden nicht fortsetzt im Kreidemassiv von Keversborg und Huls (die dortige Tertiärdecke hat eine ungestörte Unterkante) so ist die Putbergstörung die Ursache einer Ablenkung der grösseren nordwest-südöstlichen Störung, vielleicht wohl durch direkte seitliche Verschiebung in horizontaler Richtung. Dann würde die mehr oder weniger ostwestlich streichende Störung jüngerer Entstehung sein, wie es für die ostwestlichen Sprünge überhaupt im Niederrheingebiete von W. WUNSTORF beobachtet worden ist. Nach Beobachtungen in Overijssel dürfte die Entstehung dieser lateralen ostwestlichen Verwerfungen ins Oberoligocän fallen, eine Periode, in der auch an den nordwest-südöstlichen Brüchen starke Absenkungen stattfanden. (Freundliche Mitteilung von W. A. J. M. VAN WATERSCHOOT VAN DER GRACHT). Die kleine Ablenkung ist also keinesfalls genügend um einen Namenunterschied zwischen beiden nordwest-südöstlichen Verwerfungen zu begründen; dieselbe Meinung habe ich für die weiteren Ablenkungen, deren ich eine annehmen muss östl. Imsterahof, weil beim Punkte 197 etwas weiter südlich noch Kreidekalk erbohrt worden ist. (vgl. die Karte).

Die Verwerfung Daelhof—Kunrade streicht also unmittelbar westlich der Bohrung Daelhof durch und nimmt 100 M. weiter südlich ein Ende. Dreiviertel K.M. nördlich Daelhof liess sie sich oberflächlich festlegen und abermals im Hohlwege beim Punkte 116 westlich Welten,

⁽¹⁾ W. C. KLEIN: Grundzüge der Geologie des Süd-Limburgischen Kohlengebietes. Berichte des Niederrheinischen geologischen Vereins, 1909, S. 69. Auch in: Verh. des Naturh. Vereins, 1909.

100 M. westlich von diesem Punkte; 100 M. nach Süden steht Tertiär an (siehe das t der Karte) unter dem Löss in einem anderen Hohlwege.

Merkwürdig ist die bedeutende Ablagerung von Gehängeschutt (Kreidebrocken) über die abgesunkenen Tertiärschollen, welche mittelst Störungen gegen die Kreide-Massive anlehnen. Sie können sehr kompakt und bis 1 M. mächtig werden und machen dann in Bohrungen den Eindruck als wäre anstehende Kreide erreicht. Wenig abgerollte Kreidebruchstücke fand ich sogar noch im Kiese des Geleenbaches bei D o o m, südlich von W e l t e n. Es ist der Anfang einer Grouine-Bildung, wie man sie an den Abhängen der Dogger- und Malmkalke im oberen Maasgebiete so oft beobachten kann, dort aber in Mächtigkeiten bis zu 10 Metern und mehr. Die Verwitterung und Auflösung der Senonkalke führt im Allgemeinen mehr zur eluvialen Lehm- als zur Bildung von mächtigen Gehängeschuttmassen.

(¹) Die Skizze der Störungen, die ich dem oben zitierten Artikel beigab, muss aber in einem Punkte abgeändert werden; es handelt sich hier um die Bohrung No. 42 bei D a e l, in der Wiese östlich des Gehöftes. Man fand da

5.2 M. Gehängelehm und Schutt

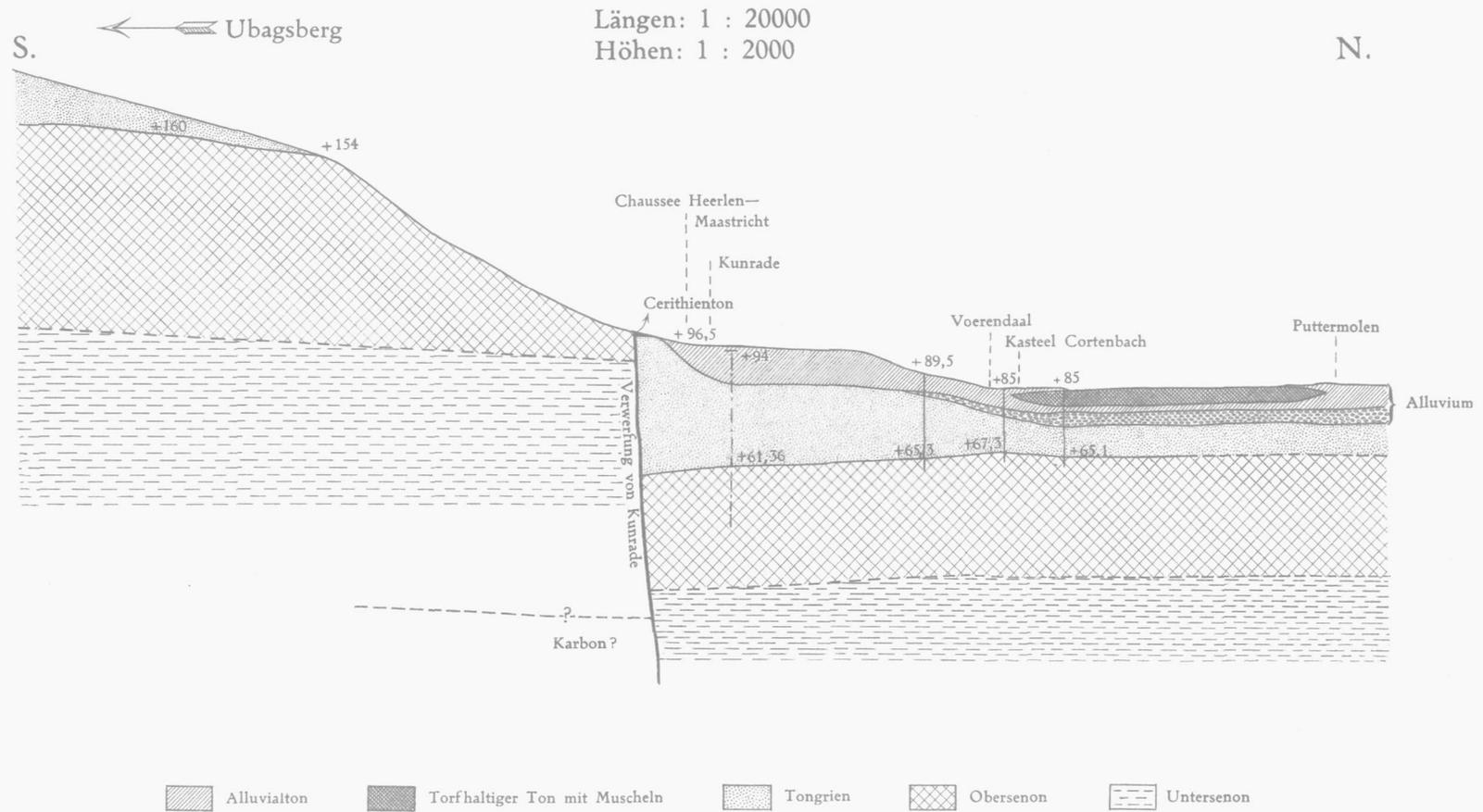
11.4 „ gelber Sand (der sich als Tertiär erwiesen hat, seitdem ich ihn in der Nähe anstehend traf).

Diese Bohrung liegt deshalb östlich der Verwerfung D a e l h o f - K u n r a d e (und nördlich von der Putbergstörung).

Eine Folge davon ist, dass wir jetzt annehmen müssen, dass in dieser Gegend keine einzige Bohrung auf dem stehengebliebenen Ubagsbergplateau selber steht und die Carbonteufe in diesem Gebiete also ganz unbekannt zu erachten ist.

Fig. 9

S.-N.-PROFIL UBAGSBERG — KUNRADE — CORTENBACH — PUTTERMOLEN



B. DER NÖRDLICHE KREIDERAND VON KUNRADE BIS CROUBEEK.

(DIE VERWERFUNG VON KUNRADE.)

Sehr instruktiv für denjenigen, der den Bau dieses Gebietes studieren will, ist der 20 bis 30 M. hohe Rand, der sich von Kunrade nach Croubeek in ostwestlicher Richtung hinzieht, südl. von und parallel an der Chaussee Heerle n-Valkenburg. Verschiedene Steinbrüche zeigen, dass hinter diesem Rande ein Kreideplateau liegt (Kunraderkalk). Am besten ist die Zusammensetzung dieses Kreideplateaus sichtbar im Kunrader Steinbruch, wo ein 22 M. hohes Profil in diesem Kalk aufgeschlossen ist. Sehe fig. 10, S 40.

Die Ebene, welche sich nördlich an diesem Rande anlehnt und welche von dem Hause Lindelauf bis nach Croubeek hin auffallend flach ist, macht den Eindruck eines Alluvialgebietes.

Das Vorkommen tertiärer Sande in der nördl. Hälfte des nebenstehenden Profils Ubagsberg-Puttermolen, das diesen Steilrand senkrecht durchquert (fig. 9), beweist die Anwesenheit einer Verwerfung. Ebenso wie diese unter Voerendaal zwischen 86 M. + A. P. und 61 M. + A. P. vorkommen, bedecken sie die im S. stehengebliebene Kreidescholle, aber fangen dort erst oberhalb 154 M. + A. P. an.

Man vergleiche die Karte für die Lage der Profillinie.

Die tertiären Sande bedecken als Erosionsrest in dünner Schicht das ganze Ubagsberger Massiv und reichen noch 3—4 K.M. nach S. bis unter Huls und Eysersheide. Für dieses Tertiär der Ubagsbergscholle steht es noch nicht absolut fest, dass es zum Unteroligocän (Tongrien) gehört. Die grösste Mächtigkeit, in welcher es erhalten blieb, findet sich unter dem Gipfel des Ubagsberges (+218), bei der Mühle, und erreicht kaum 20 M. Das genügt also nicht zum Antreffen der charakteristischen, auch jetzt immer noch fossilführenden mitteloligocänen *Cerithientone*, welche immer 35—40 M. über der Oligocänbasis liegen. Dasselbe gilt nicht mehr für das Oligocän der gesunkenen Scholle, wo ich *Cerithion* bei Kunrade fand bei +101 M. (siehe das Profil). Nördlich der Strasse Kunrade—Straat (Pontjesstraat), ± 75 M. östlich des Kreuzpunktes mit dem Wege Ubagsberg—Voerendaal (Profil) gab es vor kurzem einen Aufschluss in diesem Ton, der lokal noch am Abhang gegen die Verwerfung im höchsten Punkte dieses Weges erhalten geblieben war und beim Bau eines Hauses angegraben wurde. Wie schon vorher erläutert, bedeckt diese Schicht die Meeressande des Tongrien mit *Ostrea ventilabrum* Goldfuss und dieser Abteilung gehören also die Sande unter den Seeablagerungen bei Voerendaal an. Ähnliche Sande finden sich auch noch hinter einem Hause beim obererwähnten Kreuzpunkt (s.w. davon).

Diese typische *Cerithienzone* steht hier in 100 M. + A. P. an und liegt sowohl bei Valkenburg und Meerssen, wie in den Emmaschächten bei Amstenrade rund 40 M. oberhalb der Kreide. Letztere ist hier also bei +60 M. zu erwarten, wie ich es auf der Karte angegeben habe. Dies stimmt genau mit der nicht weit von hier im Bohrloch No. 26 westlich Lindelauf ermittelten Kreideoberkante von 61 M. + A. P.

Südlich dieses jetzt leider unzugänglichen fossilführenden Punktes steht im Bergschen Weg die Kreide schon nach ein paar Hundert Schritten an und steigt noch bis + 154 M.; aus diesem Fossilfund bei Kunrade lässt sich also ein Verwerfungs-Betrag von 85 M. bis 90 M. herleiten. Nach den Aufschlüssen in der Bohrung No. 21 bei Lindelauf (Kreide bei + 61 M.) beträgt der Verwurf der Kreideoberkante 154 M. — 61 M. = 93 M. Wenn wir dem nicht unbedeutenden Einfallen der Tertiärbasis nach Norden (1 : 60 bis 1 : 90) Rechnung tragen, wie sie aus den Basiszahlen der Übersichtskarte und auch aus dem Profile für die südliche Scholle erhellt, bemerken wir das diese Zahl voraussichtlich noch etwas zu gross ist und event. nicht weit von 85 M. liegen wird. Festgestellt ist jedenfalls wohl, dass es sich hier um eine grosse Verwerfung handelt, welche mit dem ostwestlichen Kreidesteilrand zusammenfällt, den man besonders gut sehen kann südl. von der Chausseestrecke Kunrade-Croubeek.

Es gibt noch einige Beobachtungen welche dies bestätigen.

Zuerst eine bei den Quellen des Baches „Beek de Sprong“ in Croubeek (beim Gehöft Terfeurt). Dieser bildet sich plötzlich an einem Punkte, Zevensprong genannt (d.h. die sieben Quellen). Er quillt dort hervor aus der Senonkreide. Unmittelbar neben der Quelle findet sich ein Aufschluss in Tertiärsand fig. 11. Dort sieht man 3 M. mächtige gelbe bis weisse Sande, undeutlich geschichtet, mit einem geringen Einfallen nach Nordosten und durchzogen von vielen kleinen Klüften, z.T. braun gefärbt. Auf dem Sande ruht eine lehmige Schicht, mit Kalksteinbrocken, eingebettet in geschichtetem Kreideschlamm, als Unterlage. Nach der Verwerfung hin färbt sich der Sand ganz braun über eine vertikale Zone von 1 M. Breite und endet dann plötzlich gegen eine senkrechte Kreidewand, eine Verwerfung.

Zur Orientierung auf der hier genommenen Photographie fig. 11 sei erwähnt, dass der Hammerstiel auf Tertiär, der Kopf auf Kreide ruht. Letztere ist dunkel im Bilde, weil sie von einer Kruste eines braunen Klufflettens bedeckt wird, die von Pflanzenwurzeln allenthalben durchzogen ist. Dieser Punkt liegt 95 M. über dem Meere, die Quelle 93 M. (nach Bestimmung des Herrn Wasserwerkdirektors PEL in Heerlen). Anfänglich dachte ich, dass diese Sande in die untere Tupélien-Zone der *Cerithien* gehörten und hier der Hauptbruch vorläge, mit welchem dann die noch etwas tiefer im Kreidestein ausfliessenden Quellen in Zusammenhang ständen. Eine Bohrung in der Sandgrube zeigte aber, dass hier bei 9 M. schon Kreide folgte. In Folge eines Auftrages der Gemeinde Heerlen zur näheren Untersuchung dieser Stelle zwecks Anlage einer Wassergewinnung konnte ich hier noch einige Bohrungen ausführen.

Mit Hilfe dieser stellte ich nördlich dieser ersten Verwerfung, an welcher die Kreide bis + 87 M. absank, noch eine kleinere fest, wo ein Verwurf bis + 82 M. erfolgte, und endlich rund 50 M. weiter nördlich die Hauptspalte, wo der Bohrer bei + 81.50 M. *Cerithienton* unter dem Quellensbachalluvium erreichte und also vermutlich erst bei rund + 41.50 M. die Kreide folgen würde. Die Breite der ganzen Bruchzone misst rund 100 M.

Das Ergebnis ist zeichnerisch dargestellt im Querschnitt durch die Kunrader Verwerfung bei den Quellen von Croubeek fig. 12. Man vergleiche auch das Profil Schin-Op-Geul-Croubeek.

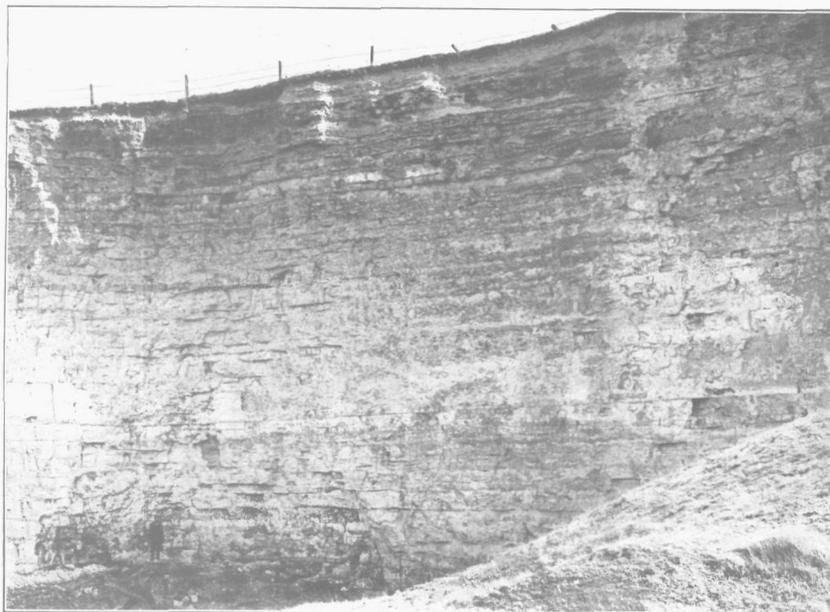
Die hier bei Croubeek aufgefundene Verwerfung ist also auch sehr bedeutend (der Tertiärsand der südl. Scholle liegt in 154 M. Seehöhe) und wo sie gerade mit dem hier aufgehörenden Steilrand Kunrade-Croubeek zusammenfällt, ist sie sicher identisch

Fig. 10.

KUNRADER STEINBRUCH, 150 M. SÜDL. DER VERWERFUNG VON KUNRADE.

Typus der nördlichsten Senonvorkommen des Gebietes.

Bryzoenschicht. ➤



← Bryzoenschicht.

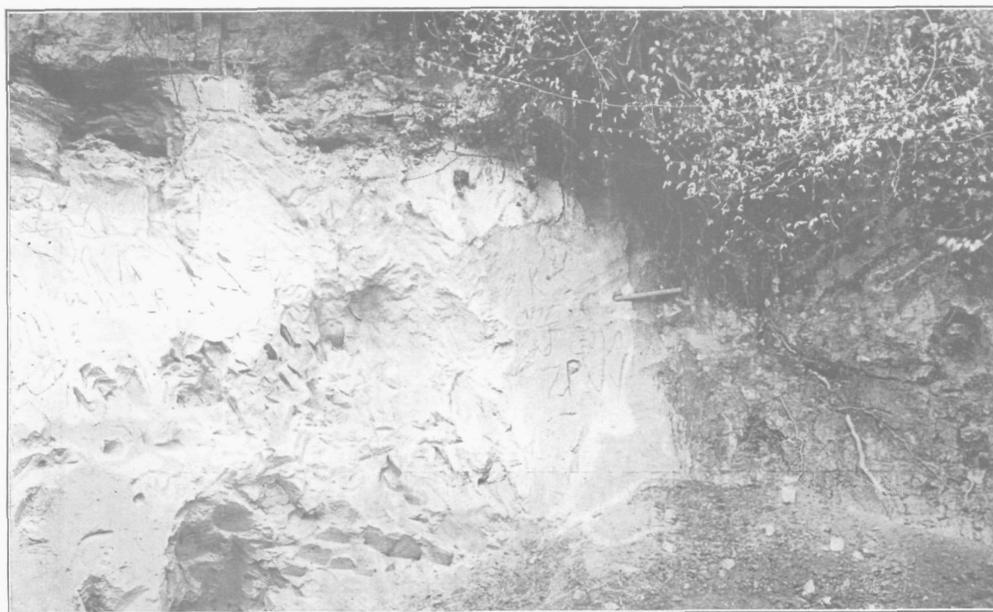
Das nördlich angelagerte Tertiär liegt noch tiefer wie die Sohle des Steinbruchs in folge der ungleichen Erosion nördl. und südl. der Verwerfung. Im so entstandenen Steilrand wurde dieser Steinbruch angesetzt.

Fig. 11.

SÜDLICHSTE SPALTE DER KUNRADER-VERWERFUNGSSZONE BEI DEN CROU-
BEEKER QUELLEN.

Helle Unteroligocän-Sande links (nördl.) und Obersenon rechts (südl.), durch braune Kluffletten dunkler erscheinend.

Der Hammerstiel ruht auf Tertiär, der Kopf auf Kreide.



ein Teil tritt bei Croubeek unterirdisch, durch die Verwerfung hindurch, in diese Sande über und der Rest tritt entlang der Verwerfungsspalte an die Erdoberfläche zum Vorschein. (3600 M³ pro. 24 Stunden). Mann kann besser von Überfallquellen reden.

Seit diesen Untersuchungen bei Croubeek (Gehöft Terfeurt) ist behufs Anlage der Eisenbahn Valkenburg-Heerlen ein grosser Einschnitt quer durch den Steilrand hergestellt worden, rund 100 M. südöstlich von den Quellen. Hier war leider der Gehängelehm gerade an der Stelle der Verwerfung sehr mächtig und die ihn unterlagernden Sande wurden nicht sichtbar. Wohl war über eine kurze Strecke der Kalk sehr zertrümmert, allerdings ohne nennenswerte Störung der horizontalen Lagerung.

Es ist noch nicht bekannt ob die ostwestliche Verwerfung von Kunrade sich noch weiter fortsetzt als ihr Schnittpunkt mit der Verwerfung von Benzenrade (Strecke Kunrade-Daelhof). Wohl ist sie noch festgelegt worden unmittelbar, d. h. 150 M. nördlich der Kunrader Steinbrüche und zwar an zwei Punkten, welche aus der Karte ersichtlich sind. Daraus ergibt sich eine geringe Biegung nach S.O. Sie könnte also möglichenfalls noch mit der Benzenrader Verwerfung zusammenfliessen. Falls sie diese kreuzt, würde sie im Dorfe Welten anlangen, wofür bis jetzt keine Beweise vorliegen.

Die Aufschlüsse des südlichen Querschlages der Oranje-Nassaugrube, deuten zwar auf ein stark gestörtes Gebiet unter Welten hin, aber über dessen Zusammenhang mit den hier beschriebenen Störungen des Kreiderandes kann man nur unbegründete Vermutungen äussern. Dieser Querschlag stellte einen Graben fest, dessen Carbon vermutlich 200 bis 300 M. und dessen Deckgebirge vielleicht 100 M. gesunken ist. Nur die Nordgrenze des Grabens wurde durchfahren; es ist eine N. O.-S. W. streichende Störungszone, deren Nordrand auf der Karte eingetragen wurde. Vielleicht endet dieser Graben bei der Bohrung No. 42 Daelhof, wo das Carbon auch eine sehr tiefe Lage hat im Vergleich zu den benachbarten Aufschlüssen der Bohrlöcher No. 17 (Welten) und No. 19 (Benzenrade).

