

5. Beitrag zur Geologie des Beckens von Münster, mit besonderer Berücksichtigung der Tiefbohraufschlüsse nördlich der Lippe im Fürstlich Salm-Salmschen Regalgebiet.

Von Herrn P. KRUSCH in Berlin.

(Hierzu Tafel V und VI.)

Während der Süden des Beckens von Münster durch die Aufnahmen der Königl. Geologischen Landesanstalt, den Bergbau und die Tiefbohrungen in stratigraphischer und tektonischer Beziehung weitgehends geklärt ist, hat das Gebiet nördlich der Lippe erst in den letzten Jahren durch die systematisch ausgeführten Aufschlußarbeiten der Fürstlich SALM-SALMSchen Generalverwaltung¹⁾ die Tiefbohrungen des Geheimen Kommerzienrats FUNKE¹⁾ und der Bergwerksgesellschaft Trier eine nähere Untersuchung erfahren. Zu gleicher Zeit wurden von der Königl. Preuß. fiskalischen Bohrverwaltung einige außerordentlich wichtige Deckgebirgsaufschlüsse östlich bzw. südöstlich von Münster bei Everswinkel und Hoetmar geschaffen.

Die neuen Ergebnisse rechtfertigen nicht nur die Schilderung des geologischen Aufbaus des neu aufgeschlossenen Gebietes, sondern auch einen Vergleich mit der weiteren Umgebung namentlich in bezug auf die petrographische Ausbildung, die Mächtigkeit und die Tektonik der einzelnen Formationen.

Das Deckgebirge des Produktiven Carbons im Gebiete nördlich der Lippe von Dorsten bis Erle und Rhade besteht, wenn man von der gering mächtigen diluvialen Decke²⁾ absieht, aus Oberer Kreide, Buntsandstein und Zechstein.

¹⁾ Den beiden genannten Verwaltungen danke ich an dieser Stelle für das weitgehende Entgegenkommen, welches sie mir durch bereitwilligste Überlassung des gesamten Materials und jede mögliche Erleichterung bei der Untersuchung der Aufschlüsse erwiesen haben.

²⁾ Im westlichen Teile sind bereits — allerdings nur wenig mächtige — Schotter vorhanden, welche der Hochterrasse des Rheines angehören. Die Bohrung 7 südlich von Erle hatte z. B. 3,5 m und die Bohrung 14 am Chausseeknie zwischen Erle und Dorsten 2 m Rheinschotter.

I. Die Obere Kreide.

A. Beobachtungen im Gebiet nördlich der Lippe.

Siehe Tabellen S. 249.

In den Tiefbohraufschlüssen lassen sich folgende Stufen der Oberen Kreide unterscheiden:

1. Turon und Cenoman.
2. Emscher.
3. Senon.

Das Senon besteht aus den beiden untersten Stufen, nämlich den Sanden von Haltern (Zone des *Pecten muricatus* GDF.) und den Recklinghäuser Sandmergeln (Zone des *Marsupites ornatus* MTR.).

In petrographischer Beziehung bestehen diese beiden Horizonte aus einer Wechsellagerung von weichen Sanden mit festen Bänken. Während aber die Bänke in den Sanden von Haltern hauptsächlich quarzitisch sind, kommen in den Recklinghäuser Sandmergeln zwischen den Sanden hauptsächlich mergelige Schichten vor, die sich namentlich nach dem Liegenden häufen.

Die Aufschlüsse zeigen vielfach, daß die festen Bänke nicht geschlossen auf große Entfernungen durchgehen, sondern sich namentlich in der oberen Abteilung entweder in Lagen außerordentlich bizarr gestalteter Knollen auflösen oder ganz auskeilen. Sie bewirken also meist keinen Wasserabschluß der hangenden Schichten und keine Trennung der vom Bergmann gefürchteten wasserführenden Sandkomplexe in eine größere Anzahl wenig mächtiger, voneinander getrennter Grundwasserhorizonte.