DAS MOORGEBIET VON VOERENDAEL.

Das schon S. 35 erwähnte Alluvium nördlich der Verwerfung, welches sich über ein grosses Gebiet unter Voerendael erstreckt, wird schon von STARING angegeben, aber ohne weitere Erläuterung. Das Moorgebiet, eine frühere ausgedehnte Versumpfung, vielleicht sogar einmal ein grösserer See, steht meines Erachtens in Zusammenhang mit den oben beschriebenen Störungen und mit dem Absinken der nördlichen Schollen. In den folgenden Erörterungen dürfte meine Meinung näher klargelegt sein.

Ich habe dieses Vorkommen eines grossen und breiten Alluvialgebietes, 2 K. M. in jeder Richtung messend, immer sehr sonderbar gefunden.⁽¹⁾ Die hier sich bildenden Bächlein sind alle sehr klein, der Bach „Beek de Sprong“, van Croubeek kommend, ist noch der grösste. Man wird aber niemals in einem Hügelland, gerade am Ursprung eines Flusslaufes, ein so breites Alluvium finden wie hier, das sich ausserdem weiter nach Norden wieder bedeutend verschmälert. Demzufolge kam ich hier zur Annahme einer früheren Versumpfung, vielleicht sogar eines tieferen Sees. Eine starke

(¹) Herr P. M. VAN BOSSE in Heerlen lenkte als erster meine Aufmerksamkeit auf diesem Punkte.

Stütze fand ich seitdem in der Entdeckung eines ausgedehnten Torfvorkommens, namentlich erbohrt unter den Schlössern Haaren und Cortenbach von der Gesellschaft Limburg, nach freundlicher Mitteilung des Herrn E. VAN OPPEN, in Heer. (Siehe das Profil bei Kunrade fig. 9, S. 35 und die Karte). Nördlich vom Schlosse Cortenbach geht es zu Tage.

Ich erhielt folgende Bohrprofile auf Grund der Proben:

Schloss Haeren (Bohr. No. L 21).

Mundloch 88.50 M. + A.P.

Von	bis	Mächtigkeit	
0.00	1.40	1.40	Alluvialer Ton
1.40	1.80	0.40	» » , dunkel
1.80	2.10	0.30	Torf
2.10	2.60	0.50	torfhaltiger Ton, dunkel, kalkfrei
2.60	9.20	6.60	Wenig sandiger Ton, grau, kalkführend mit einigen Süßwasser-Muscheln
9.20	10.00	0.80	Kies, heterogen, mit feinem grauem Sand gemischt.
Tertiär			
10.00	12.50	2.50	Grauweißer Sand, fein, etwas tonig und glimmerführend. Sieht dem Sand aus der Grube bei der Ubagsberger Mühle sehr ähnlich, was für eine Identität spricht.
12.50	17.00	4.50	Ähnlicher, aber grünlicher Sand
17.00	20.00	3.00	Ähnlicher, graugrüner Sand

Schloss Cortenbach (Bohr. No. L 22).

Bohrung am Nordrand des Teiches, nördlich des Schlosses (Vgl. für die Lage die Fig. 9, S. 35).

Mundlochshöhe 85.00 M. + A. P.

Von	bis	Mächtigkeit	
0.00	0.60	0.60	torfiger Ton
0.60	2.50	1.90	Torf
2.50	5.00	2.50	toniger Torf mit Holzresten
5.00	6.40	1.40	Grauer Ton, stark kalkhaltig, etwas sandig
6.40	10.00	3.60	Grober grauer Sand mit Kies, z. T. mit Geröllen von Kreidekalkstein.
Tertiär			
10.00	19.90	9.90	Glaukonitsand, grün, tonig, ab 15.30 M. kalkführend
19.90	23.00	3.10	Obersenon, tuffartig, glauconit- und quarzfrei. (Beim Erbohren dieser Schicht stieg das Wasser bis 1.50 M. über Terrain).

In der Nähe des Schlosses, 400 M. nördlich, führte die Staatseisenbahndirektion ein Bohrloch aus an der neuen Bahnstrecke Heerlen-Valkenburg. Unter dem Torf zeigte sich hier die graue

Tonschicht auch muschelführend; die mir von Herrn Ing. CH. DRIESSEN geschenkten Exemplare wurden bereitwilligst bestimmt von H. MENZEL in Berlin, ebenso wie ein Fund von Muscheln unter dem Torf bei Hoenshuis und unmittelbar nördlich vom Schloss Haeren. Letzterer ergab nach ihm:

Helix (Trichia) hispida L. und
Succinea fagotiana Bgt.

Beide Arten wurden auch gefunden (besonders letztere) in den Aufschlüssen des Rhein-Herne-Kanals bei Essen (Monatsberichte der Deutschen Geolog. Gesellschaft, No. 3, 1912) und stammen dort aus jüngerem Interglazial. Eine ähnliche Altersbestimmung könnte auch hier richtig sein.

Es handelt sich also um eine bedeutende Süßwasserbildung. Der Torf selbst enthielt auch kleine, $\frac{1}{2}$ m.M. grosse, eckige Kalkbildungen.

Das ganze Alluvialgebiet von Voerendaal, bis nahe an den Kunrader Steilrand heranreichend, ist also eine Moor-, resp. Seebildung. Zu dieser Ablagerung gehört m.E. noch die Kiesschicht, unter mehr gefunden in den Bohrungen, eingezeichnet im S.N.-Profil Ubagsberg-Kunrade-Cortenbach-Puttermolen Fig. 9. Die unterlagernden Sande sind sehr fein und haben tertiären Habitus. Sie sind ausserdem glaukonitisch und ruhen auf dem Senon, wie es immer in diesem Gebiet bei den Tongrien-Sanden, zu welchen sie allem Anscheine nach gehören, der Fall ist. Dieselben Sande erbohrte man bei Haeren und nach dem Bohrprofile auch in Bohrung No. 26 westl. Lindelauf, hart am Steilrande selbst gelegen. Diese Bohrung durchsank anscheinend nicht mehr die torfigen und kiesigen Moorbildungen.

Das Sumpfgebiet von Voerendaal, welches also sehr jungen Alters ist, steht zweifelsohne genetisch in Zusammenhang mit der Verwerfung von Kunrade, die es im S. begrenzt, und gehört in dieser Hinsicht zu den tektonischen Seen. Wenn der Abfluss der Bäche und auch des Grundwassers hier erschwert wurde durch einseitiges Sinken des südlichen Teiles des Beckens und seiner impermeablen Schichten (*Cerithienton*), so erklärt dies schon die Aufstauung des Grundwassers bis schliesslich Moor- und Seebildung eintrat.

Ursprünglich werden alle Schichten das auch sonst immer vorhandene Einfallen in nördlicher Richtung gezeigt haben, welches öfters 1:100 beträgt. Derartige Schichten bekommen schon bald südliches Einfallen, wenn eine Scholle an ihrem Südennde herunter sinkt. Den Betrag der Senkung bestimmten wir als 85 bis 90 M. und im Norden des Voerendaal-Gebietes ist mir eine ähnliche Verwerfung als Gegenstück noch unbekannt und fehlt wohl. Auch in der Kreide-Oberkante des gegebenen Profiles bei Kunrade kommt bei den spärlichen Daten dieses südliche Einfallen noch zum Ausdruck.

Sonst ist der *Cerithienton* der einzige Leithorizont, an welchem man südliches Einfallen würde konstatieren können, wenn er noch überall vorhanden wäre. Im Profil bei Kunrade fehlt er fast; im Profile Schinop-Geul-Croubeek findet er sich hart an der Verwerfung bei den Quellen in + 81.50 M.

C. DER NÖRDLICHE KREIDERAND ZWISCHEN CROUBEK UND VALKENBURG.

(DIE VERWERFUNG VON SCHIN=OP=GEUL.)

Als ich vor einigen Jahren dieses Gebiet näher untersuchte, zeigte sich zu meiner Verwunderung, dass hier abermals, wie zwischen Heerlen und Croubeek, die Nordgrenze der zu Tage gehenden Kreide nicht durch ein einfaches Untertauchen der Senonschichten unter der Tertiärdecke entsteht. Westöstliche Verwerfungen spielen wieder eine Rolle. Die Limburgische Kreide ist also wohl im wahren Sinne des Wortes ein Horst, der im N. und O. von Bruchlinien begrenzt wird.

Meine Beobachtungen im viereckigen Gebiete zwischen Croubeek, Valkenburg, Schin=Op=Geul und Colmont wurden erleichtert durch die kräftige Denudation, die in dieser Gegend, besonders wieder in den Sanden, tätig gewesen ist. Die im Gebiete von Schimmert und Hulsberg noch zusammenhängende Hauptterrasse bildet bei Klimmen als schmaler Rücken noch gerade die Wasserscheide zwischen dem Trockentale von Heek und dem Tal von Voerendaal, also zwischen Geul und Geleen. In dem Dreieck zwischen Klimmen, Schin=Op-Geul und Valkenburg ist die Terrasse aber nur in Fragmenten erhalten geblieben. Die Beobachtungen in diesem Gebiet werden erschwert durch mächtige Lössablagerungen und Auflösungserscheinungen der Kreide machen die Messung ihrer Oberkante unsicher (vgl. fig. 14a, S. 48).

Als Erläuterung soll zuerst die Gegend beschrieben werden, welche durchquert wird von einem Profil, welches von Schin=Op=Geul (Schoonbron) über Maarshaal und von dort mit einem Knick nach Croubeek führt (siehe für die Lage die Übersichtskarte). Bei Maarshaal ruhen (wie bei Klimmen) Hauptterrassenkiese auf unteroligocäne Sande. Bei der Brunnengrabung in Klimmen westl. der Profilinie durchteufte man diese mit 28 M. Mächtigkeit und darunter folgte bei + 101 M. Senon, das unter Maarshaal bei + 96 M. anfängt, während das Tertiär dort 132 M. — 96 M. = 36 M. mächtig ist. Die Kreide-Formation steht auch noch in der kleinen Steilwand nördl. von Croubeek an und ihre Oberkante war hier + 105 M.; 250 M. weiter nach N. O. traf die Bohrung nach Steinkohle No. 31 bei Klimmen diese Kalke erst bei + 72 M. Bei Croubeek sanken sie an der ersten grossen Staffel der Kunrader Bruchzone ab bis + 87 M., an der zweiten bis ungefähr + 41 M.¹⁾

Der Brunnen westl. von Maarshaal durchteufte das erwähnte mächtige Oligocänprofil (von 132 M. + A. P. bis 96 M. + A. P.). Die Maaserosion, auf welche die Ablagerung der Hauptterrasse folgte, scheint hier gerade noch die *Cerithientone*

¹⁾ Diese Bohrung No. 31, die nur 350 M. nordwestl. liegt, wurde also für eine Steinkohlenbohrung an einem zufällig sehr ungeeigneten Punkte angesetzt, denn sie traf wahrscheinlich gerade die Kunrader Bruchzone selbst. Dem erbohrten Carbonprofil kann man demzufolge nicht sehr viel Vertrauen schenken; das Senonprofil scheint trotzdem ungestört, weil die oberen Kalke und unteren Sande die normale Mächtigkeit haben (41.75 M., resp. 71.68 M.).

Fig. 13

PROFIL SCHOONBRON – MAARSHAAL – CROUBEEK

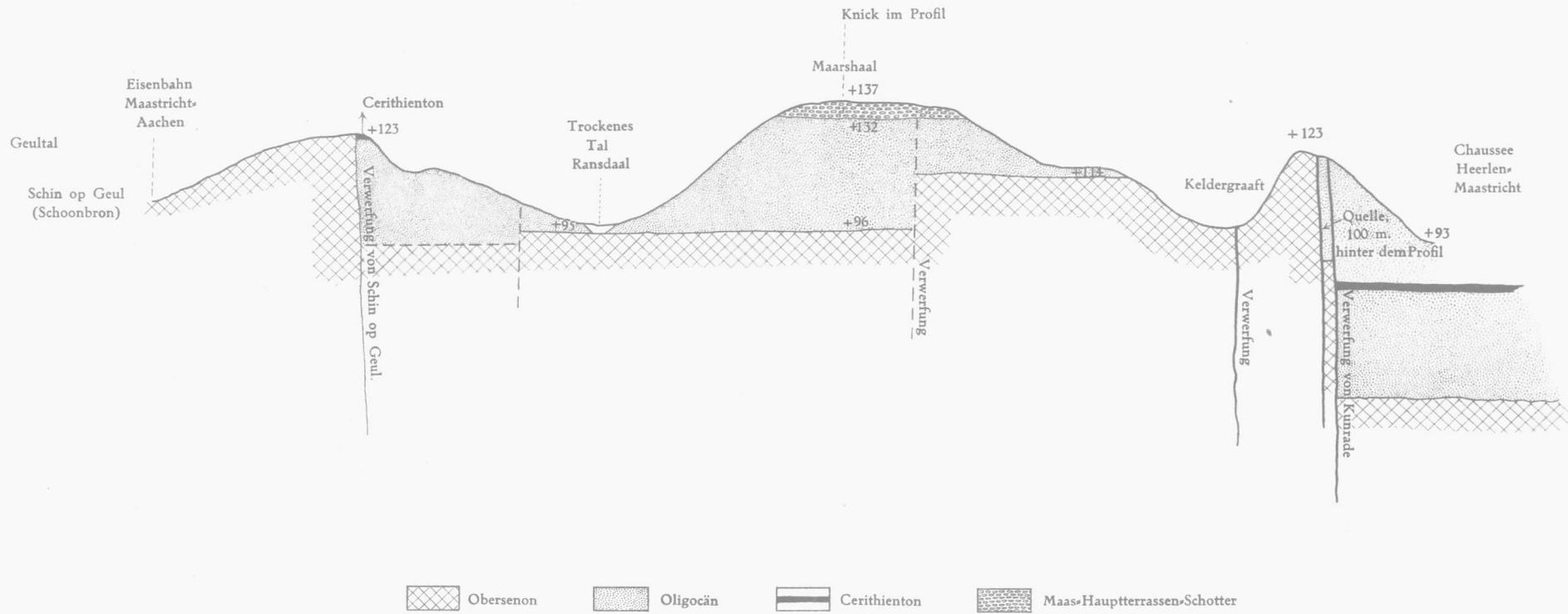
Längen: 1 : 20000

Höhen: 1 : 2000

S.

N. S.W.

N.O.



zerstört zu haben. Unmittelbar westl. von hier sind sie aber noch vorhanden und zwar schon bei + 129 M. unter dem Flecken Koulen.

Dies äussert sich sofort im Grundwasserstand; in Koulen liegt der Wasserspiegel des ersten offenen Beckens bei einigen Metern Tiefe, in Maarshaal fast 40 M. tief. Hier muss an der Ost-Grenze des *Cerithientons*, sei diese von einer Störung oder durch Maaserosion bedingt, ein Grundwasserfall vorhanden sein. Unter dem offenen (phreatischen) Grundwasserbecken von Koulen (das sich weiter ausdehnt unter Walem und dem Goudsberg) findet man nach Durchteufung des äusserst impermeablen *Cerithientons* ⁽¹⁾ sofort wieder trockene Sande, die in gleicher Tiefe wie bei Maarshaal wieder Wasser enthalten.

Wenn man in Koulen und Maarshaal die Brunnen tiefer abteuft um mehr Wasser zu bekommen, werden diese sich entleeren in den trockenen Unteroligocänsand.

Die gleiche hydrologische Betrachtung führt dazu, dass auch östlich von Dolberg, wie bei Klimmen, der *Cerithienton* fehlt. Der östlichste Aufschluss liegt am Wege, der von Koulen nach Ransdaal hinunterführt, bei einem Quellenniveau westl. dieses Weges, in der Höhe von rund + 129 M.

Auch bei der Gabelung der Wege Koulen-Klimmen und Koulen-Maarshaal findet sich in den Wiesen noch ein kleines Wasserbecken, das auf diesem Tone ruht. Er stellt ein ausgezeichnetes Hilfsmittel dar bei der Kartierung, auch wenn man ihn, wie oft, gar nicht zu Gesicht bekommt. Überall bildet sich nämlich an seinem Saume ein Quellenhorizont, der im trockenen Sommer von 1911 noch immer eine auffällig nasse Stelle in den Landwegen dieser Gegend bildete. An einigen Orten haben sich diese Ausflüsse zu Bächlein concentriert, wie südl. von Walem und nördl. und südl. vom Kreuzbilde an der Steenstraat (Goudsberg).

Südl. vom Hauptterrassenrücken Maarshaal-Koulen hat die Erosion abermals (wie nördl.) ein tiefes ostwestliches Tal geschaffen in den tertiären Sanden.

Noch weiter südlich folgt wieder ein westöstlicher Rücken, jetzt aber aus Kreide bestehend, sogar ohne Hauptterrassendecke. Dieser reicht am Heugdenweg bis 166 M. + A.P., also noch weit höher hinauf wie die Oberfläche des mächtigen Tertiärs in Maarshaal (+ 132 M.).

Im Ransdalerveld und sogar noch im Stockveld lehnen sich die Tertiärsande vom Maarshaalgebiet an die Kreide des Rückens an. Dies kann nur mittelst Verwerfungen geschehen und es zeigten sich deren zwei, von denen die südlichste die bedeutendste ist. Aus den angegebenen, wie immer mit einem genauen Aneroid bestimmten Basiszahlen, ersieht man z. T. den Betrag des Verwurfes.

In der Karstraat (Ransdaal-Colmont) liessen sich beide Verwerfungen durch eine Grabung ganz schön aufschliessen. Die südlichste liegt in der ungefähren Verlängerung der Putbergstörung. Zwischen der Karstraat und dem Putberg liess sich aber über eine 3 K.M. lange Strecke kein Verwurf der Sanddecke des Ubagsberges feststellen, wie man aus den Basismessungen ersehen kann. Diese deuten nur auf ein regelmässiges, obwohl ziemlich starkes Einfallen der Tertiärbasis nach Norden hin. Es beträgt zwischen Huls und Winthagen z. B. 1: 40, zwischen Ubagsberg und Winthagen etwas weniger (1: 60 bis 1: 90).

Der Verwurf der südlichsten der beiden Störungen lässt sich nur als Minimum angeben, weil

(1) Dieser enthält hier *Cerithium plicatum* Brug. und *Cyrena semistriata* Dunk. nach der Bestimmung von VAN WATERSCHOOT VAN DER GRACHT.

auf dem Kreiderücken des Heugdenwegs das ganze Tertiär verschwunden ist. Erst in Colmont erscheint es auf dem Plateau, aber dort hört gerade der Verwurf anscheinend auf. Obengenanntes Minimum ist nach der Karte 176 M. — 159 M. = 17 M.; wahrscheinlich ist der wirkliche Verwurf wohl 10 M. grösser. Die parallele Spalte vermittelt eine Senkung von $159 - 152 = 7$ M. (Karstraat.)

Die südlichste dieser beiden Verwerfungen erlangt weiter westlich grössere Bedeutung, in welcher Gegend sie sich geradlinig fortsetzt bis in der Nähe des Bahnhofs Schin=Op=Geul und dann nach einer kleinen südlichen Verspringung etwas nach N. W. umbiegt und sich schliesslich quer über die hiesigen Nebentäler der Geul, und über den Gipfel des Schaasberges (+ 144 M.) hin bis nach dem Bahnhof Valkenburg verfolgen lässt. So beträgt die nachgewiesene Länge dieser Spalte schon 6 K.M. Ich habe sie als Verwerfung von Schin=Op=Geul bezeichnet.

Im Ransdalerveld und im Stockveld ist das Tertiär der nördlichen abgesunkenen Scholle verborgen durch bisweilen sehr mächtige Gehängeschutt=Massen. Abgerutschte Feuersteine bedecken in grossen Mengen das Unteroligocän, das nur in den tieferen Hohlwegen sichtbar wird. Deshalb hatte ich hier im Anfang die südlichsten Vorkommen ganz übersehen. Ein erschwerender Umstand ist in dieser Gegend auch, dass die Kreide bei der Verwitterung zu einer lockeren sandigen Masse wird und sich etwas gelblich oder bräunlich färbt. Die Ähnlichkeit zwischen Kreide und Tertiär wird dann so gross, dass man ohne Salzsäure die beiden Bildungen nicht unterscheiden kann.

Seitdem die Einheitlichkeit beider Verwerfungen erkannt worden war, wurde die Spalte nördl. von der Haltestelle Schin=Op=Geul sehr schön aufgeschlossen im dortigen Einschnitt der neuen Eisenbahn Valkenburg—Heerlen.

In diesem lehrreichen Aufschlusse zeigte sich der Kontakt zwischen Senon und Unteroligocän. Letzteres war als bräunlich gelber Sand ausgebildet, fast ohne Schichtung, die sich kaum in einer braunen Bänderung zeigte. Unbestimmbare Steinkerne wiesen auf die aufgelösten Schalen von *Ostrea ventilabrum* und von *Cyprina* oder *Pectunculus* hin. Ganz oben im Tertiärprofile erschien eine etwas deutlichere Schichtung und der Sand war etwas weiss gefärbt mit hellen braunen Bändern. Nach einigen Metern erschienen sodann Ton=knollen und =bänke in demselben weissen Sande, von grauer Farbe, mit einigen braunen Flecken. Sie zeigen vielleicht schon den Beginn der *Cerithienzone* an, waren jedoch fossilleer. Das merkwürdigste war aber in diesem Aufschluss, dass das Tertiär in einer 50 bis 75 M. breiten Zone, wo es sich an die Kreidewand anlehnte, in Falten geworfen war, die bis 30° und mehr Neigung zeigten. (Siehe die grosse Photographie Fig. 15, welche durch ungünstige örtliche Umstände den Kontakt selber nicht mehr zeigen konnte). Auch wurde hier die Sandablagerung von zahlreichen kleinen Rissen mit Verwurfshöhen von einigen Zentimetern durchschnitten. Auf dem gefalteten Tertiär ruhte ein ähnlich gefalteter Hauptterrassenkies, von dem hier, auf dem Kamm des Rückens zwischen Ransdaal und dem Geultale, noch gerade eine kleine Fläche erhalten geblieben war, welche sich jedoch zu der Sandscholle beschränkte. Die Stauchung der Schichten in der Nähe der Verwerfung von Schin=Op=Geul, welche allein die Sande und Kiese und nicht

Fig. 14.



FALTUNG DER SCHICHTEN IN DER STAUCHUNGSZONE NÖRDL. DER VERWERFUNG VON SCHIN-OP-GEUL, IN DER SÜDWAND DES EISENBAHN-EINSCHNITTS.

Fig. 14a.