Da beide Zonen im allgemeinen stoßend durchbohrt werden, läßt sich die Grenze zwischen ihnen nur ungefähr ziehen.

Die lockeren Sande sind häufig bis mehrere Meter mächtig, während die festen Bänke meist nur bis 30 cm erreichen.

Besteht ein Aufschluß zufälligerweise lediglich aus Sand, so ist es nicht immer leicht, auf den ersten Blick Senonsand von diluvialen zu unterscheiden, zumal das Diluvium der fraglichen Gegend reichlich aufgearbeitetes senones Material enthält. Das einzige zur Verfügung stehende Hilfsmittel ist die völlige Abwesenheit nordischer Gesteinsfragmente und der Feldspate im Senon, die beide für das Diluvium charakteristisch sind. Die Anwesenheit von Glaukonit genügt nicht, um zugunsten des Senons zu entscheiden, da aus der Kreide stammender Glaukonit auch in diluvialen Sanden enthalten sein kann.

Die südliche Verbreitungsgrenze der Zone des *Marsupites ornatus* MTR. läßt sich mit einiger Sicherheit in den Tiefbohrungen nur im westlichen Teile des niederrheinisch-westfälischen Industriegebietes feststellen, weil nur hier Senon und Emscher in petrographischer Beziehung verschieden sind (Taf. VI).

Im Osten sind sie beide als Mergel ausgebildet, und es ist deshalb in den mit Hilfe des Stoßbohrverfahrens niedergebrachten Bohrungen nicht möglich, eine Grenze zwischen den beiden genannten Stufen zu ziehen.

Während der südliche Teil der Stadt Recklinghausen noch innerhalb des Verbreitungsgebietes des Emschers liegt, ist der nördliche Teil bereits vom Recklinghäuser Sandmergel bedeckt, und in der Schachtanlage General Blumenthal III/IV, nicht weit vom Bahnhof Recklinghausen, wurden 14 m Sandmergel angetroffen.

Wenn man lediglich nach der sandigen Ausbildung geht, so liegt die Südgrenze im Meridian von Dorsten annähernd bei Schult-Ekel an der Chaussee von Dorsten nach Kirchhellen etwas südlich der Bohrung Springsfeld 12; bei den südlicher liegenden Bohrungen ist kein Sand mehr über dem Mergel angegeben. Von dieser Südgrenze an nimmt die Mächtigkeit der sandigen Schichten nach Norden verhältnismäßig schnell zu. Die Zeche Auguste Viktoria westlich von Sinsen hatte bereits 125 m.

In der Bohrung Trier 8 stellte Dr. BÄRTLING unter 90 m Sanden von Haltern 50 m Recklinghäuser Sandmergel fest¹⁾.

In dem uns hier besonders interessierenden nördlichen Gebiete der Gegend von Deuten und Rhade, welches an das Gebiet von Trier anschließt, sind folgende Bohrungen für die Mächtigkeit der Recklinghäuser Sande zu benutzen:

Bohrung Nr. 1	südlich Erle . .	von 82,8 bis 150	m = 67,2	m
-	- 2 bei Oestrich . .	- 107,0 - 150,5	- = 43,5	-
-	- 3 - - - . .	- 86,9 - 170	- = 83,1	-
-	- 4 bei Rhade . .	- 112 - 179	- = 67	-
-	- 5 - - - . .	- 120 - 180	- = 60	-
-	- 10 - - - . .	- 124,5 - 193,5	- = 69	-
-	- 14 südlich Rhade . .	- 113 - 205	- = 92	-
-	- 18 bei Deuten . .	- 100 - 185	- = 85	-
-	- 19 - - - . .	- 48,6 - 66,5	- = 17,9	-
-	- 20 bei Tyshaus . .	- 120 - 190	- = 70	-

¹⁾ Siehe über Mächtigkeiten der Recklinghäuser Sande MENTZEL, Glückauf 1906, S. 239. Bei diesen Angaben dürften nach meinen Erfahrungen die Zahlen der Stein- und Julius-Bohrlöcher zu hoch sein. Mutmaßlich hat man hier einen Teil der Sande von Haltern hinzuge-rechnet. M. weist außerdem ausdrücklich darauf hin, daß auch die Grenze gegen den Emscher nicht mit Sicherheit zu erkennen ist.