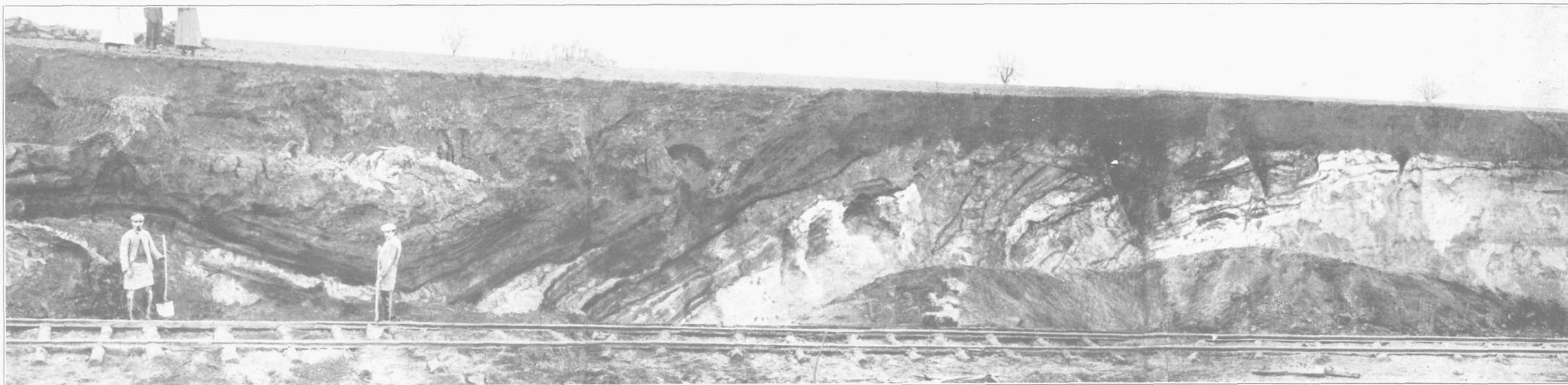
AUFLÖSUNG DER KREIDE AN DER LÖSSBASIS IM EISENBAHN-EINSCHNITT WESTL. DER KELDERGRÄAFT.

Fig. 15

S.W.

FALTUNG DER SCHICHTEN IN DER STAUCHUNGSZONE NÖRDL. DER VERWERFUNG VON SCHIN-OP-GEUL IN DER NORDWAND DES EISENBAHNSCHNITTS.

N.O.



In der Muldenachse reicht das Diluvium bis zum Gleis, am Fuss des Tertiärsandes des rechten Teiles liegt Schutt.

auch die anstossenden Kalke betroffen hat, ist also von sehr jugendlichem Alter und wegen der Konkordanz zwischen Hauptterrasse und Oligocän, erst nach Ablagerung dieser ersten erfolgt.

Die kleinere Abbildung Fig. 14 zeigt dieselbe Stauchung, wie sie in der Südwand des Einschnitts photographiert werden konnte. Sie ist dort noch bedeutender. Im Hintergrunde liegt das Geultal und das Hauptterrassenplateau südlich dieses Flusses, welches von Kreide getragen wird. Durch Einsturz von Höhlen in der Kreide ist die Faltung nicht zu erklären, weil diese hier erst im Niveau des Geulwassers folgt und sie ausserdem niemals solche grosse Höhlen zeigt.

Der Verwurf des Oligocäns erreicht 40 M., wie ich es bestimmen konnte an zwei anderen Punkten dieser Verwerfung, wo die Sande des Oligocäns mitsamt dem überlagernden Cerithientone an die Kreide anstiessen.

Der erste dieser beiden Punkte liegt 600 M. östl. von der Haltestelle Schin-op-Geul, wo die Strasse Schoonbron-Ransdaal die Verwerfung kreuzt. Durch diesen Punkt wurde auch die Profillinie Schoonbron-Maarshaal-Croubeek (fig. 13, S. 46) geführt. Beim Buchstaben t, auf der Karte östl. dieser Strasse eingetragen, stehen sehr plastische graue und z.T. fast weisse, zähe, plastische Cerithientone an, welche sich durch die massenhaft herumliegenden Muscheln kenntlich machen, aber sonst nicht mehr aufgeschlossen sind. In dem nördlich von diesem Punkte anfangenden Tälchen, das hier wieder sofort in den Sanden eingeschnitten ist und nach Opscheumer führt, sind diese an einigen Stellen sichtbar unter der Lössbedeckung. Das Tonvorkommen ist zu beschränkt für die Bildung eines Quellenhorizonts.

Am Schaasberge, etwas nördl. der Kapelle (Ermitage) zeigt sich jedoch wohl, unmittelbar nördlich der Verwerfung, das Quellenniveau des Cerithientons. Man vergleiche das rechte der 3 Profile auf der Fig. 16 S. 54. Hier lagern ausnahmsweise unmittelbar südlich der Spalte oligocäne Sande in einer Höhe von + 141 M.; die anstossenden Tone liegen in + 136 M. Seehöhe; die unter ihnen folgende Kreideoberkante also rund 40 M. tiefer in + 96 M., wie es sich im etwas westlich liegenden Aufschluss dieser Oberkante an der alten römischen Strasse Steenstraat bei Valkenburg in + 94 M. bestätigte. Hier beträgt die Verwurfshöhe also $141 \text{ M.} - 96 \text{ M.} = 45 \text{ M.}$ Die Tone lieferten mir eine kleine Fauna, welche nach HETTEN VAN WATERSCHOOT VAN DER GRACHT enthält: *Cerithium plicatum* Brug., *Cytherea incrassata* Sow., *Corbula gibba* Olivi und *Cyrena semistriata* Dunker.

Wenn wir zum Schluss noch einmal die Merkmale der Verwerfung von Schin-op-Geul wiederholen, sei also erwähnt, dass der Verwurf, der im Westen bei der Ermitage östl. Valkenburg auf dem Schaasberg 45 M. beträgt, im Profil Schoonbron-Croubeek östl. der Haltestelle Schin-op-Geul noch rund 35 bis 40 M. misst und sich dann verringert bis zum gänzlichen Verschwinden nördl. Colmont, wo der Verwurf allerdings nahe bei ihrem Ende noch 20 M. überschreitet und von einer Parallelverwerfung noch vergrössert wird, die im Ransdalerveld 148–135 M. = 13 M. und in der Karstraat noch 159–152 M. = 7 M. Verwurfshöhe zeigt. Der totale Verwurf ist hier also noch wenig kleiner wie am Schaasberge. Bei allen drei zuletztbeschriebenen Punkten des W.N.W.-O.S.O. gerichteten Teiles der Störung legt sich noch Hauptterrasse über oder an die Verwerfung, wenn auch nur in kleinem Maassstabe. Dieser für die Altersbestimmung wichtig gewordene Umstand war bei der bedeutenderen Störung von Kunrade nicht vorhanden. Im Eisenbahn-Einschnitt

wurde diese Hauptterrasse aufgeschlossen und zeigte die erwähnten Stauchungen. Die Denudation war hier schon etwas zu weit vorgeschritten um sehen zu können, ob sie auch noch verworfen war; auf der südlichen Kreidescholle fehlte sie nämlich schon. Am Schaasberge habe ich die Basis der Hauptterrasse, die dort beiderseits des Sprunges lokal erhalten blieb, nicht genau feststellen können; sie zeigt jedoch jedenfalls nur einen geringen Verwurf, was angesichts der bedeutenden diluvialen Stauchungen wohl eine Zufälligkeit ist, weil diese Stauchungen doch mit Sicherheit auf diluviale Kräfte zurückgeführt werden müssen.

Zwei N.W.-S.O. oder N.S.-Verwerfungen verbinden die Verwerfungen von Schin-Op-Geul und Croubeek-Kunrade. Die *Cerithientone* hören näm. östl. der Haltestelle Schin-Op-Geul, rund 500 M. östl. der oben erwähnten Strasse Schoonbron-Ransdaal, plötzlich auf. Auch die *Cerithientone* von Walem hörten östl. Koulen plötzlich auf. Besonders der südl. Punkt hängt wohl mit einer nicht näher bestimmbar Verwerfung zusammen. Nördlich von Ransdaal zeigen Kreide-Oberkante und *Cerithienton* beide ein Einfallen nach Westen und dies könnte eventuell mit einer starken westlichen Neigung der ganzen Gebirgsscholle zwischen Kunrade und Klimmen in Verbindung stehen. Schliesslich konnte dann neben dieser auch die von mir vermutete Keldergaafstörung in Wegfall kommen. Es bleibt aber merkwürdig, dass westlich dieses Trockentälchens drei Kreideoberkanten als 101½ M., 114 M. und 127 M. bestimmt wurden und genau östl. von diesen Punkten noch Kreide (ohne weitere Bedeckung als ½ M. bis 1½ M. Verwitterungslehm) zu Tage geht bei 105 M., 128 M. und 138 M.

Die Verwerfung von Schin-Op-Geul darf nicht verwechselt werden mit einer schon vorher von C. UBAGHS (1) und später nochmals von G. D. UHLENBROEK (2) beschriebenen Dislokation, welche mit dem Geultale südlich vom Schaasberge zusammenfallen würde. Die südliche Scholle sank ein wenig, wie es sich auch in der Tertiärbasis südl. von Valkenburg (+ 106) und am Schaesberg (+ 141) zeigt, aber wir haben hier nicht mit einer Randstörung des zu Tage gehenden limburgischen Kreidemassives zu tun, und nur darauf soll diese Arbeit sich speziell beziehen.

Neben der Störung von Schin-Op-Geul scheinen keine weiteren Verwerfungen im Gebiet zwischen Klimmen und Valkenburg vorzuliegen. Diese beiden Orte werden verbunden durch ein trockenes Tal, das bei Valkenburg in die Geul mündet.

Zweifelsohne ist es geschaffen worden von der regressiven Erosion des Wassers, das von dem *Cerithientone* abfließt. In einem kleinen Einschnitt des Geultalufers bei Valkenburg wird dies zuerst abgeflossen sein, nachdem die Geul sich in dem Hauptterrassenplateau, abgelagert von den verschiedenen Armen der alt-diluvialen Maas, eingeschnitten hatte bis unter dem Ton, der in dieser Gegend diese Terrasse fast unmittelbar unterlagert. Bei der fortschreitenden Vertiefung des Geultales verstärkte sich dieser Abfluss. Wie immer hatte das Wasser dieses Quellenhorizontes eine stark unterspülende Wirkung auf die Kiese und bei der Geringmächtigkeit des Tones wurden die unterlagernden Sande auch sehr leicht fortgeschafft. So können diese grossen Täler fast von den jetzigen ganz kleinen Bächlein gebildet worden sein. Allenthalben sieht man wie schnell und kräftig sich die

(1) C. UBAGHS: Sur l'origine des vallées du Limbourg hollandais. Bull. de la Soc. belge de Géologie, etc., t. VI, Mém., p. 150, 1892.

(2) G. D. UHLENBROEK: Le sud-est du Limbourg Néerlandais. Essai géologique. Ann. de la Soc. géologique de Belgique, T. XXXII, 1905, Mémoires, p. 151.

Abflusswasser des *Cerithien*horizonts rückwärts einschneiden in einem ursprünglich geradlinigen Plateaurand, besonders wenn der Horizont nicht weit von der Oberkante der Gehänge, also nahe am Plateau liegt. Das ursprünglich geradlinige Maasufer von Bunde bis Elsloo wird wiederholt von tiefen Einbuchtungen unterbrochen, durch welche kleine Bächlein strömen.

Südlich und westlich von Klimmen erscheint der Quellenhorizont am Kreiderand und hier fängt auch die stark erodierte Landschaft mit den vielen Tälern an, wo die Hauptterrasse fast ganz verschwunden ist.

Die Kalkbarriere, die das Geultal bei Schin=Op=Geul und Oud=Valkenburg von dem Tertiärgebiete trennt, ist so schmal, dass die Fliesswasser in Nebenschluchten des Geulsteilufers sie schon bald durchbrochen hatten und auch das nach N.W. folgende Tertiär anschnitten, das hier durch noch mehr zerstückelt wurde. Die anfangs oberirdisch abfliessenden Gewässer sind jetzt durch eine unterirdische Wasserzirkulation in den Kreideschichten ersetzt worden. Deshalb sind die Mündungen der Täler, die herabkommen von Walem und von Ransdaal und Opscheumer zwar ganz trocken, aber am Rande des Geulalluviums tritt eine starke Quelle aus. Für das Trockental von Walem ist es die Quelle Heutspuut westl. von Schin=Op=Geul; für das grössere Trockental von Ransdaal die Quelle von Schoonbron (d. h. Schöne Quelle).

D. WEITERE VERWERFUNGEN IM GEULTALE UND MAASTALE VON VALKENBURG BIS MAASTRICHT.

Die Verwerfung von Schin~~op~~Geul kann nicht unverändert durchgehen im Geultale. Hier tritt nämlich noch ein ziemlich hochliegendes Kreidevorkommen auf im Tälchen von Ravensbosch, nördl. der Geul und dieses war sogar in vergangenen Zeiten Gegenstand eines unterirdischen Steinbruchbetriebes. Neben diesem einzigen Vorkommen von sichtbarer Kreide gibt es einen ganzen Streifen von durch Löss verhüllten Kreidebildungen, die vom Kloster nördl. von Valkenburg bis Meerssen das nördl. Geulufer begleiten.

Der Aufschluss im Ravensbosch ist wertvoll, weil er über Tage die einzige Stelle ist, wo ohne Grabarbeit ein guter Kontakt zwischen Kreide und Unteroligocän permanent sichtbar ist (1). Wie schon vorher bemerkt wurde, liegen hier tonige Schichten auf der Kreide, welche neben gerollten Feuersteinen besonders Haizähne und gerollte Phosphorite enthalten. *Ostrea ventilabrum* war auch hier nicht zu finden und ist wohl, wie immer, durch Entkalkung der Schichten völlig aufgelöst. Sie sind in ganz Limburg charakteristisch für die Basis der unteroligocänen Transgression und ich traf sie mit denselben Haizähnen vergesellschaftet in den basalen Schichten des Tongrien vom Schachte Emma bei Amsterrade, nördl. von Heerlen. Da sind sie von *Ostreenschalen* begleitet.

Vielleicht sind aber diese Phosphorite, besonders wegen der starken Abrollung, mehr ein Merkmal für die der Transgression unterlagernden Schichten, in diesem Falle das Senon. Anstehend kenne ich sie jedoch nicht und sie gehören vielleicht Schichten an, die bei der Transgression zerstört wurden. Nach Herrn VAN WATERSCHOOT VAN DER GRACHT finden sich in Ost-Niederland diese Phosphorite über dem Asschien (oberstes Eocän); sie dürften also zu einem ältesten Oligocän oder einem gleichfalls verschwundenen obersten Eocän gehören. Die Möglichkeit bleibt, dass sie lokal entstandene Concretionen darstellen, obwohl es anscheinend Gerölle sind.

Messung ergab für den besprochenen Kontakt 87 M. Seehöhe, also 20 M. über dem Geulspiegel (+ 66 M.) In 2 K.M. Entfernung liegt dieselbe Oberkante südl. von Valkenburg (an der Chaussee nach Vilt) auf + 100 M. Daraus ergibt sich ein Einfallen von 1 : 140 und dieses darf also bestimmt nicht zur Annahme einer Verwerfung im Geultale sensu stricto (von Valkenburg bis Meerssen) führen,

(1) Seitdem ist ein ähnlicher Kontakt in Caberg nördl. von Maastricht aufgefunden, vgl. S. 57.

wie UBAGHS⁽¹⁾ es behauptete. Er fand in unterirdischen Ausgrabungen in der Nähe der alten Römervilla des Herkenberges, rund 1 K.M. östl. des Bahnhofs Meerssen, Gesteine, welche ihn an die oberen harten Banke des Profils bei Geulem erinnerten. Auch die Fauna war analog. Weil sie aber keine leitenden Formen enthält, womit man etwa diesen Horizont bei Geulem unterscheiden könnte von einem anderen, der noch keine 50 M. tiefer zu liegen braucht, so würde hier nur aus rein petrographischen Gründen auf eine Verwerfung geschlossen werden müssen. Meines Erachtens ist es weiter überhaupt nicht möglich in den Maastrichter Schichten paläontologisch verschiedene Etagen mit Sicherheit zu trennen, abgesehen von den sowohl paläontologisch, wie petrographisch abweichenden Bryozoenbänken und von den in letzterer Beziehung gut gekennzeichneten, feuersteinreichen Horizonten.

Die Kreideoberkanten (i. e. Tertiärunterkanten), die ich nördl. und südl. der Geul bestimmte, lassen auch keinen Schluss auf eine Verwerfung zu. Diejenige von UBAGHS könnte also nur noch präsenonisch sein und müsste dann auch am nördlichen Geulufer begleitet werden von einer anderen Störung mit entgegengesetztem also südlichem Einfallen. Der schmale so gebildete Graben würde genau mit dem Geultalalluvium zusammenfallen; diese Lösung ist kompliziert und auch deshalb zu verwerfen. Weiter wird im Abschnitt E gerade dargetan, dass diese Verwerfungen von westöstlicher Richtung höchstwahrscheinlich gänzlich postsenon sind und sie zeigten sich bei Schinop-Geul z. T. als diluvial.

Beim Jesuitenkloster nördlich von Valkenburg ist allerdings die Kreideoberkante nur + 77 M., obwohl der hiesige Brunnenaufschluss weit südl. vom Ravensbosch-Vorkommen (+ 87 M.) liegt. Dies lässt sich aber vielleicht erklären mit Hilfe einer Verlängerung der Verwerfung von Schinop-Geul.

Auch eine andere Verwerfung östl. von Valkenburg ist nach diesem Punkte gerichtet, vgl. fig. 16. Auf diese letztere wies schon UBAGHS hin⁽²⁾ und die Unterschiede der beiden Kreidemassive rechts und links der Geul (Schaasberg-Kapelle und Hügel südlich von Valkenburg) sind in einer Zeichnung näher präzisiert von G. D. UHLENBROEK⁽³⁾, der aber den Unterschied der Kreideoberkanten zu wenig würdigte. Dieser ist (siehe das mittlere der drei nebenstehenden Profile) sehr gross zwischen zwei Punkten auf einer ostwestlichen Linie, die also mehr oder weniger dem ursprünglichen Streichen der Kreideschichten und der Kreideoberkante entspricht. Südl. von Valkenburg beim Wilhelmina-Aussichtsturm wurde gemessen + 106 M.; bei der Schaasbergkapelle + 141 M., in 2 K.M. Entfernung vom erstgenannten Punkte.

Der Verwurf im Tertiär ist also 35 M.; eine ähnliche Zahl wurde in der Kreide

(1) C. UBAGHS: Sur l'origine des Vallées du Limbourg hollandais. Bulletin de la Soc. belge de Géologie, etc. t. VI, Mémoires 1892, pp. 150-169.

(2) C. UBAGHS: Sur l'origine des vallées du Limbourg hollandais; Bull. de la Soc. de belge de Géologie, etc. t. VI, Mém. 1892, pp. 150-169.

(3) G. D. UHLENBROEK: Le sud-est du Limbourg néerlandais. Ann. de la Soc. géologique de Belgique, t. XXXII, pp. 151-198, Mémoires.

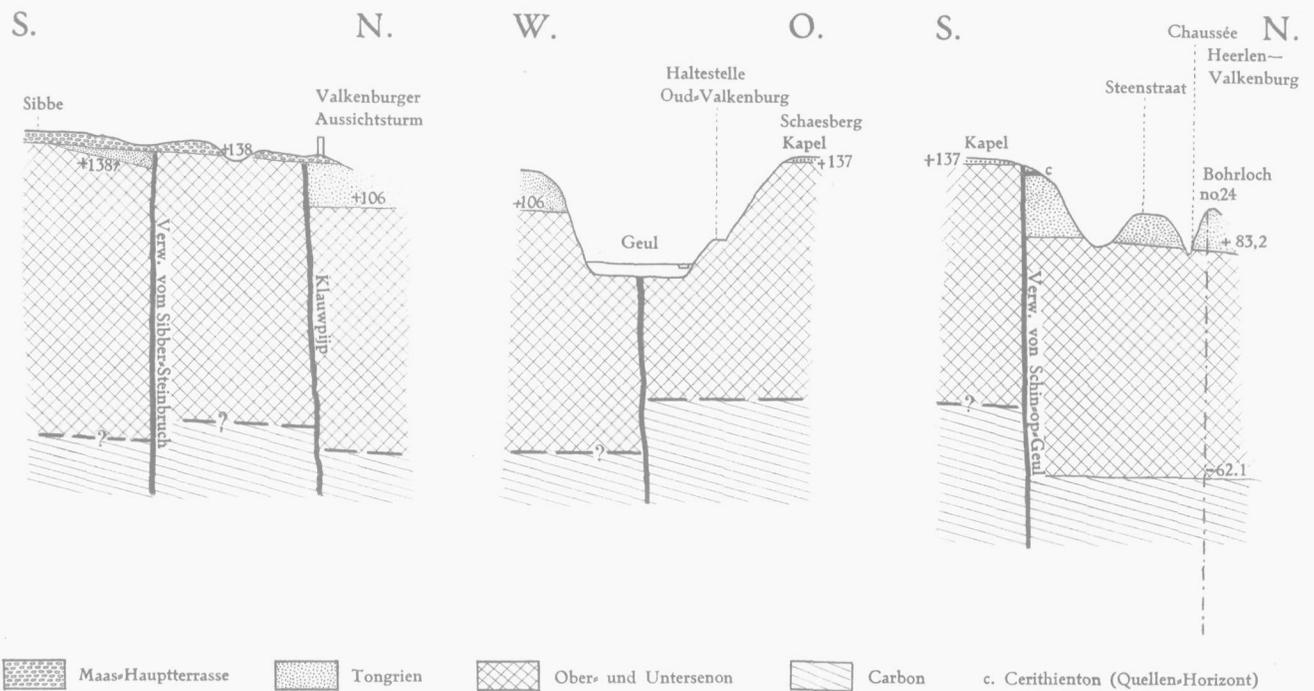
selbst bestimmt. Das Geulluvium, welches hier 500 M. breit ist, macht eine nähere Orts- und Richtungsbestimmung sehr schwierig; wo UHLENBROEK sie angab, bei der Haltestelle Oud-Valkenburg, konnte ich nichts beobachten. Die auf der Karte meiner Arbeit angegebene Lage und Länge ist rein hypothetisch.

Indessen ist der Geultal-Abschnitt, von Valkenburg bis halbwegs Meerssen wenigstens, wahrscheinlich doch tektonischen Ursprunges. Wie schon erwähnt darf eine postcretacische Verwerfung nicht angenommen werden im eigentlichen Geultale zwischen Valkenburg und Ravensbosch, ebensowenig zwischen Geulem

Fig. 16

PROFILE DURCH DAS VALKENBURGER GEBIET

Massstab: Höhen: 1 : 5000
Längen: 1 : 50000



und Raar, wo Seehöhen und Einfallen der Oberkante resp. + 92 M., + 60 M. und 1 : 80 betragen. Ein Kreiderücken liegt aber unter dem Wege Valkenburg-Vilt, welcher im Norden von einer 20 bis 30 M. gesunkenen Scholle begrenzt wird, wie es aus dem Folgenden erhellt.

Die Übersichtskarte und auch das linke der 3 Profile der Fig. 16 gibt an, dass nördl. vom Dorfe Sibbe die Kreide in + 138 M. Höhe liegt. Im Walde, südl. vom Sanatorium Huis ter Geul, südöstl. vom Aussichtsturm bei Oud-Valkenburg, erreicht sie noch mindestens + 122 M., vielleicht wohl 138 M. Im Landweg Sibbe-Valkenburg aber, der zwischen zwei Tälchen zum Geultale führt, westl. unter dem Wilhelmina-Aussichtsturm entlang, erscheint in einer Weggabelung, nur wenig

vom obenerwähnten Punkte 122 entfernt, plötzlich Tertiär ⁽¹⁾ (+ 135 M.). Hier, gerade bei einer Touristenbank, streicht also eine Störung durch, denn weiter abwärts gelangt man erst bei + 106.5 M. wieder auf die (abgesunkene) Kreide, deren Höhe übereinstimmt mit der Zahl südl. von Valkenburg (+ 100 M.), oberhalb der Gemeindegrotte. Dieser Punkt 106½ M. liegt übrigens über der Höhle Fluweelen Grot, deren Kreideschichten nur die ungestörte Fortsetzung derjenigen von Valkenburg sind.

Diese von mir gefundene Störung stimmt in ihrer Lage genau mit der nur unterirdisch bekannten Klauwpijp, einer ostwestlichen Spalte in der Gemeindegrotte. Der postcretacische Verwurf ist mindestens 122 M. - 106 M. = 16 M. und höchstens 138 M. - 106 M. = 32 M., und die Entstehung der Störung fällt hier auch jedenfalls in die Zeit nach Ablagerung des Unteroligocäns; ich vermute auch, dass die Bewegung, wie bei Kunrade, in der post-Tongrienzeit, nach Ablagerung des *Cerithientons* stattfand.

Auch in anderer Beziehung scheint die Klauwpijp-Störung grösser zu sein als man bis jetzt annahm. Der genannte Kreiderücken unter der Chaussee Vilt-Berg findet sich nur wenig südlich von ihrer westl. Verlängerung. Der Brunnen in Vilt fand Kreide bei + 119 M., etwas nördl. in einer kleinen Kiesgrube ruht Kies auf einigen Metern Oligocän und ist die Kreideoberkante noch als + 120 M. bestimmt worden. Nur 450 M. weiter nördlich, in demselben Tälchen, welches nach Strabeek führt, liegt die Oberkante in + 96 M. bei dem Viltersteinbruch. Ohne Annahme einer Verwerfung würde hier ein Einfallen 1:19 anzunehmen sein, was fast ausgeschlossen ist bei der horizontalen Lagerung des Tertiärs im allgemeinen und besonders auch in der Nähe, zwischen Valkenburg und Ravensbosch (1:140). Die Steinbrüche von Vilt reichen noch nicht bis an die, unmittelbar nördl. von der kleinen Kiesgrube von mir gedachten Verwerfung, und können die Beobachtungen also nicht unterstützen. Die Klauwpijp lässt sich jedenfalls ungezwungen nach hier verlängern. Bei Berg spricht auch noch viel für die Existenz einer kleinen Verwerfung, und so würde die Klauwpijpverwerfung ev. bis zum Maastale reichen.

Bei Terblijt zeigte sich die Tertiärbasis bei 115 M., in Berg bei 92 M., resp. 87 M. (Barakkengroef). Die ohne Annahme einer Verwerfung anzunehmende Neigung der Kreideoberkante würde 1:36 betragen, was allerdings auch ohne Störung möglich erscheint, aber doch unwahrscheinlich bleibt.

Beiläufig sei noch die Störung vom Sibbersteinbruch erwähnt, welche ein wenig nördlich von Sibbe mit westöstlicher Richtung durchstreicht. Wo sie den Hohlweg Sibbe-Oud-Valkenburg kreuzt, fand ich sie in 131 M. Höhe beim Bau eines Hauses unzweifelhaft aufgeschlossen. Sie vermittelte einen vertikalen Kontakt zwischen Tongriensand im Süden (Basis bei rund 127 M., also weit unter + 138 M.) und von Maaskies bedeckter Maastrichter Kreide im Norden (ursprüngliche Oberkante

⁽¹⁾ Etwas nach W., an der Chaussee Valkenburg-Vilt, ist es in einer grossen Sandgrube aufgeschlossen, wo man zahlreiche, unbestimmbare, limonitische Steinkerne findet, wie bei Heek.

über + 138 M.). Es kann keine Zufälligkeit sein, dass gerade die nördlichsten Auf-S.-N.-Profil der Fig. 16.

Weil die von der Sibber Verwerfung bedingte Senkung des Südens nur gering ist und die Scholle der Sibbersteinbrüche stark nach N. einfällt (ich schätze den Verwurf auf mindestens 12 M.) keilt das südlich von diesem Sprunge einsetzende Tongrien bald wieder nach Süden aus. Die mächtige Hauptterrassendecke macht eine Kartierung dieser Südgrenze in der betreffenden Gegend unmöglich. Aus den spärlichen Brunnengrabungen, über welche z. T. gar keine Nachrichten zu bekommen sind, muss man die schlüsse der unterirdischen Sibbersteinbrüche, ± 300 M. westlich dieses Punktes, auch eine Störung von fast westöstlichem Verlaufe begegneten. Ich habe sie weiter nicht verfolgen können, weil sie nicht mehr von tieferen Tälchen geschnitten wird. In der Kreide selbst (Maastrichtien), wo sich analoge Horizonte oftmals in einer Vertikalen wiederholen, ist ihr Verwurf nicht festzustellen.

Zwischen den beiden Parallelsprüngen — Klauwpijpverwerfung und Verwerfung vom Sibbersteinbruch — ist ein Horst stehen geblieben, der sich einigermaßen kennzeichnet durch das Fehlen einer zusammenhängenden Tertiärdecke. Vergleiche das linke Grenze herleiten. Unter dem westlichen Teil des Dorfes Sibbe habe ich das Tertiär noch aus einer Bohrung kennen gelernt, die im Sibbersteinbruch von unten nach oben ausgeführt wurde bis zu Tage und $1\frac{1}{2}$ M. Tongriensand durchhörte.

Bezüglich Verwerfungen anderer Richtung wie die westöstliche, lässt sich folgendes bemerken. Bedeutende Unterschiede in der Kreideoberkante liegen südl. des Geultales von W. nach O. nicht vor; die Karte gibt + 92, + 87, + 96, + 100 und + 106 M. an auf der Strecke Berg-Oud-Valkenburg. Nördlich des Geultales ist der *Cerithienton* mit seinen Quellen der beste Leithorizont und auch dieser zeigt von Meerssen (Raar) bis Valkenburg (Kloster) nur eine Variation von + 104 M. bis 97 M. Nur die tiefe Lage der Kreideoberkante beim Kloster bleibt etwas eigentümliches; sonst gibt es auf der Strecke Valkenburg-Meerssen keine N. W.-S. O.-Verwerfungen und die Häufung dieser Dislokationen in den Kohlenfeldern von Aachen und Heerlen am Rande des Roergrabens und der Niederrheinischen Bucht im Allgemeinen hat hier also aufgehört. Auch von N.-S.-Verwerfungen, die das Maastal begleiten und wohl für die Erklärung seines Laufes herangezogen worden sind, zeigte sich also nichts.

Jenseits der Maas schliesst sich das von mir kartierte Gebiet an bei dem belgischen geologischen Kartenblatt Bilsen-Veldwezelt. Auch dort fehlen nach den Aufnahmen von E. VAN DEN BROECK, M. MOURLON und F. HALET Störungen nicht. Neben eine, die ungefähr N.-S. verläuft im Demerbachtale, fallen zwei andere Sprünge auf, welche resp. N. W.-S. O.- und S. W.-N. O.-Richtung zeigen. Die nördliche Scholle ist bei ihnen gesunken; bei der westlichen, die am Dorfe Bilsen vorbeistreicht (N. W.-S. O.) ist der Verwurf bedeutend; bei der östlichen wird er nicht angegeben. Diese Verwerfung wird auch nur als vermutet bezeichnet und von einem Punkte südl. von Waltwilder in der Richtung Lanaeken gezogen, nach O. N. O.

Auf holländischem Gebiet wurde ihre Existenz mir vor kurzem angedeutet durch folgende Beobachtungen. Nördlich von Maastricht fand ich noch einen Senon-

aufschluss unter der Kiesbasis (Mittelterrasse) in einer grossen Grube östl. von Caberg, welche der Ziegelfabrik Belvédère gehört. Es ist der nördlichste Kreidefundpunkt links der Maas. Die Maas der Mittelterrassenzeit, die damals mit einem grossen Bogen bei Maastricht nach W. floss, hat also bis Caberg noch immer die Kreide unter sich gehabt. Nördl. von diesem Fleck fängt aber das Tertiär an und ich verdanke es einer Mitteilung des Herrn LALIEU, Direktor der Ziegelfabrik, dass ich jetzt einen Tertiär- (Tongrien)-Aufschluss kennengelernt habe im nördlichen Teil der genannten Kiesgrube. Ein ganz dünner Tertiärkeil stellt sich dort an der Sohle des Kieses ein und zeigt an der Basis, ebenso schön wie im Ravensbosch und im Emmaschacht bei Amstenrade, die mehr erwähnten gerollten Phosphorite, welche auch hier nur von ähnlichen gerollten Feuersteinen begleitet werden. Die in dieser Grube gemessene Kreideoberkante ist also auch die wirkliche, d.h. die Tertiärbasis und beträgt ± 46 M. Bei Lanaeken ist dieselbe Oberkante in einer Bohrung unter $77\frac{1}{2}$ M. Mittelterrasse und Tertiär erst bei -30.3 M. angetroffen worden. Dies würde ohne die Annahme einer Störung mit einem Einfallen der Tertiärbasis stimmen, welches $1:39$ betragen würde, was schwierig anzunehmen ist. Wenn man sich aber eine Störung mit Senkung der nördlichen Scholle denkt, liegt es auf der Hand, sie mit derjenigen in Verbindung zu bringen, welche von MOURLON und HALET auf dem Blatt Veldwezelt nur zögernd eingezeichnet wurde. Darauf beruht also die auf der Karte eingezeichnete Richtung, welche sonst in der Terrassenlandschaft unbestimmbar sein würde. Die von UHLENBROECK auf der Kreidekarte im Jahresbericht dieses Dienstes über 1911 angegebenen Störungen im Jekertale und nördlich vom St. Pietersberg lassen sich aus der Lage der Tertiärbasis nicht herleiten; für das Jekertal erhellt dies aus den Zahlen der hier gegebenen Karte und das Einfallen der Kreideoberkanten zwischen dem Fort St. Pieter und der Kiesgrube Belvédère beträgt nur $1:114$. UHLENBROECK scheint das Tertiär von St. Pietersberg übersehen zu haben, obwohl VAN DEN BINCKHORST und UBAGHS es schon angeben.

E. DAS ALTER DER WESTÖSTLICHEN VERWERFUNGEN.

Die Verwerfung von Kunrade, wie auch die anderen Spalten, verwirft nur oligocäne und ältere Schichten; das ältere Oligocän ist die jüngste Formation, die bei allen jetzt noch beiderseitig ansteht. An anderer Stelle, in der niederrheinischen Bucht, fällt die Entstehungszeit dieser Verwerfungen mutmasslich ins Miocän und Oberoligocän, die Zeit der grossen Senkung dieses ganzen Landstriches, dessen tektonischer Charakter von zwei Bruchsystemen, das N.W.-S.O.-System und das W.-O.-System (letzteres zuerst von W. WUNSTORF⁽¹⁾ erkannt) beherrscht wird. In dem limburgischen Randgebiete der grossen Bucht kommen diese zwei Systeme in der beigegebenen Karte in rauhen Zügen auch zum Vorschein. Die N. W. S. O.-Brüche waren hier sogar schon sehr lange bekannt; die Entdeckung der O.-W.-Brüche stammt aus den letzten Jahren. Weil sie in den Aachener Kohlenablagerungen fehlen⁽²⁾ hat man im Anfang auch hier nicht danach gesucht; die Denivellierung, welche sie im Steinkohlengebirge erzeugen, wurde zuerst aus Bohrungen ersichtlich und liess sich in diesem Falle ebenso leicht erklären mit dazwischen durchstreichende N. W.-S. O.-Sprünge, deren Typus so gut bekannt war im Aachener Becken (Feldbiss und Sandgewand).

So sieht man auf allen älteren Karten in diesem Gebiete nur N. W.-S. O.-Sprünge gezeichnet. Erst die genauere geologische Untersuchung der Oberfläche zeigte die Unvollständigkeit dieser Darstellung. Ein vorläufiges Bild, nach diesen neueren Erfahrungen im Felde aufgestellt, gab ich in der Uebersichtskarte von 1909 im Maasstab 1 : 200.000⁽³⁾. Hier ist es weiter ausgearbeitet worden auf einer Karte 1 : 50.000.

Aus der Analogie mit der Niederrheinischen Bucht und den Beobachtungen in den nördlicheren Niederlanden, lässt sich hier vorläufig für die O.-W.-Verwerfungen auf ein oberoligocänes oder miocänes Alter schliessen und ich folgere nur aus der Seebildung bei Voerendaal und aus der Stauchung der Hauptterrasse bei Schin-op-Geul eine diluviale Nachsenkung, deren genauer Zeitpunkt jetzt noch schwierig festzulegen ist. Sie fällt aber vermutlich z.T. in die Zeit vor Ablagerung der Hauptterrasse. Nördlich von Klimmen gelangt die Verwerfung Kunrade-Croubeek nämlich in das Gebiet einer noch erhaltenen Hauptterrassefläche und ein nennenswerter Ver-

(1) W. WUNSTORF: Der tiefere Untergrund im nördlichen Teil der Niederrheinischen Bucht. Verhandl. des naturh. Vereins der preuss. Rheinlande etc., 66. Jahrgang, 1909, S. 343.

(2) Die dortigen Ueberschiebungen, die ungefähr O.-W. streichen, sind, wie bekannt, eine Faltungserscheinung. Sie gehören zur internen Struktur des Primärmassivs dieser Gegend und gehen, auch bei steiler Lagerung, niemals in das Deckgebirge über.

(3) Zitiert auf S. 14.

wurf dieser Kiesablagerung zeigt sich da nicht, so weit ich dies untersuchen konnte. Das gleiche gilt für die Verwerfung von Schin-op-Geul, dort wo sie den Schaesberg kreuzt.

Südlich von der Verwerfungsstrecke Croubeek-Kunrade fehlt die Hauptterrasse gänzlich auf dem südl. Kreidemassiv, das nur petrographisch ganz abweichende, sicher ältere, wahrscheinlich pliocäne Kiese an vereinzelt Stellen bei Ubagsberg und Huls⁽¹⁾ trägt. Die Hauptterrasse wurde hier nie abgelagert. Dies ist aber nicht die Folge einer Bewegung während ihrer Ablagerung, sondern lässt sich ganz einfach erklären durch die präquartäre Erosion, welche die harten Ubagsbergkalke inmitten der umgebenden Sandmassive schon dermassen herauspräpariert hatte (nach Ablagerung der pliocänen Kiese), dass die Maas dieses Massiv während der Hauptterrassen-Periode als Insel umflossen hat. In der weiteren Umgebung zeigen sich ringsum Hauptterrassenkiese.

Während dieser ganzen Periode muss schon irgendwo, vielleicht auch an der jetzigen Stelle bei Croubeek, eine Überfallquelle dagewesen sein und diese kann schon bald eine ev. hoch über Voerendaal, damals zur Ablagerung gekommenen, Hauptterrasse weggewaschen haben.

Bewegungen nach Ablagerung der Hauptterrasse sind bei der Sandgewand schon lange bekannt, sowie bei den grossen N.W.-S.O.-Randbrüchen des Grabens bei Vlodrop, in der Peel und in den nordöstlichen Kempen.

Bei der Verwerfung von Schin-op-Geul, auch eine bedeutende O.W.-Verwerfung, gelten die Betrachtungen, die bei derjenigen von Kunrade geltend gemacht wurden. Südlich dieser Spalte findet sich lokal noch Tongriensand; im Norden ist *Cerithion* das jüngste Schichtglied. Dieser zeigt gar keine Randfacies in dem Aufschluss am Wege Schoonbron-Ransdaal und reichte also ursprünglich wohl viel weiter nach Süden. Der Verwurf fand demzufolge nach seiner Ablagerung statt. Die Beobachtung der Faltungen in der nördlichen Scholle im Eisenbahneinschnitt (S. 48) dürfte wohl als Beweis gelten können für eine, wenn auch kleine diluviale Nachreissung; ähnliche Stauchungen hat die diluviale Bewegung entlang dem Erftbruch westl. des Vorgebirgshorstes bei Köln nach G. FLIEGEL⁽²⁾ erzeugt in dem Hauptbraunkohlenflöz dieses Horstes. Er gibt eine Abbildung dieser Falten, wie sie in der Grube Liblar beobachtet wurden. Ueber den Anfang der tertiären Bewegung können wir übrigens bei dieser Verwerfung keine Sicherheit bekommen, weil die prä-oligocänen Schichten (d.h. das Senon und das Carbon) nicht aufgeschlossen sind.

Die W.-O.-Brüche erzeugen mitunter seitliche Horizontalverschiebungen

⁽¹⁾ Das Diluvium, welches die oben zitierte Übersichtskarte angibt unter Winthagen, Elkenraad, Colmont und Eyserheide soll in Wegfall kommen; diese Kiesbildungen sind nur Gehängeschutt, von den pliocänen Kieshügeln herrührend und haben nur 1 à 2 M. Mächtigkeit oder noch weniger.

⁽²⁾ RAUFF, H., KAISER, E., u. FLIEGEL, G.: Bericht über die Exkursionen der deutschen Geologischen Gesellschaft nach der Versammlung in Koblenz; August 1906, Zeitschr. der deutsch. Geol. Ges., Bd. 58, Berlin 1907.

der von den Spalten des anderen Systems gebildeten Horst- und Grabenschollen. So ist nach der auf S. 54 zitierten tektonischen Übersichtskarte der Horst von Viersen östl. von Venlo zerbrochen von einer Störung Dülken-Viersen und die nördliche Hälfte des Horstes wurde nach Osten verschoben. In gleicher Weise wird der südliche Teil des Wassenberger Horstes (östl. der Ruhr, südöstl. von Roermond) durch eine O.-W.-Spalte bei Hückelhoven ostwärts verschoben. Auch zeigt genannte Karte, dass die Schollen von Erkelenz-Grevenbroich, zwischen einer Anhäufung von W.-O.-Spalten geklemmt, die nördlichen und südl. Horstgebiete des N.W.-S.O.-Systems von einander trennen.

Jedoch scheinen sich nach W. WUNSTORF⁽¹⁾ die Haupthorste des südl. Gebietes in der Verlängerung der nördlichen vorzufinden und würde z. B. der Viersener Horst die Verlängerung sein desjenigen der Ville westl. von Cöln, nur auf eine kurze Strecke von den westöstlichen Schollen von Erkelenz und Grevenbroich unterbrochen.

Ausserdem hat die Untersuchung der Peelgegend gelernt, dass dort westöstliche Störungen vorhanden sind, welche den Peelhorst wiederholt eine kleine seitliche Verschiebung mitgeteilt haben. Nach der S. 14 zitierten tektonischen Übersichtskarte ist z.B. in der Gegend zwischen Beesel und Belfeld, also dort, wo das Roermond-Venloer Maastal den Peelhorst schneidet, sein nördlicher Teil etwas nach Westen gerückt. Ausserdem scheint der südliche Peelhorst im N. begrenzt von einer sehr bedeutenden W.-O.-Verwerfung. Wenn der sog. nördl. Peelhorst oder Horst von Mill die Verlängerung des südlichen ist, wäre er um 6 à 7 K.M. nach Osten verschoben.

Die Karte (plaat II) von Herrn P. HUFFNAGEL, welche dem Jahresbericht unseres Dienstes über 1911 beigelegt wurde, zeigt auch in Twente derartige O.-W.-Spalten, welche, wie auch oft in Limburg, etwas nach S.W. abweichen und demzufolge fast senkrecht zu den anderen Sprüngen des N.W.-S.O.-Systems stehen. Hier wurden die nördlichen Schollen bei Enschede und Broekheurne nach Osten verschoben um einige Kilometer und sanken gleichzeitig bei Buurse über rund 30 M. Der Horst (oder Sattel) von Buurse scheint von W.S.W.-O.N.O.-Verwerfungen ebenso zerstückelt, wie der von Viersen z.B. Die Bewegung hat hier erst angefangen nach dem Unteroligocän, wahrscheinlich (nach einer Mitteilung des Herrn VAN WATER-SCHOOT VAN DER GRACHT) im Oberoligocän. Das Mitteloligocän zeigt eine rechtwinklige seitliche Verschiebung entlang den Verwerfungs-Linien Buurse-Broekheurne, und Boekelo-Enschede, welche seine ursprünglich nach N.W. gerichtete Grenze zweimal zwischen Buurse und Delden nach O. verschieben.

Im hiesigen Gebiet scheint die Putbergstörung (S. 36) diejenige von Benzenrade seitwärts über fast 1 K.M. verschoben zu haben. Alles deutet jedenfalls darauf

(1) W. WUNSTORF: Der tiefere Untergrund im nördlichen Teil der niederrheinischen Bucht. Verh. des Naturh. Vereins der preuss. Rheinlande und Westfalens, 66 Jahrg., 1909, S. 343.

hin, dass die Störungen des W.-O.-Systems weit jünger sind und also eine senone oder präsenone Bewegung sehr unwahrscheinlich wird.

Wie ich für die andere Störungs-Gruppe im südl. Limburg den präsenonischen vielleicht wohl präcretacischen Anfang der Bewegung feststellte, so konnten WUNSTORF und FLIEGEL (1) im Rheintalgraben (Ruhrort-Xanten) zeigen, dass dort die Aufreissung dieser N.W.-S.O. Spalten schon vor der Transgression des Zechsteinmeeres angefangen hatte.

In der Peelgegend ist eine präsenonische Bewegung für diese Verwerfungen auch erwiesen worden.

PRAOLIGOCÄNE BEWEGUNGSERSCHEINUNGEN BEI DEN O.W.-VERWERFUNGEN VON KUNRADE UND DER KLAUWPIJP.

Bei der Verwerfung von Kunrade und derjenigen von Schin-op-Geul war die Kreide der nördlichen abgesunkenen Schollen über Tage sehr wenig aufgeschlossen oder es lag nur eine Bohrprobe von ihr vor. Das Studium einer eventuellen präoligocänen Bewegung bei den O.-W.-Brüchen war also sehr erschwert. Die wenigen Aufschlüsse deuteten zwar nicht darauf hin, aber man konnte sich darauf nicht verlassen, denn es fehlt bis jetzt noch eine genügende Ergänzung der Aufschlüsse durch Bohrungen bis zum Carbon. Allerdings stehen bei der Verwerfung von Kunrade zwei Bohrungen auf der abgesunkenen Scholle unmittelbar nördlich der Verwerfung, No. 26 westl. Lindelauf, und No. 31, N.W. der Quellen von Croubeek. Zum südl. Ubagsbergmassiv gehört leider als nächste Bohrung erst diejenige von Bosschenhuizen bei Simpelveld (No. 41), die noch 5 K.M. von Kunrade entfernt ist, aber allerdings nicht durch weitere Störungen von diesem Ort getrennt zu sein scheint(2). Die Vaalser Grünsande der Bohrung Bosschenhuizen unterlagern die Kunrader Kalke, aber mit welcher Mächtigkeit lässt sich bei dieser grossen Distanz nicht durch Projektion entscheiden. Dies wäre sonst sehr wünschenswert, denn in dem Bohrprofile Lindelauf ist die Grenze zwischen Kalken und Sanden klar zu erkennen.

In allerletzter Zeit fand ich aber südlich der Verwerfung von Kunrade noch anstehende Grünsande, welche die Kunrader Kalke unterlagern und deren Oberkante bis zu + 107 M. steigt, während die Kunrader Kalke unmittelbar darauf ruhen. Die Basis des bekannten Steinbruches hat 126 M. Seehöhe und der Fund, der mir auch von grosser Bedeutung erscheint für die alte Frage der Stellung dieser Kalke im Senon-Profil, liegt nicht weit von dort. Ich werde in einer

(1) W. WUNSTORF und G. FLIEGEL: Die Geologie des niederrheinischen Tieflandes. Festschrift zum XI. Allgem. deutschen Bergmannstag in Aachen, Berlin 1910, S. 379. Auch erschienen in den Abhandl. der Kön. Preuss. Geol. Landesanstalt, N. Folge, Heft 67.

(2) Dies lässt sich folgern aus der ungestörten Lage des Tertiärs, wie diese aus den auf der Karte eingeschriebenen Basiszahlen ersichtlich ist. Sie zeigen nur ein regelmässiges ziemlich starkes Einfallen nach Norden an (1 : 60 bis 1 : 90).

besonderen Veröffentlichung darauf zurückkommen und erwähne jetzt nur, dass diese Sande nach ihrer Fauna zum Hervien gehören dürften.

Es fanden sich darin nach meiner vorläufigen Bestimmung unter mehr verkieselte Schalen von *Ostrea Goldfussi* Hzl., welche bei Aachen nur im Grünsand vorkommt, weiter *Ostrea cf. Bronni* Müller und *Ostrea cf. semiplana*.

Zwei Bohrprofile sind also bei der Verwerfung von Kunrade massgebend für die nördliche Scholle: No. 26 (Lindelauf) und No. 31 (Klimmen). Diese Profile zeigen Übereinstimmung.

Man fand nach den offiziellen Bohrtabellen:

In Bohrung No. 31. Östl. Klimmen (Mundloch + 100 ¹ / ₂ M.)		In Bohrung No. 26. Westl. Lindelauf (Mundloch + 94 M.)	
Bis 27.65 M. Diluvium und Tertiär (Glaukonitsand des Tongrien).		Bis 32.64 M. Alluvium und Tertiär (Glaukonitsand des Tongrien).	
Kalkstein	41.75 M. { 0.35 M. „Mergelstein”. 6.85 » gelber Mergel. 34.55 » blauer Mergel.	37.66 M.	{ 17.26 M. weisser „Mergelstein” 19.62 » blauer » 0.78 » blauer Mergel und Feuerstein.
Grünsand	71.68 M. grüner Mergel.	75 M.	{ 18.83 M. blauer Mergel. 5.65 » » und grüner Mergel. 41.75 » grüner Mergel 8.79 » grauer Mergel
112.09 M. Carbon (—48.25 M.)		96.36 M. Carbon (—51.31 M.)	

Besonders Profil No. 26 deutet durch das Wort „Stein” den Kalksteincharakter des Mergels an. Die grünen Mergel sind wohl sicher Grünsande, welche wegen ihres Kalkgehaltes besonders bei älteren Bohrungen von den Bohrmeistern auch oft Mergel genannt werden. Die Bank von 78 c.M. Mergel und Feuerstein in No. 26 (Lindelauf) deutet vielleicht auf einen basalen Kies des Ober-*senons* hin, wie er auch bei Aachen vorkommt. Feuersteine kann ein solcher Kies aber nicht enthalten und es muss dann, wie so oft, eine falsche Deutung vorliegen. Bei Kunrade habe ich südlich der Verwerfung eine derartige Schicht aber nicht feststellen können.

Wenn wir von den beiden Grünsandmächtigkeiten (71.68 M. und 75 M.) die höchste annehmen für die Scholle südl. Kunrade, so kann man bei Kunrade in einer Bohrung bei dieser sehr geringen Teufe von 75 M. das Carbon erwarten, voraussetzend dass während der Ablagerung des *Untersenons* keine Bodenbewegungen entlang einer schon damals existierenden Störung stattfanden. Ausgeschlossen ist dies jedenfalls nicht, weil anscheinend in den südlichen Bohrungen *Bosshenhuizen* No. 42, *Simpelveld* No. 45, *Vrusschenueske* No. 1, u. s. w. immer eine mächtige Schicht Aachener

Sand vorkommt. Dieser konnte sich eventuell gebildet haben in einem sinkenden Gebiet südl. von der Kunrader Verwerfung.

Auch können sie m.E. lokal ohne tektonische Ursache in weit grösserer Mächtigkeit die Grünsande unterlagern, wie sonst im Allgemeinen. Sie stellen ja z.T. eine Art aeolische Transgression dar und haben sich vielleicht dort mächtig angehäuften, wo diese landwärts wandernden Dünen Depressionen im Hinterlande vorfanden.

Der Verwurf der Oberkante des Untersenons lässt sich jetzt, bei der Verw. von Kunrade, nach der Entdeckung des Grünsandlagers unter den Kunraderkalken, auch zahlenmässig feststellen. Die Basis der Kalke liegt in der Bohrung No. 26 westl. Lindelauf jedenfalls nicht höher wie + 23.70 M. wo Feuersteine erwähnt werden, die nur ein basaler Kies der Kalke zu sein scheinen, wie er sonst bei Vaals und Aachen auch bekannt ist. Beim Kunrader Steinbruch findet sich die vermutliche Basis zwischen + 102 M. und + 107 M., mehr in der Nähe der Bohrung wahrscheinlich unter 100 M.; zum dritten Mal (Vgl. S. . .) lässt sich hier also ein Verwurf von $100 \text{ M.} - 23.70 \text{ M.} = \text{rund } 75 \text{ M.}$ als Minimum feststellen. Dieser Verwurf ist also noch demjenigen des Tertiärs fast gleich und angesichts der Unmöglichkeit einer Kontrolle des schon alten Bohrprofiles dürfen wir sogar nicht mit einem Unterschied rechnen. Es fehlt also noch immer ein Anzeichen für eine präoligocäne Bewegung bei den O.W.-Brüchen.

Bei der Klauwpijverwerfung lässt sich auch einiges feststellen über den Betrag des Verwurfes einer ev. präoligocänen Bewegung im Obersenon, also innerhalb des Kreidemassives selbst. Weil seine Oberkante rund 20 M. verworfen wird, (S. . .) ist a priori zu erwarten, dass wir im Senon einen ähnlichen Betrag finden werden. UHLENBROEK, der die älteren Autoren, STARING und UBAGHS, kontrollierte, schreibt: »On voit nettement, en trois endroits, une cassure mettant en contact le tufeau Maastrichtien exploité (Mc) avec la craie grossière de l'assise de Spiennes (Cp⁴) à silex gris en bancs subcontinus. Cette cassure a une ouverture d'une dizaine de centimètres et est remplie de silex; sa direction est est-ouest».

Ich bin überzeugt, dass diese Feuersteinkreide gleichgut dem Maastrichtien noch angehören kann in seiner Form »Tufeau à silex gris Mb« der unteren Abteilung. Hier lässt sich nicht angeben wie gross der Verwurf ist; nur ist es sicher dass die nördliche Kreidescholle jüngere Schichten enthält, und dass der Verwurf im Senon denjenigen im Tertiär nur um ein wenig überschreiten kann, wenn er ihm nicht gleich ist, wie ich vermute.

C. UBAGHS verdanken wir es inzwischen, dass diese Verwerfung auch bei Vilt zu studieren ist. Er untersuchte die Proben eines Brunnens in Vilt und gelangte zu folgender Tabelle: ⁽¹⁾

⁽¹⁾ C. UBAGHS: Die Bryozoenschichten der Maastrichter Kreidebildung. Verhandlungen des Naturhistorischen Vereins, Bonn, Bd XXII, 1865, S. 38.

Brunnen in Vilt.
Mundloch 139.50 M. + A.P.

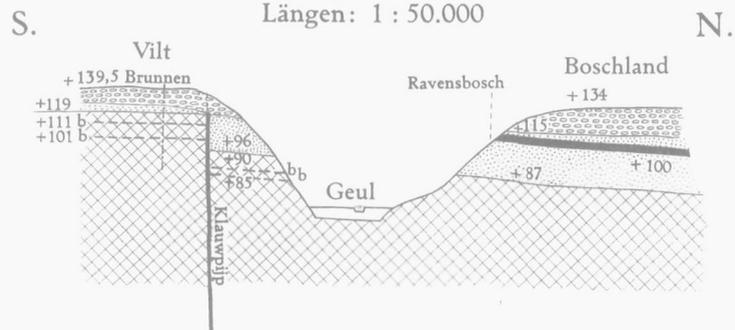
Von	bis	Mächtigkeit	
0.00 M.	2.08 M.	2.08 M.	Lösslehm.
2.08 »	16.24 »	14.16 »	Diluvialkies (d.h. Hauptterrasse).
16.24 »	20.96 »	4.72 »	Feinkörniger gelber glimmerführender Tertiärsand. (Systeme Tongrien DUMONT, d.h. Unteroligocän).
20.96 »	22.14 »	1.18 »	Maastrichter Tuff in zerklüfteten harten Bänken mit <i>Hemias- aster prunella</i> .
22.14 »	28.34 »	6.20 »	Ziemlich reine lockere Tuffe.
28.34 »	28.87 »	0.53 »	Obere Bryozoen-Schicht. (Oberkante + 111 M.)
28.87 »	29.17 »	0.30 »	Zerklüftete harte Bank mit <i>Diploctenium sp.</i> , <i>Cyclolites sp.</i> , <i>Astraea rotula</i> und <i>Lithodomus sp.</i>
29.17 »	35.37 »	6.20 »	Tuffe mit härteren Lagen abwechselnd, unbrauchbar zu Baustein.
35.37 »	38.87 »	3.50 »	Reine Tuffe, mittelmässiger Baustein.
38.87 »	39.87 »	1.00 »	Zweite Bryozoen-Schicht mit Bruchstücken von <i>Crania</i> , <i>Radiolites</i> , <i>Pecten</i> , <i>Ostrea</i> , etc. (Oberkante + 101 M.).
39.87 »	40.27 »	0.40 »	Unregelmässig zerklüftete harte Bank mit <i>Anthozoa</i> , <i>Pho- laden</i> etc., (2 ^{de} Boormossellaag von STARING).
40.27 »	47.35 »	7.08 »	Tuffe mit abwechselnd härteren Lagen. Tuffe mit grauen Feuersteinschnüren (Mächtigkeit unbe- stimmt).

Fig. 17

GEULTAL WESTL. VON VALKENBURG
QUERPROFIL

Höhen: 1 : 5.000

Längen: 1 : 50.000



b Bryozoen-schichten
 Oboersenon
 Oligocän
 Cerithionton
(Quellenhorizont)
 Maas-Hauptterrasse

Die beiden ziemlich gut leitenden *Bryozoen*horizonte sind demzufolge hier festgelegt worden. Beide habe ich wiedergefunden bei dem Vilter Steinbruch und dort gemessen, dass die zwei *Bryozoenschichten* hier in 90.50 M. und 85 M. Seehöhe sich vorfinden. In Vilt waren diese Zahlen nach vorstehendem Profil und meiner Messung 111 M. und 101 M. und war die Distanz der beiden Horizonte also etwas grösser. Der Verwerfungsbetrag wird bei der kleinen Distanz fast mit der Differenz stimmen und also 16 bis 20 M. betragen. Die Tertiärbasis wurde anscheinend etwas mehr, näml. 120—96 M. = 24 M. verworfen, wie schon vorher erwähnt. Diese Zahl muss wahrscheinlich etwas verringert werden wegen des Einfallens der Tertiär-Unterkante, sonst würden die Zahlen nicht ganz stimmen. Auch kleine Messungsfehler können hier eine Rolle spielen. Praktisch ist hier abermals festgestellt, dass bei dieser West-Ost-Verwerfung der Verwurf im Senon demjenigen im Tertiär nicht übersteigt.

Zusammenfassend lässt sich also feststellen dass die W.-O.-Verwerfungen vom südlichen Limburg sehr jugendlich sind im Vergleich zu den N.W.-S.O.-Brüchen und weder im Senon weder im unteren Oligocän und im unteren Mitteloligocän (*Cerithienton*) Anzeichen für eine Bewegung liefern. Der *Cerithienton* erstreckt sich noch ohne Faciesveränderung bis unmittelbar an die Verwerfung von Kunrade, wie es sich im Bohrloch bei Croubeek zeigte. Dasselbe gilt allenthalben für die unteroligocänen Sande. Nach dem unmittelbar vorangehenden ist ja bei der Klauwpijpverwerfung im Obersenon kein Verwurf vorhanden, der abweicht von demjenigen im Oligocän und nach den Feststellungen bei Kunrade ist dies auch nicht der Fall für die Oberkante des Untersenons.

Nur in der Unterkante des Untersenons, eines wichtigen Horizonts, weil sie im südlichen Limburg zu gleicher Zeit Carbonoberkante ist, könnte noch ein abweichender Verwurf vorliegen. Angesichts der schon erwähnten relativ tiefen Lage der Carbonoberkante in Bosschenhuizen scheint das nicht ausgeschlossen, wenigstens für die Verwerfung von Kunrade. In diesem Fall würde diese erste Bewegung der weiteren entgegengesetzt sein und auch für diese Störungen eine Oscillation (Schaukelbewegung) vorliegen. Ohne diese jetzt noch bestehende Unsicherheit würde der zahlenmässig bei der Kartierung festgelegte Verwurf dieser Störungen sich praktisch verwenden lassen bei späteren Untersuchungen im hiesigen Staatsgrubenfelde, welches westwärts noch bis Valkenburg reicht. Eine untersenone oder präsenone Bewegung bleibt also auch bei den O.W.-Brüchen noch zu den Möglichkeiten gehören.

Die jüngste Bewegung könnte angefangen haben im Mitteloligocän, oder im Oberoligocän, wie bei Winterswijk, frühestens aber nach der Ablagerung des mitteloligocänen *Cerithientons*. Ein späterer Anfang des Aufreissens wie im Oberoligocän bleibt aber auch noch möglich und die Faltung des Diluviums bei Schinopgeul deutet auf eine diluviale Nachreissung hin. Eine Stauchung wird doch wohl meistens von einem Vertikalschub entlang der Störung begleitet worden sein.

Die praktische Bedeutung der in den vorangegangenen Seiten enthaltenen tektonischen Erörterungen wird hier mit einigen kurzen Worten Besprechung finden. Im Vordergrund des Interesses soll hier die Verwerfung von Benzenrade stehen und daneben die Verwerfung von Kunrade.

Diese beiden Störungen haben grosse Verwurfshöhen und wenn der Bergbau sie überschreiten will, wird er mit einer ganz anderen Zone der Steinkohlenformation zu tun haben.

Im Felde Oranje-Nassau wird sich dieser Fall dartun, wenn im Südfelde südl. Heerlen die Flöze weiter nach Westen verfolgt werden; im Staatsfelde, wenn der dortige Bergbau südwärts vordringen würde bis zur Linie Heerlen-Valkenburg. Weil noch ein grosser Teil des Staatsfeldes südl. der Verwerfung von Kunrade liegt, und dagegen nur ein kleiner Teil des Feldes Oranje-Nassau westl. der Verwerfung von Benzenrade demselben Ubagsbergmassiv zugerechnet werden muss, so ist die Kenntnis dieses Massivs für das Staatsfeld von grösserer Bedeutung.

Es ist nun leider unbekannt, ob der Verwurf, den wir für die Verwerfung von Benzenrade in der Kreideoberkante und für diejenige von Kunrade sogar noch in der Grünsandoberkante bestimmen konnten (rund 80 M.) nun auch der Verwurf in der Carbonoberkante ist. Die präcretacischen und bei ersterer ausserdem noch die cretacischen Bewegungen können die Verhältnisse komplizierter machen als sie scheinbar sind. Besonders für die Verwerfung von Benzenrade muss man damit rechnen, weil auch andere Störungen dieser Richtung die S. 75 zu erörternden Oscillationen zeigen. Falls diese nicht stattfanden bei dem Sprung von Kunrade, wird hier das südlich an der Verwerfung angrenzende Carbon eine rund 80 M. geringere Tiefenlage zeigen bez. Normal-Null. Eine Bohrung, welche man südlich der Verwerfung, im Tal neben den Kunrader Steinbrüchen ansetzt, wird also vielleicht schon bei 70 M. das Steinkohlengebirge erreichen. In den losen Grünsanden würde eine Handbohrung vielleicht ausreichend sein für diese so wichtige Festlegung der Carbonoberkante im Ubagsbergmassiv. Stimmt die obenerwähnte Zahl, dann lassen alle weiteren Verwurfsangaben, welche diese Arbeit für die O.-W.-Brüche bringt, sich auf der Carbonoberkante übertragen.

Die jetzt vorliegenden Bohrprofile stammen alle von den angelagerten Schollen; man hat das südliche Massiv, vielleicht wegen seiner grösseren Höhe, zufälligerweise immer vermieden. Nur die weit entlegene Bohrung No. 41 (Bosschenhuizen) traf diese Scholle, gab aber einen total ungenügenden Aufschluss von nur 53¹/₂ M. Mächtigkeit, welcher ein Flöz von 0.45 M. Kohle zeigte. Die Frage der Kohlenvorräte im Ubagsbergmassiv werde ich hier nicht weiter berühren. Sie ist, wegen der Möglichkeit von Schaukelbewegungen, wieder unabhängig von der Tiefenlage der Carbonoberkante. Von der Bohrung Bosschenhuizen ist sie nicht gelöst worden; die noch südlicher liegenden kohlenarmen Bohrungen bei Simpelveld, Partey und Niswylre sind nicht mehr massgebend wegen ihrer grossen Entfernung.

F. DIE KREIDEOSTGRENZE SÜDL. UND NÖRDL. VON HEERLEN UND DARAUS ZU FOLGERNDE MITTELSENONE BODENBEWEGUNGEN.

ERGÄNZENDE ERÖRTERUNG DER PRÄ- UND POSTSENONEN OSCILLIERENDEN BODENBEWEGUNGEN IM GEBIETE NÖRDL. VON HEERLEN.

Wir haben gesehen, dass die oberflächliche (scheinbare) Nordgrenze der Kreide, gleichzeitig meistens einem Steilrande entsprechend, bei Kunrade plötzlich ihre westöstliche Richtung verliert und nach S.O. abbiegt. Sie geht weiter über Richterich und Aachen und geht dort in die südliche Grenze der Kreide des hiesigen Gebietes über.

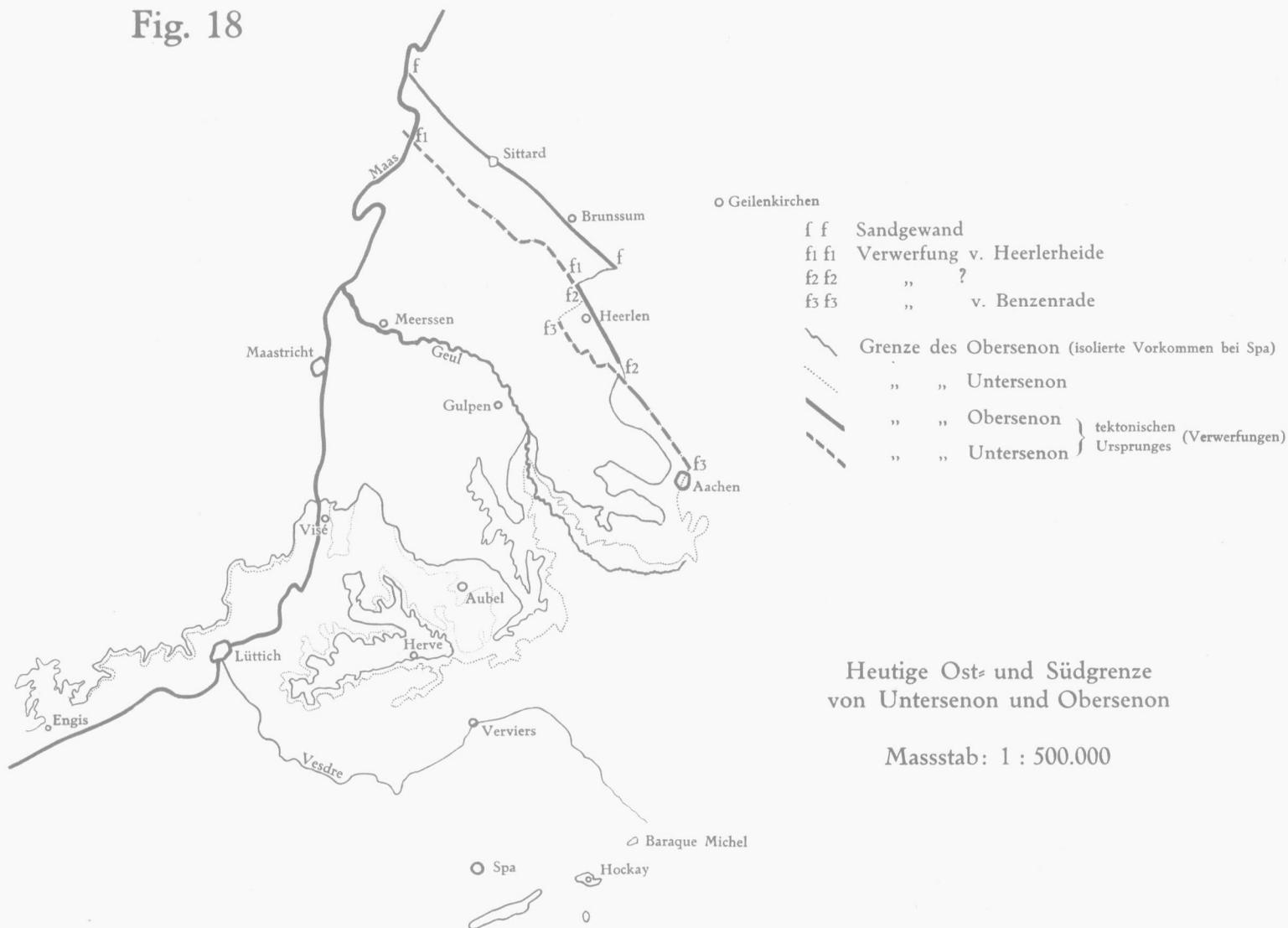
Auch wurde schon bemerkt, das nördl. vom erwähnten Rande das Senon sich unterirdisch noch weit nach Norden ausdehnt. Nord- und Westgrenze dieser begrabenen Ablagerungen liegen sogar in unbekannter Entfernung; bei Woensdrecht erbohrte man sie noch; die Ostgrenze aber ist näher und auch besser bekannt, zufolge der Bohrungen und Schachtabteufungen des limburgischen Kohlenfeldes. Einen Teil dieser Ostgrenze kann man gleich gut zur Südgrenze rechnen.

Die eigentliche Südgrenze des zu Tage gehenden Teiles des Senongebietes (siehe die Karte, Fig. 18) verläuft über Lüttich und Herve bis nach Aachen. Da springt sie entlang der Richterich-Benzenrader Verwerfung f3 f3 nach Norden und setzt sich bei Heerlen wieder weiter nach Osten fort, jetzt aber unter einer tertiären Bedeckung. Die Südgrenze des belgischen Gebietes ist natürlich, weil sie über Tage liegt, stark zerschnitten worden von der Erosion von Maas und Vesdre und ihren Nebenflüssen und deshalb bei weitem nicht mehr die ursprüngliche. Ihre allgemeine Richtung ist W.↗O.

Mit gleicher Richtung könnte jetzt die Südgrenze des Senons noch ostwärts weiter streichen, östl. von der Benzenrader Verwerfung. Die Oberkante ist ja dort eine noch nicht wieder von der heutigen kontinentalen Erosion freigelegte marine Abrasionsfläche, näml. die des unteroligocänen Meeres. Nichtsdestoweniger haben wir hier ein anderes Bild. Die Südgrenze biegt sich bei Aachen wie gesagt über Richterich nach Norden um und wird zur Ostgrenze, welche nordwärts bis Heerlen verläuft. Zwar geht dann die Grenze über eine kurze Strecke bei Heerlen wieder ostwärts, aber bald wird sie abermals nach Norden geworfen von der Verwerfung von Heerlerheide f2 f2, eine Spalte der N.W.↖S.O.↗Richtung. Weiterhin geschieht dies höchstwahrscheinlich noch einmal von dem Spaltenzuge Feldbiss-Sandgewand f f. So wurde die westöstliche Richtung gewissermassen gewaltsam in eine mehr nördliche umgeändert.

Westlich und östlich der Verwerfung von Benzenrade-Richterich zeigt die Kreide auch erhebliche Unterschiede, welche nur mit intrase-
nonen Bewegungen entlang dieser Spalte, welche der letzten Bewegung
entgegengesetzt verliefen, vereinbar sind. Ihre Oberkante liegt nämlich im

Fig. 18



Westen höher und trägt auf niederländischem Gebiet (Ubagsberg, Putberg) noch dünne tertiäre Erosionsreste (Basis ± 190 bis ± 180 M.); im Osten liegt die Oberfläche des Geländes z.T. tiefer und trägt trotzdem im Norden noch eine Tertiärdecke von 50 bis 100 M. Mächtigkeit. Die darunter folgende Kreide (bei + 71 M. in Valkenhuizen und + 50 M. in Benzenrade) ist aber so unbedeutend (10 M. in Valkenhuizen, 10 M. in Benzenrade), dass ihre Unterkante, das Carbon also, wieder weit höher liegt wie im Westen, wenigstens unter Spekholzerheide und Benzenrade. Im äussersten Süden der

östlichen Scholle, östl. von Richterich, fehlt die Kreide gänzlich (wegen der allgemeinen Auskeilung aller Formationen nach Süden), aber dort liegt noch immer das Carbon unter Hasenwalde weit höher (+ 178 M.) wie dieselbe Formation auf der westlichen Scholle bei der Grube Karl-Friedrich (+ 110 M.). (Vgl. fig. 7 S. 34).

Von Süden nach Norden zeigt sich westlich der Verwerfung von Benzenrade:

1. Aachener Sand, 55 M. mächtig im Steinkohlenfelde Karl-Friedrich bei Richterich (Basis 110 + A.P.).

2. In der Bohrung Vrusschehueske No. 1, welche schon auf holländischem Gebiet, aber nahe an der Grenze liegt, wird dieser Aachener Sand schon von dem ganzen Vaalser Grünsand (Hervien) und sogar von einigen Metern Kalkstein überlagert; die Bohrung traf:

18.83 M. Diluvium.

8.80 » Kalkstein.

80.— » Grünsand.

73.— » Aachener Sand (Basis 9 M.—A.P.) (Vgl. das ausführliche Profil auf S. 27).

3. Weiter nördlich sind von Benzenrade bis Kunrade diese Kalke aufgeschlossen, und erreichen bei Kunrade fast 50 M. Mächtigkeit.

Das Verhalten der tieferen Schichten des Grünsandes und des Aachener Sandes ist dort leider nicht mehr bekannt; erst kürzlich gelang es mir unter den Kalken von Kunrade noch die Oberkante des Grünsandes nachzuweisen. Auch die östliche Scholle unter Welten ist in der Tiefe noch ziemlich unbekannt.

4. Nördlich von der Verwerfung von Kunrade liegen wegen der Tertiärbedeckung nur Bohraufschlüsse in der Kreide vor. Sie zeigten 40 bis 50 M. Kalksteine und 70 bis 80 M. Grünsande an. Auf dem Vorhandensein von Aachener Sand lässt sich nicht schliessen.

Östlich der Verwerfung von Benzenrade liegen nur ältere z. T. sehr unzuverlässige Bohraufschlüsse vor, mit Ausnahme des Schachtes Oranje-Nassau I. Sie zeigen eine dünne Kreidedecke an, deren Mächtigkeit, wie immer, nach Norden wächst, und welche anscheinend ausschliesslich aus Kalkstein besteht. Dieser Kalkstein liegt mit seiner Oberkante weit tiefer und mit seiner Basis (die Carbonoberkante) weit höher wie derjenige des westlichen Massivs.

Die Profile der unvollständigen, anscheinend nur kalkigen Senonsuite der östlichen Bohrungen werden weiter unten aufgeführt als Bohrungen westlich der Verwerfung von Heerlerheide. Wo diese westliche Senonsuite durch das Auftreten von unternen Sanden vollständiger wird, welches erst nördlich von Heerlen geschieht, wiederholt sich genau dasselbe Verhalten abermals bei der Verwerfung von Heerlerheide und wird hier besser studierbar.

Diese Verwerfung von Heerlerheide ist gut bekannt von Amstenrade bis bei Husken südl. Heerlerheide; noch weiter südl. fehlen an der Oberfläche genügende Merkmale und müssen die Grubenaufschlüsse endgültige Klarheit schaffen. Bei Heerlerheide tritt auch östlich von ihr Kreide auf und bildet die Störung, genau wie vorher die Verwerfung von Benzenrade, eine auffällige Grenze (Vgl. fig. 21) zwischen einer mächtigen Kreideablagerung im Westen, die noch in der Schachtanlage Oranje-Nassau III bekannt ist und einer ganz dünnen Decke auf der Ostseite, die ausserdem noch eine weit tiefere Lage hat. Sogar die Oberkante liegt hier noch bedeutend tiefer wie die Unterkante, also die Carbonoberfläche in der Schachtanlage Oranje-Nassau III. Dies deutet auch hier auf Schaukelbewegungen, welche ich weiter unten separat erörtern werde.

Wegen dieser geringeren Mächtigkeit ist auch auf der östlichen Scholle die Südgrenze stark nach Norden gerückt. In der Tat fanden dort die Bohrungen nach Steinkohle No. 33 bei Pappersjan (etw. östl. Heerlerheide) und No. 53 im Moor östl. Schrijversheide nur 6.5 M., resp. 3.35 M. Kreide (weisser Kalkstein). Nur wenig weiter südwärts fanden Bohrungen bei Palenberg und Nieuwenhagen nur Sande und Tone des Tertiärs. Daraus ergibt sich die dortige auf der Karte dargestellte Grenzlinie. Die darf man aber nur weiter ziehen bis zu dem Punkte, wo man die Sandgewand trifft, denn nördl. hiervon traf die Bohrung No. 86 bei Rumpen allem Anscheine nach schon wieder keine Kreide, wie diese überhaupt noch aus keiner einzigen Bohrung östlich der Sandgewand in der Umgegend von Geilenkirchen und Scherpenseel bekannt wurde.

Westlich der Verwerfung von Heerlerheide f2 f1 kann man die dort sehr mächtigen Kreideablagerungen nach S. verfolgen (siehe Übersichtskarte) bis unter Vrusschemig und Valkenhuizen südl. von Heerlen (Bohr. No. 18 und No. 13) unter Caumer (Bohrung No. 22) und unter Benzenrade (Bohr. No. 19, östl. der Störung). Die meisten dieser z.T. wenig zuverlässigen Bohrprofile (Bohr. No. 22 erwähnt blauen „Sandstein“, was höchstwahrscheinlich, auch wegen der Farbe, Kalkstein sein soll) geben nur Kalksteine an und wir haben hier also wohl mit Mucronatenkreide zu tun. Die sandige Quadratenkreide, gekennzeichnet durch *Actinocamax quadratus* (*Belemnitella quadrata*) kenne ich westl. der Verwerfung von Heerlerheide erst mit Sicherheit aus den Emmaschächten südl. von Amstenrade.

Östlich dieser Störung von Heerlerheide ist wohl nur Kalkstein bekannt geworden, zuerst in Bohrungen östl. von Heerlerheide und später weiter nördlich bis Sittard und auch bei Rumpen südl. von Brunssum. Als Fossilienmaterial liegt hier nur dasjenige vor, was ich aus Spülproben gesammelt habe. Diese Fauna wurde z.T. in liebenswürdiger Weise von Herrn E. PERGENS in Maeseyck untersucht, der hier nur senone und zwar nach seiner Meinung obersenone Arten bestimmen konnte. Man hat schon aus dem Vorangegangenen den Schluss ziehen können, dass es sich hier um eine obersenone Transgression handelt.

9. Bohrung No. 18 bei Vrusschemig südl. von Heerlen. Mundloch
150.40 M. + A.P.

Von 70.75 M. — 78.75 M. 8.00 M. bläulichgrauer Kalkstein.
» 78.75 » — 90.50 » 11.75 » grüner Mergel. Quadratenkreide fehlt.
Hierauf folgt Carbon.

KREIDEPROFILE AUS DEM GEBIETE ÖSTL. DER VERWERFUNG VON
HEERLERHEIDE, ZWISCHEN DIESER UND DER SANDGEWAND.

1. Bohrung No. 33 bei Pappersjan östl. von Heerlerheide. Mundloch
91.80 M. + A.P.

Von 237.40 M. — 243.90 M. 6½ M. Mergel. Darauf folgt Carbon.

2. Bohrung S. M. IV bei Einde (nordöstl. von Heerlerheide). Mundloch
89.00 M. + A.P.

Von 260.00 M. — 272.10 M. blaugrauer Mergel mit folgender Fauna bis 264.00 M.

Eschara coronata H.
Idmonea ramosa d'Orb.
Vincularia bella H.
» *canalifera* H.
Entalophora proboscidea Edw.

und folgende Formen bis 270.00 M.:

Melicertites gracilis Gldf.
Idmonea carinata Roemer, welche alle nach Herrn
E. PERGENS auf Obersenon hinweisen.

Hierauf folgt Carbon.

3. Bohrung S. M. II, 1½ K.M. östl. von Amstenrade. Mundloch
100.60 M. + A.P.

Von 271.00 M. — 294.90 M. graugelber Mergel mit *Vincularia bella* H. in den obersten
Bänken (nach Herrn E. PERGENS).
Hierauf folgt Carbon.

4. Bohrung No. 53 im Moor, ± 400 M. östl. von Schrijversheide. Mundloch
92.40 M. + A.P.

Von 186.90 M. — 190.25 M. 3.35 M. harter, grauer Mergel mit Feuerstein, Fossilien und Pyrit.
Hierauf folgt Carbon.

5. Bohrung Schacht Hendrik bei Rumpen südl. von Brunssum.

Von 212.00 M. — 224.50 M. Kreide-Mergel mit Foraminiferen.
Hierauf folgt Carbon.

6. Bohrung S.M. VIII, nördl. vom Schacht Hendrik.

Von 208.40 M. — 217.50 M.

Tuffartiger Kalkstein mit
Truncatula felix H.
Spiropora verticillata Gldf.,
Orbitoides macropora H.
Calcarina calcitrapoides (nach Herrn E. PERGENS.)
Hierauf folgt Carbon.

7. Bohrung No. 57 östl. von Merkelbeek (Bovenste Hof).

Von 279.30 M. — 302.00 M. 22.70 M. Kalkmergel, abwechselnd weich und hart.
» 302.00 » — 303.60 » 1.60 » harter Mergel.

Hierauf folgt Carbon.

8. Bohrung No. 49 in Gracht (Oirsbeek):

Von 261.20 M. — 285.40 M. 24.20 M. harter, grauer Mergel
» 285.40 » — 286.20 » 0.80 » graugrüner Mergel.
» 286.20 » — 290.10 » 3.90 » kalkiger Mergel mit Muscheln und Feuerstein.

Hierauf folgt Carbon.

9. Bohrung S.M. IX, etwa 700 M. westl. von No. 49 zwischen Schinnen und Oirsbeek:

Von 260.70 M. — 281.30 M. 20.60 M. körniger Kalkstein mit Fossilien. } nach Spülproben.
» 281.30 » — 296.50 » 15.20 » Mehr compacter Kalkstein.
Hierauf folgt Carbon.

10. Bohrung No. 65 Merkelbeek (Douvergenhout):

Von 295.00 M. — 300.00 M. 5.00 M. Mergel mit Feuerstein.
» 300.00 » — 349.00 » 49.00 » harter Mergel (Carbon nicht erreicht)
(ein nicht officielles Profil gibt nur 10.00 M. Mergel an).

11. Bohrung No. 54 etwas nördl. von Puth (Schinnen).

Von 314.50 M. — 316.00 M. 1½ M. grauer, fossilführender Mergel.
» 316.00 » — 394.00 » 78.00 » weisser Kalkmergel mit Muscheln.
Hierauf folgt Carbon.

(Ein nicht officielles Profil gibt in diesen Schichten noch Feuerstein und Pyrit an und grauen harten Mergel als unterstes Schichtglied, während die ersten 35 M. nach dieser Angabe sandig und vielleicht zum Tertiär gehören. Letzteres würde mit einer kleineren Mächtigkeit des Senons stimmen, was wahrscheinlicher ist, angesichts der geringen Mächtigkeit in den anderen hier angeführten Bohrungen des Gebietes).

12. Bohrung No. 66 bei Haus Doenrade.

Von 338.50 M. — 341.50 M. 3.00 M. harter grauer Mergel.
» 341.50 » — 348.00 » 6.50 » hellgrüner Mergel.
» 348.00 » — 350.25 » 2.25 » grauer Mergel.
» 350.25 » — 356.50 » 6.25 » hellgrüner Mergel mit Feuerstein.

13. Bohrung No. 63 in Groot Doenrade, 4 K.M. südöstl. von Sittard, südl. von Hillensberg.

Von 360.00 M. — 393.00 M. 33.00 M. grau gelber Kalkmergel (möglicherweise fängt das Senon noch 6.60 M. höher an)

14. Bohrung No. 64, unmittelbar westl. Windraak, 3 K.M. südöstl. Sittard, südwestl. von Hillensberg.

Von 351.55 M. — 360.00 M. 8.45 M. grauer Mergel.
» 360.00 » — 364.00 » 4.00 » hellgrauer Mergel.
» 364.00 » — 370.00 » 6.00 » dunkelgrauer Mergel.
» 370.00 » — 378.00 » 8.00 » grauer Mergel tonig.
» 378.00 » — 383.05 » 5.05 » » » grobkörnig.
» 383.05 » — 394.05 » 10.95 » harter Mergel.

15. Bohrung No. 84 bei Watersleyhof, 2¹/₂ K.M. südöstl. von Sittard, 1¹/₂ K.M. westl. von Hillensberg.

Von 413.90 M. — 456.20 M. 42.30 M. grobkörnige riffartige und darunter feinkörnige kristallinische foraminiferenführende Kalksteine, von welchen ich Kernstücke bekam durch freundl. Vermittlung des Herrn E. MARTENS in Lüttich (1).

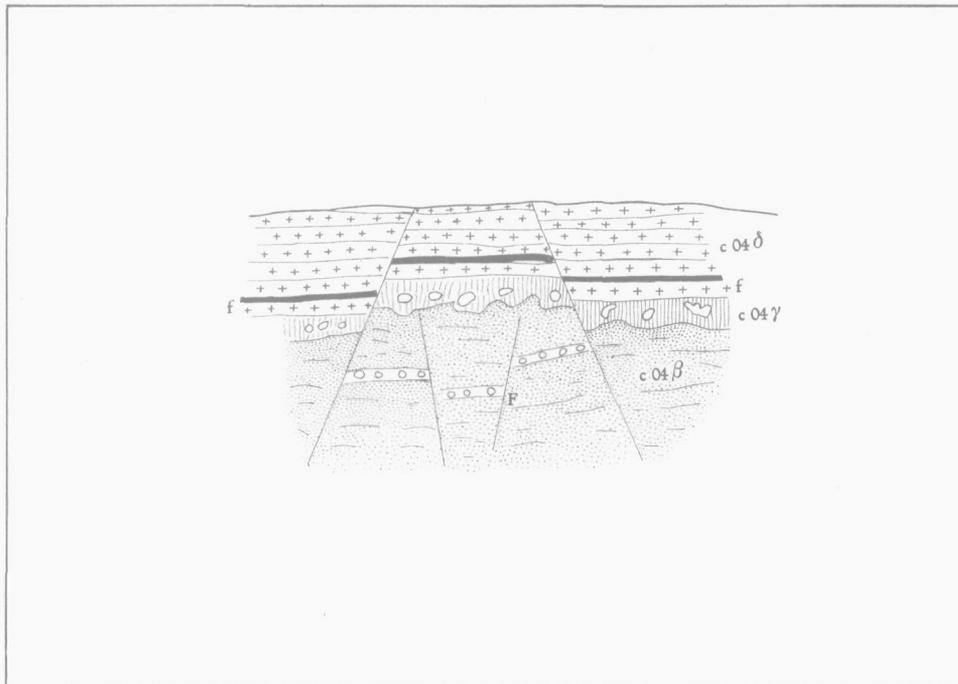
Besonders das Profil dieser Bohrung bei Sittard lässt wohl keinen Zweifel über das Fehlen des Grünsandes, unter welcher Form die Quadratenkreide immer auftritt, sogar noch in der Peelgegend bei Helenaveen.

Aus dem Vorangehenden kann also gefolgert werden, dass der Kalkstein, der mir *Belemnitella mucronata* lieferte im Emmaschacht, übergreift über die Sande der Quadratenkreide von Schacht Emma und zwar einerseits südwärts im Gebiet der 9 Profile der ersten Bohrungsgruppe westl. der Verwerfung von Heerlerheide; andererseits ostwärts, wo gute Anzeichen für sandige Kreide gänzlich fehlen. Mergel bedeutet in den hiesigen Bohrprofilen fast immer Kalkstein.

(1) Das offizielle Bohrprofil gibt irrtümlich kalkigen Sandstein an und demzufolge wurde dieses Gestein vom Bohrunternehmer und später auch in dem Gutachten über die Maasfelder der Herren MERCIER und SARTER (1911) als Trias angesprochen.

Die mächtigen basalen Kiese der Quadratenkreide im Emmaschachte zeigen vielleicht einen Rückzug des Meeres von kurzer Dauer an. Sonst wurde die Transgression hier nur von einer gleichmässigen Senkung des Ardennen-Gebietes bedingt. Während die Grünsande nur bis halbwegs Herve und Verviers reichen, so sind doch auch die bekannten Feuersteinablagerungen des Hohen Venns wohl ganz sicher die Reste dieser Transgression, welche also bis über Spa, Hockay und die Baraque Michel hinausgereicht hat.

Fig. 20



VERWERFUNGEN IN DER KREIDE AM BAHNHOF SÜSTERFELD

nach Prof. E. HOLZAPFEL

c 04 β Vaalser Grünsand; F Fossilführende Lage in c 04 β; c 04 γ Aufgearbeitete Kreidemergel ohne Feuersteine (Glaukonitsand mit Mergelbrocken); c 04 δ Kreidemergel mit Feuersteinen; f Feuersteinschicht.

Dass jetzt nach der Karte, fig. 18, S. 68 die sandige Etage sonst noch weiter nach Süden reicht, wie die kalkige, lässt sich erklären aus der intensiven Denudation, welche die so hoch gehobenen Kalke erlitten haben. In der Peelgend ist die Oberkante der Maastrichter Kreide nach VAN WATERSHOOT VAN DER GRACHT stark denudiert und keineswegs die ursprüngliche Oberkante (Mitteilung No. 2 dieses Dienstes). Im hier behandelten Gebiet hat die Eocändecke, welche in der Peelgend die Kreide noch überlagert, vielleicht immer gefehlt.

Während im Gebiete nördl. von Kunrade die Kalke entlang der Verwerfung

abgesunken und jetzt noch von einer Tertiärdecke geschützt werden, liegt südl. von Kunrade ihre Basis in rund 100 M. + A.P. Bei Vaals ist diese schon rund 260 M. + A.P., beim Klausberg südl. von Aachen 340 M. und bei Hockay und der Baraque Michel + 540 M. resp. + 600 M.

Im Osten ist die Transgression des Mucronaten-~~Meeres~~ mit Spaltenbewegungen verbunden gewesen.

Die Quadratenschichten hören an der Verwerfung von Heerlerheide auf, und das östliche Gebiet bildete also damals einen Horst, im weitesten Sinne des Wortes.

Die Kalksteine des Westens setzen sich aber östl. der Verwerfung fort und zeigen ganz klar die Transgression an, die aber nur bis zur Sandgewand zu reichen scheint. Hinter dieser Störung sind keine Kreideablagerungen bekannt und ich nehme an, dass sie auch in den noch nicht untersuchten nördlicheren Gebieten fehlen werden.

Diese mittelsenonen Bodenbewegungen habe ich vorher kurz angedeutet in einer Veröffentlichung in der Lütticher geologischen Zeitschrift (1) und dort auch über eine präsenone Bewegung und eine postsenone entlang denselben Spalten gesprochen, welche im Folgenden auf Grund von neueren Ergebnissen abermals erörtert werden

In einer Veröffentlichung von E. HOLZAPFEL (2) fand ich vor Kurzem die Skizze eines Profiles beim Bahnhof Aachen-West, das in überraschen der Klarheit auch dort mittelsenone Bewegungen anzeigt. Er erlaubte mir diese hier abzudrucken.

Obersenonschichten überlagern dort in ungestörter Lagerung tiefere Senon-schichten, welche von Verwerfungen durchzogen sind.

(1) W. C. KLEIN: Failles montrant trois mouvements opposés successifs dans le bassin houiller du Limbourg néerlandais. Ann. de la Soc. géol. de Belgique, T. XXXVII, Mém. S. 373.

(2) Siehe Bemerkung (1) auf folgende Seite.

ERGÄNZENDE ERÖRTERUNG DER PRÄ- UND POSTSENONEN OSCIL- LIERENDEN BODENBEWEGUNGEN

IM GEBIETE NÖRDL. VON HEERLEN.

Im Anschluss an die vorangegangenen Erörterungen über senonische Krustenbewegungen entlang den N.W.-S.O.-Störungen von Benzenrade und Heerlerheide und bei der Sandgewand soll der vollständige Bewegungsmechanismus dieser interessanten Brüche hier noch kurz beschrieben werden, mit Berücksichtigung der bedeutenden präsenonischen und postsenonischen Bewegung, welche noch nicht erwähnt wurde. Weil bei der Verw. von Benzenrade das beiderseits anstossende Carbon fast unbekannt ist, was seine Zone anbetrifft und auch die Tiefenlage der Oberfläche oft zweifelhaft ist, wird sie nicht in Betracht gezogen.

An den cretacischen Bewegungen gingen bei den Verwerfungen von Heerlerheide und der Sandgewand ältere präcretacische (d. h. präsenone) voran und jüngere Nachsenkungen folgten in der Tertiär- und Quartärzeit. Auch haben die älteste und die jüngere Bewegung gerade eine Senkung der östlichen Schollen veranlasst, während in der Untersenonzeit die Ablagerungen des Hervienmeeres, wie erwähnt, plötzlich im Osten halt machen an die Verwerfung von Heerlerheide. Wahrscheinlich wurde dem Vordringen des Hervienmeeres nach Osten durch eine Barrière Halt geboten und diese kann wohl nur ein Horst gewesen sein, der sich befand an der Stelle der jetzigen gesunkenen Schollen, östlich der Verwerfung von Heerlerheide. Wenn der Horst noch nicht bestanden hätte während der Ablagerung der Herviensande, so müsste er sich unmittelbar nach dieser Periode durch eine Hebung der östlichen Schollen gebildet haben. In einer kurzen Rückzugsperiode des Meeres wären dann die Sande von den Schollen öst. der Verwerfungen von Heerlerheide entfernt worden und unmittelbar darauf von der Transgression des Kalksteinmeeres betroffen. Weil eine stratigraphische Lücke zwischen Sanden und Kalksteinen im Emmaschacht nicht zu konstatieren ist, wird die letztere Annahme sehr unwahrscheinlich. Ein eventuell stattgehabter Meeresrückzug würde dann jedenfalls übereinstimmen mit einer Kiesbank von 140—146 M. im Schacht Emma, unter welcher die *Quadraten*-Schichten dort anfangen (siehe S. 71).

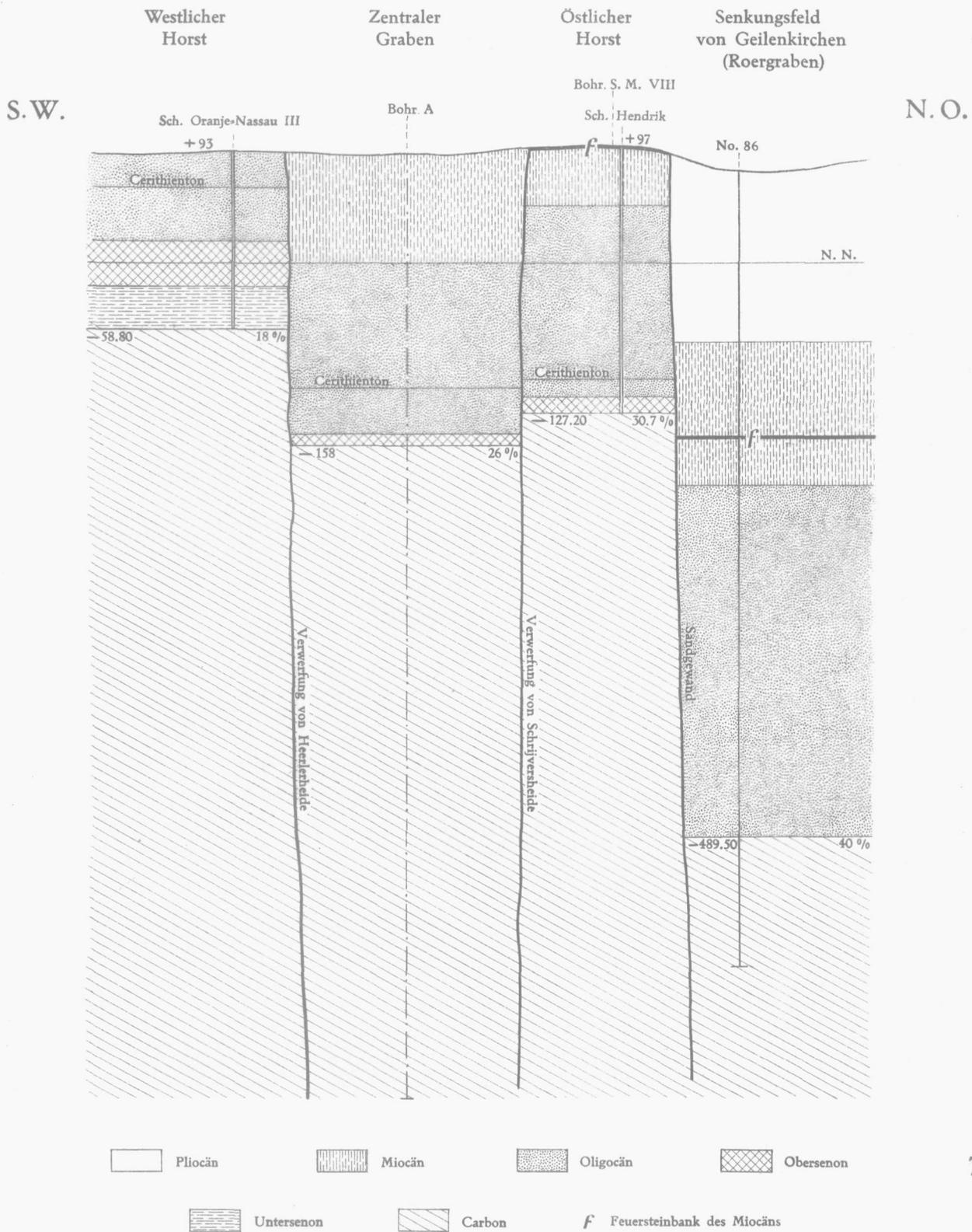
(¹) E. HOLZAPFEL: Die Geologie des Nordabfalles der Eifel mit besonderer Berücksichtigung der Gegend von Aachen. Teil I der Festschrift zum XI. Allgemeinen deutschen Bergmannstag, Aachen 1910, S. 123. Auch erschienen in den Abh. der Kön. Preuss. Geol. Landesanstalt, N. Folge, Heft 67.

Fig. 21

QUERPROFIL DURCH DAS LIMBURGER BECKEN (S.W.—N.O.)

durch die Schächte Oranje-Nassau III (Heerlerheide) und Hendrik (Brunssum) und die Bohrung No. 86.

Massstab: Längen: 1 : 50.000
Höhen: 1 : 5.000



Bei der Sandgewand äussert sich eine ähnliche Hebung in dem Aufhören der Kalksteinschichten an dieser Spalte.

Zum Studium der gesamten Bewegungen ist es am geeignetsten in einem Querprofile das Verhalten der Schichten in der Reihenfolge ihres Alters zu untersuchen und besonders die Änderungen zu beachten, welche die Formationen dort erfahren, wo sie von N.W.-S.O.-Verwerfungen gekreuzt werden. Es handelt sich dabei um Mächtigkeits- und auch um Horizontänderungen, welche sprungweise oder allmählich erfolgen. Allmähliche Änderungen der Mächtigkeit zeigt jede Ablagerung, die während ihres Entstehens keine vollkommen horizontale Unterlage vorfand und dieser Fall ist also der normale. Wenn zwei Bohrungen, in 1 K.M. Entfernung niedergebracht, 10 M. oder 20 M. Differenz in der Mächtigkeit irgend eines marinen Schichtglieds anzeigen, lässt sich daraus sehr wenig schliessen, besonders wenn ihre Verbindungslinie dem Einfallen der Schichten entspricht. Auch wenn zwischen zwei solchen Bohrungen eine Verwerfung durchstreicht, ist es nicht erlaubt die Mächtigkeitsdifferenz damit sofort in Verbindung zu bringen.

Anders verhält es sich aber, wenn zwischen zwei, nur einige Hunderte von Metern von einander entfernten Bohrungen, Mächtigkeitsdifferenzen von 50 M. oder mehr auftreten. Bei marinen Ablagerungen ist dies nicht ohne weiteres möglich.

Wegen der kleinen Distanzen zwischen den ziemlich gehäuften Bohrungen eignet sich die Gegend unmittelbar nördlich von Heerlen am besten für diese Studien. Die Verwerfung von Heerlerheide ist an mehreren Stellen sehr eng zwischen den Bohrungen eingeschlossen, und vor kurzem in der Emmagrube mit einem Querschlag sogar durchfahren; die Sandgewandstörung ist auf unserem Gebiete leider nur an einem Punkte, beim Schacht Hendrik bei Rumpen südl. von Brunssum, besser studierbar.

Betrachten wir z.B. ein S.W.-N.O.-Profil von Schachtanlage Oranje Nassau III bei Heerlerheide nach der Bohrung No. 86 am Roode Beek nordöstl. von Rumpen. (Fig. 21). Ausser den genannten Aufschlüssen können die Bohrungen A. S. M. IV und der Schacht Hendrik darauf projiziert werden, weil ihre Distanz von der Profillinie nur klein ist und 500 M. nicht übersteigt. Vorläufig lassen wir die Verwürfe, welche die Ablagerungen erlitten, ausser Betracht, betonen aber, dass alle Formationsgrenzen erfahrungsgemäss fast horizontale Ebenen sind, was sich besonders in einem S.W.-N.O.-Profil zeigt. Die geringe Neigung aller sekundären und tertiären Schichten ist nach N. oder N.W. gerichtet, auch noch an ihrer Basis, der Carbonoberkante. Diesem Einfallen wurde schätzungsweise Rechnung getragen bei der Einzeichnung von Bohrungen ausserhalb der Profillinie, in Fig. 21 sowohl wie in Fig. 22.

	Westlicher Horst	VERWERFUNG VON HEERLERHEIDE	Zentraler Graben		Östlicher Horst	Grabenschollen von Geilenkirchen hinter der Sandgewand
	Schachtanlage Oranje-Nassau III		Bohrung A	Bohrung S. M. IV	Schacht Hendrik	Bohrung 86
Mundlochshöhe	+ 93.20 M.		+ 91.96 M.	+ 89.10 M.	+ 97.— M.	+ 76.— M.
Oberste Carbonzone der Bohrung	Magerkohlen 18 %		Fettkohlen 26 %.	Fettkohlen 28.05 %	Fettkohlen 30.8 %	Gaskohlen und Gasflammkohlen 40.8 %
Carbonoberkante bez. N. N.	- 58.80 M.		- 169.54 M.	- 183.10 M.	- 127.20 M.	- 489.50 M.
Kreidezonen	Kalkstein Grünsand		Kalkstein	Kalkstein	Kalkstein.	nicht anwesend
Kreidemächtigkeit total	87.— M.		?	12.10 M.	12.50 M.	nicht anwesend
Kreideoberkante bez. N. N.	+ 17.20 M.		?	- 171.— M.	- 114.70 M.	
Oligocänmächtigkeit (roh geschätzt)	76.— M.		?	170.— M.	163.— M.	340.— M.
Oligocänoberkante bez. N. N.	+ 21.60 M.		+ 2.00 M.	N. N.	+ 47.— M.	- 150.— M.
Mächtigkeit der Braunkohlenformation (roh geschätzt)	fehlt	90.— M.	90.— M.	50.— M.	225.— M.	
Distanzen, projectiert auf der Profillinie	1500.— M.	250.— M.	1550.— M.	1050.— M.		

Aus dieser Tabelle lässt sich die ganze tektonische Geschichte des Gebietes rekonstruieren. Denken wir uns die Carbonoberkanten in gleichem Niveau, dann wird das also modifizierte Profil bei Entfernung des Deckgebirges ungefähr das Resultat der präcretacischen Bewegungen zeigen. Das von ihnen geschaffene Relief war sicherlich in dieser Gegend während der ganzen Periode vom unteren Lias bis zum Senon den einebnenden Wirkungen einer kontinentalen Erosion unterworfen. Ablagerungen aus Dogger, Malmz und untere Kreidezeit fehlen vollständig in Nord-Belgien, in Limburg und im Ruhrgebiet Durch das nebeneinander stellen

der jetzt so ungleich tiefliegenden Carbonoberkanten der verschiedenen Schollen nähert man sich in der Darstellung am meisten den Verhältnissen der Turonzeit, die unmittelbar an der Senontransgression vorangingen. Man ersieht ohne Weiteres, dass ein Gebiet, auf welchem man nebeneinander in einem Querschnitt Flöze von

18 ⁰ / ₀	26 ⁰ / ₀	28 ⁰ / ₀	30.8 ⁰ / ₀	und 40.8 ⁰ / ₀
auf dem westl. Horste	zwischen Verwerfung von Heerlerheide und Sandgewand			östl. der Sandge- wand

findet, eine tektonische Geschichte hinter sich hat. Die S.W.-N.O.-Profillinie macht keinen grossen Winkel mit dem Streichen der Faltungsachsen, welches in den Grubenbauen bei Schachanlage Oranje-Nassau III bekannt wurde, und so ist es bei der geringen Neigung der hiesigen Faltungsachsen ausgeschlossen, dass diese Faltung den ganzen Unterschied bedingt.

Weil der Gasgehalt der Flöze in den Bohrungen des Profiles sehr regelmässig von oben nach der Tiefe sich verringert, lässt sich daraus schliessen, dass die Scholle des Oranje-Nassauschachtes vorher auch in den höheren, dort jetzt weggeräumten fetteren Flözen diese Regelmässigkeit gezeigt hat, besonders weil sie jetzt noch vorliegt in den Profilen A und Hendrik. Bohrung. A. liegt nur 1¹/₂ K.M. von Schachanlage III entfernt. Der Gasgehalt des zweiten Flözes im Schacht war nach der vorangegangenen Bohrung B 18⁰/₀. Einen ähnlichen Gehalt trifft man in Bohrung A erst in einem 450 M. tieferen Niveau an. Dort lagerten noch 430 M. produktives Carbon über diesem Horizont und fast diese ganze Mächtigkeit wird also durch die präsenone kontinentale Erosion auf der westlichen Scholle entfernt worden sein. So wäre der präsenone Verwurf schätzungsweise auf rund 450 M. bestimmt ⁽¹⁾. Inzwischen wird die Zahl in Wirklichkeit diesen Betrag doch wohl nicht erreichen, weil es jedenfalls wahrscheinlich ist, dass die Faltungsachsen nach Osten einfallen zwischen beiden Punkten und dass auch, wegen der mehr nördlichen Lage des Bohrlochs A, ein und dasselbe Flöz zwischen beiden Aufschlüssen wohl gasreicher geworden sein wird. Letzterer Umstand kann sogar Ursache sein, dass der Betrag unserer Schätzung um einige hundert Meter vermindert werden muss. Sonst bietet aber ein Vergleich des Gasgehalts in diesen beiden Aufschlusspunkten auch deshalb mehr Anhalt, weil alle Analysen in demselben Laboratorium (DE WENDEL) gemacht worden sind.

Die oben erwähnte Möglichkeit lässt es jedenfalls geraten erscheinen, mit weiteren

⁽¹⁾ In unserem Carbon steigen die Gasgehaltzahlen eines bestimmten Flözes, wenigstens im Heerleener Gebiete, nach Norden an und auch das Generalfallen der gefalteten Schichten unter der Abrasionsfläche ist nach N. gerichtet und viel steiler als das Einfallen der Carbonoberkante selbst. Eine sehr starke horizontale Verschiebung der östlichen Scholle nach Süden könnte im gegebenen Profile die Differenzen zu beiden Seiten der Störung von Heerlerheide schliesslich auch erklären. Vorläufig liegen für eine solche Annahme noch wenig Gründe vor. Östlich der Verwerfung sind noch keine Aufschlüsse vorhanden, die so gross sind, dass man das Fehlen einer horizontalen Verschiebung (Blattverschiebung) beweisen kann durch das Fehlen von seitwärts verschobenen Sattel- oder Muldenachsen.

Ausführungen bezüglich der präsenonen Bewegung noch zu warten bis die Gruben-
aufschlüsse in den Kohlenfeldern Oranje-Nassau und Emma auch östlich der Störung
von Heerlerheide grössere Bedeutung erlangt haben. Obwohl die Existenz einer
präsenonen älteren Bewegung nachgewiesen worden ist für diese, und sie wohl sehr
wahrscheinlich eine vertikale, also eine Senkung war, unmöglich ist jedenfalls nicht,
wie gesagt, die Mitwirkung von horizontalen Bewegungen beim Zustandekommen der
jetzigen Änderungen des Carbons in S.W.-N.O.-Profilen, welche diese Störungen
kreuzen. Die Bohrungen der Profiltabelle zwischen Bohrung A und Schacht Hendrik
zeigen, dass zwischen ihnen die Verhältnisse konstant bleiben.

Für die Sandgewand lassen sich nur in einer Profillinie vom Schacht Hendrik
nach Bohrung No. 86 (Fig. 21) einige Schlüsse ziehen bez. eine präsenone Bewegung
entlang dieser Spalte. Bringt man die Carbonoberkanten in gleichem Niveau, so zeigen
sich nebeneinander Kohlenflöze der Fettkohlen und der Gas- und Gasflammkohlen-
gruppe mit dem maximalen Gasgehalt von resp.:

30.8%	und	40.8%
westlich der Sandgewand		östlich der Sandgewand

Die Distanz der beiden Aufschlüsse ist nicht gross (1 K.M.) und auch hier
fällt es uns schwer, die Unterschiede lediglich auf Wechsel im Gasgehalt eines und
desselben Flözes oder auf starke Neigungen der Carbonschichten unter der Abrasionse-
bene zu beziehen. Die Möglichkeit, dass die also wohl sicher vorhandene präsenone
Bewegung z.T. eine Verschiebung des östlichen Gebietes nach Süden ist, lässt sich auch
hier nicht von der Hand weisen. (1)

Besonders bei den Haupttrandverwerfungen des grossen Sittard-Roermonder
Grabens ist aber eine präsenone sehr grosse Senkung auch noch in der Triasverbreitung
zu begründen. Grosse Massen Buntsandstein, Muschelkalk, Keuper und Lias füllen
diesen Graben, mindestens bis Sittard, und ihr Fehlen auf dem Limburger Plateau
und dem Peelhorst ist bei Annahme von reinen Blattverschiebungen nicht zu erklären.

Zu ähnlichen Betrachtungen (2) führte mich schon vorher das Studium des Car-
bons in einem Profile, dass von den Emmaschächten, 1 K.M. südlich von Amstenrade,
nach Schacht Hendrik und der Bohrung No. 86 geführt worden war. Es hat mehr eine
W.S.W.-O.N.O.-Richtung und steht ebenso wie das besprochene S.W.-N.O.-Profil,
das bei derselben Bohrung No. 86 endet, fast senkrecht zu den beiden Hauptver-
werfungen des N.W.-S.O.-Systems. Hier fanden sich neben einander die folgenden

(1) Die Sandgewand bei Eschweiler zeigt nach dem geol. Blatt Eschweiler (HOLZAPFEL) aller-
dings nach etwas hypothetischen Flözeintragungen, einen seitlichen Verwurf von rund 400 M., was
ganz unbedeutend ist gegenüber dem dortigen vertikalen Verwurf von derselben Grösse.

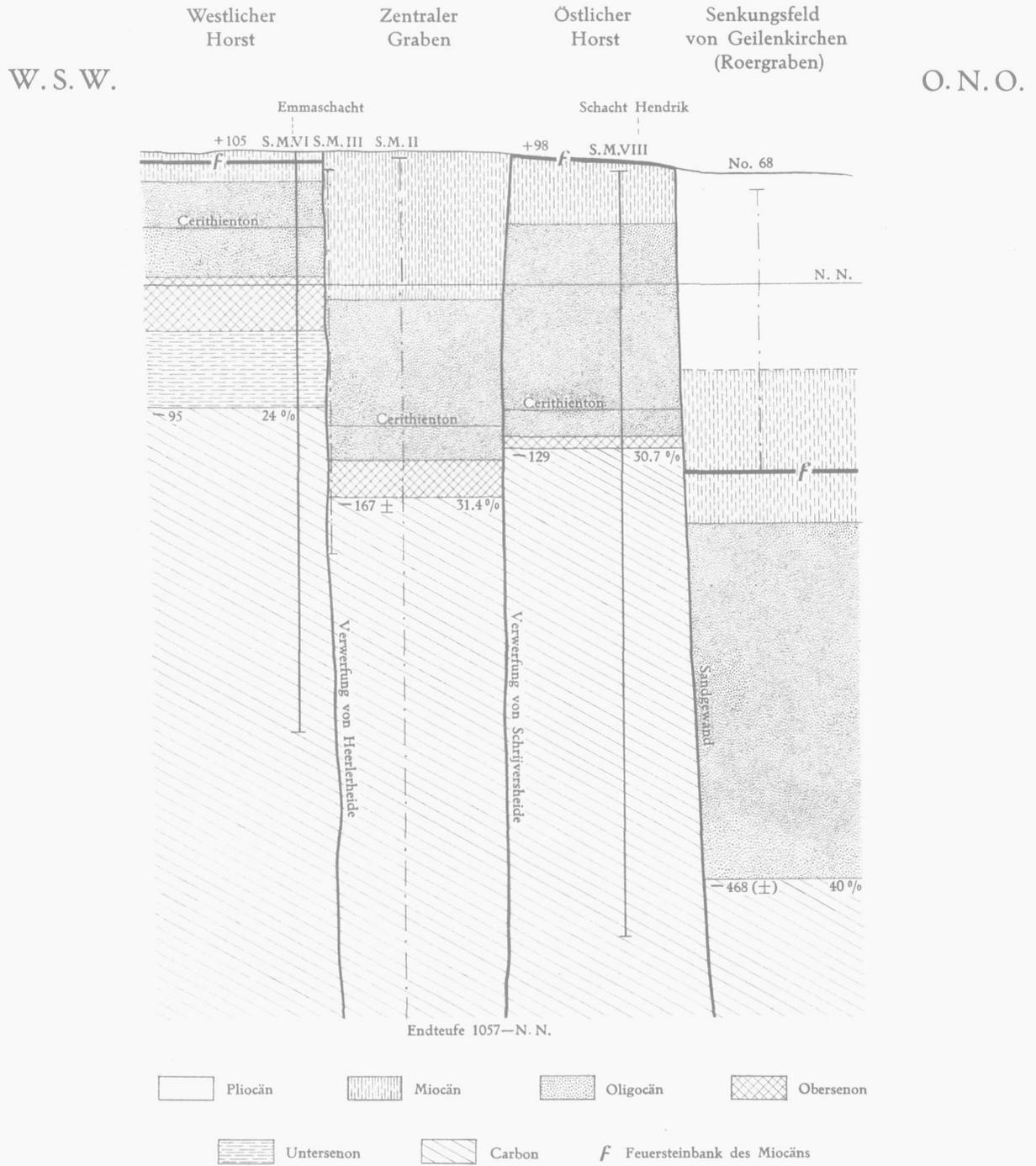
(2) W. C. KLEIN: Failles montrant trois mouvements opposés successifs dans le Limbourg
hollandais. Ann. de la Soc. géol. de Belg., T. XXXVII, 1910, Mémoires, p. 373.

Fig. 22

QUERPROFIL DURCH DAS LIMBURGER BECKEN (W.S.W.—O.N.O.)

über den Emmaschacht, den Flecken Rumpen, die Bohrung S. M. VIII beim Hendrikschacht und nördlich von Bohrung No. 68 vorbei.

Massstab: Längen: 1 : 50.000
Höhen: 1 : 5.000



Carbonzonen, beurteilt nach dem gasreichsten Flöze des Profiles (meistens gleichzeitig das höchstliegende):

Sch. Emma	VERWERFUNG VON HEERLERHEIDE	Bohr. S.M. III	Bohr. S.M. II	Sch. Hendrik	SANDGEWAND	Bohr. No. 86
22.9 %		25.09 % Der erste Querschlag der Grube Emma, der dieses Feld anfuhr, traf einen Riffel von über 30 %.	31.4 %	30.8 %		40.8 %

Dieselben Schlüsse lassen sich hier ziehen und bei der Verwerfung von Heerlerheide mit grösserer Sicherheit, weil hier die Distanz der beiderseitigen oben zitierten Aufschlüsse kleiner ist (im Querschlag nur 300 M.), wie diejenige zwischen Schachtanlage Oranje-Nassau III und Bohrung A (1 $\frac{1}{2}$ K.M.). Profil Fig. 22 erläutert graphisch diese Verhältnisse.

Die Bewegungen während der Senonzeit sind schon beschrieben worden. Die Herviensande (Untersenon) reichen nur bis zu den Verwerfungen von Benzrade und Heerlerheide. Erstere bildet ihre Ostgrenze von Aachen bis Heerlen, die zweite von Heerlen bis Geleen südl. von Sittard. Nördlich von Geleen scheinen die Sande lokal noch etwas überzugreifen über die Spalte von Heerlerheide, welche bis zur Maas verfolgt werden kann. Das Hervien des Emmaschachtes ist das einzige, das mir näher bekannt wurde, weil ich die Abteufarbeiten verfolgt habe. Sein Profil hat, wegen zahlreicher eingeschalteten Kiesbänkchen, litoralen Charakter. Angesichts des Vorherrschens von feinen Sanden scheint es trotzdem schwierig anzunehmen, dass die nur 200 à 300 M. entfernte Verwerfung von Heerlerheide die damalige Küste bildete. Wenn sich also auch noch einmal ein ganz seichtes Hervienmeer weiter östwärts fand, so sind dessen Ablagerungen gänzlich abgetragen worden.

Die Mucronatenkalke greifen, wie erwähnt, über die Verwerfung hinweg, erreichen aber bei der Sandgewand-Spalte ihr Ende und auch wieder sehr plötzlich. Bohrung S.M. XII, südöstlich vom Schacht Hendrik, ist nur 100 à 150 M. von dieser Spalte entfernt und zeigte noch 10 M. Kalkstein. In Bohrung No. 86 fehlt Kreide nach dem Bohrprofil; ich möchte aber betonen, dass nördlich von diesem Punkte im grossen Graben keine einzige Bohrung bis jetzt die Kreide oder ältere Schichten erreicht hat. Sie kann jedoch dort ev. noch vertreten sein. Allerdings lässt sich im Maastale noch immer nachweisen, dass die von Maastricht nach N. hin zuerst wachsende Kreidemächtigkeit sich in der Nähe der grossen Störungen plötzlich schnell verringert.

Für eine süd-nord gerichtete Reihe von Bohrlöchern, möglichst in der Nähe der

Maas gewählt in holländisch Limburg, ergibt sich z.B. folgende Variation in den cretacischen Ablagerungen:

	No. 24 bei Valkenburg	No. 67 bei Aalbeek	No. 52 bei Spaubeek	No. 76 bei Elsloo	No. 73 bei Welschenheuvel	No. 80 bei Obbicht
Total	145.32 M.	139.00 M.	157.40 M.	207.50 M.	152.80 M.	78.00 M.
Kalkstein . .	143.13 »	94.00 »	86.80 »	85.00 »	81.40 »	78.00 »
Sand.	2.19 »	45.00 »	70.60 »	122.50 »	71.40 »	

X. STAINIER gab für die Campine eine ähnliche Tabelle für eine sudnördliche Reihe von Bohrlöchern westl. der Maas:(¹)

	Lanae- ken	Opgrim- by No. 49	Meche- len No. 32	Eysden I No. 76	Eysden II No. 81	Lan- klaer No. 46	Dilsen No. 50	Ro- them No. 64	Eelen I No. 31	Neer- oeteren
Total	216 M.	245.80 M.	226.80 M.	260.55 M.	245.65 M.	228.12 M.	80 M.	73 M.	57 M.	57.50 M.
Kalk- stein	153 »	158.20 »	137.70 »	179.00 »	158.45 »	108.75 »				52.00 »
Sande	63 »	87.60 »	89.10 »	81.55 »	87.20 »	119.37 »				5 50 »

Aus den Kreideprofilen des Gebiets zwischen Sittard und Heerlen, früher aufgeführt, ergibt sich dieselbe Schlussfolgerung, wie dort schon betont wurde.

Auch STAINIER nimmt an, dass im grossen Sittard-Roermonder Graben die Kreide fehlen wird, wie ich das schon beweisen konnte für den südlichen Teil dieses Grabens, der östlich der Sandgewand bis Brunssum reicht. Nördlich von Brunssum haben die Bohrungen bei Raath, Mindergangelt, Tüddern, Aldeneyck, Ven und Molenbeersel die Tertiärbasis nicht mehr erreicht.

Die tertiäre und quartäre Nachsenkung an den N.W.-S.O. Spalten ist seit langem bekannt und stellt das letzte Stadium der Bewegung dar, welches allein an der Oberfläche studierbar ist. Sie bedingte aufs Neue eine Senkung der östlichen Schollen und führte so zur abermaligen morphologischen Ausbildung des grossen Sittard-Roermonder Grabens, der jetzt im Roertale seine grösste Tiefe zu erreichen scheint. Die Grabennatur äussert sich also zu Tage in der Ausbildung des Tertiärs und

(¹) X. STAINIER: Sur les recherches du sel en Campine. Annales des Mines de Belgique, T. XVI, 1911, pp. 1-53.

Quartärs, auch in der Carbonoberkante und im Carbon selbst; dagegen nicht in der Mitte des Deckgebirgsprofils, wo sich Kreide findet.

Für das Profil Oranje-Nassau III — Bohrung No. 86 (Fig. 21) zeigt die Tabelle der S. 81 nur das Verhalten der Braunkohlenformation. Weil nur westlich von der Verwerfung von Heerlerheide das tiefere Tertiär gut bekannt ist und zwischen ihr und der Sandgewand ebenso wie weiter östlich gute Aufschlüsse noch fehlen, lassen sich die tertiären Bewegungen nur z.T. datieren.

Aus den Profilen der Schächte Emma und Hendrik (Bohrloch) ist zu schliessen, dass die Distanz des oligocänen *Ceritientons* von der Kreideoberkante beträgt:

37¹/₂ M. im Schacht Emma

20 M. im Feld Hendrik.

Der Septarienton scheint im Felde Hendrik ein wenig mächtiger zu sein; er reicht von:

± 25 M. bis ± 50 M. im Sch. Emma; ± 140 M. bis ± 170. M im Feld Hendrik.

Die Grünsande des Oberoligocäns scheinen zu reichen von: 0 — M. bis ± 25 M. in Sch. Emma; ± 50 M. bis ± 140 M. im Feld Hendrik.

Falls diese Alterbestimmung richtig ist, würde die Hauptbewegung des Tertiärs entlang der Verwerfung von Heerlerheide im Oberoligocän angefangen haben, während seiner Ablagerung selbst, wie dies nach VAN WATERSCHOOT VAN DER GRACHT in Ost-Niederland der Fall ist.

Die Braunkohlenformation fehlt fast ganz in Schacht Emma, und reicht von der Oberfläche bis rund 50 M. im Feld Hendrik.

Sie ist vermutlich Miocän und daraus ergibt sich für die Verwerfung von Heerlerheide, wenigstens in diesem Gebiet, als letzte Bewegung eine spät-miocäne oder noch jüngere Nachreissung, welche rund 50 M. erreicht.

Die Hauptterrasse scheint von dieser Spalte nicht betroffen zu sein.

Die tertiären und quartären Nachreissungen sind bei der Sandgewand weniger studierbar, weil von den östlichen Schollen noch kein einziges einigermaßen gutes Tertiärprofil vorliegt, wenigstens in nicht zu grosser Entfernung.

Vermutlich fängt auch hier die Hauptbewegung schon an in oberoligocäner Zeit, wie es aus dem weiteren Vordringen dieser Schichten östlich der Störung bei Eschweiler zu folgern scheint.

Das Miocän scheint auch östlich dieser Verwerfung noch wenig mächtig zu sein; Bohrloch No. 86 und No. 68 bei Brunssum enthalten vielleicht 85 M.; eine von G. FLIEGEL⁽¹⁾ untersuchte Bohrung bei Dürboslar 65 M. dieser Schichten.

(¹) W. WUNSTORF UND G. FLIEGEL: Die Geologie des Niederrheinischen Tieflandes. Abh. der Kön. Preuss. Geol. Landesanstalt, Neue Folge, Heft 67. Auch erschienen in: Festschrift zum XI. Allgemeinen deutschen Bergmannstage in Aachen, 1909.

So scheint die Ablagerungszeit dieses Miocäns, dessen genaueres Alter ich nicht feststellen kann, eine Ruhepause darzustellen in den Bewegungen der Tertiärzeit, weil seine Schichten sich in ihrer Mächtigkeit ziemlich konstant zeigen.

Zu spätmiocäner oder pliocäner Zeit fängt die Bewegung wieder an, während der Ablagerung der wahrscheinlich pliocänen quarzreichen Kieselölithschotter, welche unmittelbar östlich der Sandgewand schon grosse Mächtigkeiten erreichen, welche bis Dürboslar anhalten (385 M. nach FLIEGEL). Über die diluviale Bewegung ist schon vorher einiges mitgeteilt.

ZUSAMMENFASSUNG DER RESULTATE.

Die vorliegende Arbeit bringt neue Beweise für die grosse Bedeutung der Verwerfungen im südlichen Limburg, einerseits für die Oberflächengestaltung, andererseits für den Bergbau. Es zeigte sich, dass die N.W. - S.O.-Sprünge noch zahlreicher sind als man vorher annahm und die Verwerfung von Benzenrade stellt einen neuen nach W. vorgeschobenen Randbruch des grossen Roergrabens zwischen Sittard und Roermond dar. Noch weiter westwärts hören die Spalten dieser Gruppe zwar nicht auf, aber sie werden doch fast bedeutungslos. Neben Feldbiss und Sandgewand, den altbekannten Brüchen des Wurmreviers, muss die Verwerfung von Benzenrade künftig mit der Verwerfung von Heerlerheide, welche später ausführlicher beschrieben werden soll, unter den Hauptverwerfungen des Aachen-Limburger Bezirks genannt werden.

Andererseits wird hier der Nachweis gebracht, dass die W.-O.-Verwerfungen, von WUNSTORF im deutschen Niederrheingebiet zuerst beschrieben, für die tektonische Gestaltung des limburgischer Kohlenfeldes in seinem südwestlichen Teil von ebenso grosser Wichtigkeit sind. Man darf der Vermutung Ausdruck geben, dass im nördlich angrenzenden Gebiet diese Spalten für den Bergbau eine ähnliche Rolle spielen werden, wie in der Gegend zwischen Valkenburg und Heerlen; mit dem so lange geherrscht habenden Bestreben, hypothetische N.W.-S.O.-Verwerfungen als alleiniger Factor bei der Erklärung von Tiefenunterschieden des Carbons in Bohrungen heranzuziehen, muss gebrochen werden.

Die Kreidenordgrenze ist nicht eine einfache geologische Grenze zwischen Sanden und Kalken in einem nach N. schwach geneigten Schichtencomplex, sondern sie ist tektonischen Ursprunges. Die Limburger Kreide ist ein Massiv, das z.T. von Verwerfungen umschlossen wird.

Die tektonische Geschichte der verschiedenen Schollen zeichnet sich aus durch Schaukelbewegungen (Oscillationen), welche in ihrer einfachsten Form fürs erste Mal in dieser Gegend festgestellt wurden (bei Benzenrade), und auch bei den Verwerfungen von Heerlerheide und der Sandgewand in noch komplizierterer Form auftreten. Dabei haben die Roerschollen meistens eine sinkende Bewegung gezeigt, welche aber während der Senonzeit von einer Hebung unterbrochen wurde. Der grosse und jetzt so tiefe Roergraben scheint eine halbinselförmige Zunge des Kreidekontinents gebildet zu haben, wie solches sich aus dem hier beschriebenen Verhalten der Ostgrenze von Untersenon und Obersenon ergibt.

Die Horst- und Grabenverhältnisse des Tertiärs und auch der Trias spiegeln meistens diejenigen des Carbons ab, diejenigen der Kreide aber nicht. Dieser Umstand

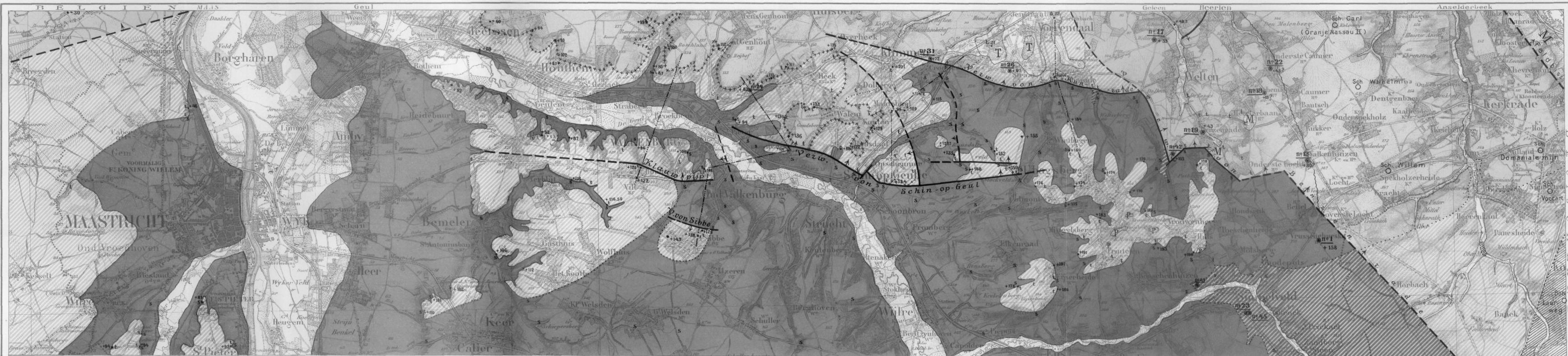
ermöglicht es uns, mit wenig tiefen Bohrungen im Tertiär und im Senon einen Einblick in den Lagerungsverhältnissen der Steinkohlenformation zu gewinnen. Dass sich die Verwerfungen vor dem Anfang des Bergbaus an die Oberfläche z.T. tracieren lassen, zeigt die beigegefügte Karte. Auch kann man die Verwurfshöhen manchmal über Tage feststellen und bei den W.-O.-Brüchen lassen sich diese Sprunghöhen wahrscheinlich ohne weiteres auf dem Carbon übertragen. Nur in diesem kleinen Gebiete ist die wohl überall sehr verwickelte Tektonik der Niederlande dem kartierenden Feldgeologen besser zugänglich und deshalb wurden die hier auftretenden Störungen einer so ausführlichen Untersuchung unterzogen. Wenn der Steinkohlenbergbau später diese Gebiete berührt (er wird, wie erwähnt, vielleicht wohl niemals weit in das Innere derselben vordringen) können unsere tektonischen Kenntnisse noch etwas vertieft werden, wie auch mit Hilfe von eventuellen künftigen Bohrungen nach Steinkohle.

Wo genaue Ortsandeutungen sich im Texte vorfinden, wurden diese besonders deshalb eingeschaltet, weil auf diese Weise die Kontrolle und ev. Korrektur meiner Beobachtungen im Felde sehr erleichtert wird. Um die Karte auch als Exkursionskarte benutzbar zu machen, sind die Ausbisse der wichtigsten Formationen an der Stelle ihres Auftretens immer mit einem Buchstaben markiert und es ist auch zu diesem Zweck dass die Karte der Arbeit lose beigegeben worden ist.

Schliesslich zeigte sich, dass unser limburgisches Tertiär, wo es zu Tage geht, nicht so fossilarm ist, wie man gewöhnlich meint. Neben dem fossilführenden *Septarienton* und dem *Nuculaton*, die zwar bis jetzt besser aus Schächten und Bohrungen bekannt sind, gibt es einen sehr muschelreichen *Cerithienton*. Die in der älteren Literatur enthaltenen zerstreuten Angaben über *Cerithien* beziehen sich auf einen grossen durchgehenden Ausbiss, der nur von Verwerfungen und Tälern vielfach modelliert wurde. Seine Kartierung wurde hier durchgeführt, besonders auch mit Hilfe von den hydrologischen Merkmalen, welche an ihm geknüpft sind.

Die hier gegebene Kartierung des Tertiärs kann eine Grundlage bilden für die Aufnahme des nördlich anstossenden Gebiets.

Die Kartierung des Senons wurde nur bis zu der Trennung in Obersenon und Untersenon durchgeführt. Weitere Gliederung des Obersenons incl. der Maasrichter Schichten, wird nach Osten immer schwieriger und es scheint mir jetzt noch definitive Lösung möglich. Deshalb wurde auch das Maestrichtien nicht, wie es in Belgien üblich ist, vom Obersenon abgetrennt.



ZEICHENERKLÄRUNG

- Formationsgrenze mit Höhenangabe einiger beobachteten Kontaktpunkte im Ausgehenden oder daneben in Bohrungen
- Etwas unsichere Formationsgrenze
- Beobachtete Verwerfungen mit zu Tage beobachtetem Einfallen der jüngsten Bewegung
- Vermutete Verwerfungen
- Profilinien
- Bohrungen mit Kreideoberkante des Bohrprofiles
- Sch Schacht Senonaufschluss } nur die wichtigsten sind eingezeichnet worden
- Tertiäraufschluss } nur die wichtigsten sind eingezeichnet worden
- Carbon Untersenon Obersenon Unteroligocän
- Mittel- und Oberoligocän M Miocäne Braunkohlenformation P Pliocän
- Cerithientum mit Höhenangabe einiger Punkte an der Oberkante dieser Schicht
- Alluvium; T Torf und torfige Tone
- Ungefähre Ostgrenze der von Tertiär bedeckten Kreide
- Diluvium (Löss und Maaskies) der Uebersichtlichkeit wegen nicht dargestellt

GEOTEKTONISCHE KARTE

DES

NORDRANDES

DES

SÜDLIMBURGISCHEN KREIDEPLATEAUS

VON

W. C. KLEIN

MASSTAB 1 : 50000