Ordnet man die Bohrlöcher in nordsüdlicher Richtung — Bohrung 19, die S. 234 behandelt wird, ausgenommen —, so ergibt sich im allgemeinen eine Mächtigkeitszunahme, und zwar ist, wie aus allen vorhandenen Aufschlüssen hervorgeht, nördlich der Lippe die Nordostrichtung diejenige der größten Zunahme, während in der Nordwestrichtung eine Abnahme bis zum vollständigen Verschwinden der Recklinghäuser Sande stattfindet.

Die Sande von Haltern.
(Zone des *Pecten muricatus* GDF.)

Das Sammelwerk¹⁾ gibt S. 203 in einem Bohrloch 2 km nördlich von Oer 39 m Sande von Haltern über 124 m Recklinghäuser Sanden an. Es läßt sich nicht erkennen, auf Grund welcher Erwägungen die Grenze zwischen den beiden Senonstufen gezogen wurde, indessen scheint mir, nach meinen Erfahrungen weiter im Norden, die Mächtigkeit der Sande von Haltern zu Gunsten derjenigen von Recklinghausen zu gering zu sein.

Nach der Untersuchung BÄRTLINGS in der Bohrung Trier 8 bei Tyshaus haben die Sande eine Mächtigkeit von 90 — 6,8 m = 83,2 m. In den weiter nördlich liegenden von mir untersuchten Bohrungen wurden unter Unterdrückung der im Maximum nur wenige Meter mächtigen diluvialen Rheinschotter folgende Mächtigkeiten festgestellt:

Bohrung Nr. 1	südlich von Erle . . .	82,85 m
-	- 2 bei Oestrich . . .	107,00 -
-	- 3 - - - . . .	86,9 -
-	- 4 bei Rhade . . .	112 -
-	- 5 - - - . . .	120 -
-	- 10 - - - . . .	124,5 -
-	- 14 südlich Rhade . . .	113 -
-	- 18 bei Deuten . . .	100 -
-	- 19 - - - . . .	48,6 -
-	- 20 bei Tyshaus . . .	120 -

In bezug auf die Mächtigkeitszunahme verhält sich — Bohrung Nr. 19 ausgenommen — diese höhere senone Stufe ebenso wie die tiefere.

Zieht man beide Senonbildungen in Betracht (siehe S. 249), so ergibt sich:

Die nordöstliche Richtung ist beim Senon die

¹⁾ Die Entwicklung des niederrheinisch-westfälischen Steinkohlen-Bergbaues in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts: I. Geologie, Markscheidewesen. 1903. Berlin, JULIUS SPRINGER. Das Werk wird im Folgenden kurz als „Sammelwerk“ bezeichnet.

die Richtung der größten Mächtigkeitszunahme; die Nordsüdrichtung dagegen zeigt zwischen Rhade und Deuten — mit Ausnahme der Bohrung 19 — keine wesentliche Mächtigkeitsschwankung. In die Augen springt die Mächtigkeitsabnahme in westlicher bzw. nordwestlicher Richtung bis zum vollständigen Auskeilen der Formation.

Auffallend sind die abnorm geringen Mächtigkeiten der sandigen Senonschichten in den drei Bohrungen Trier 9, Funke 19 und Frischgewagt 3 (Sölte) mit bzw. 95, 66,5 und 80,35 m.

Hier können zwei Ursachen in Frage kommen.

a) Die Verwerfungen (Taf. V u. VI) beeinflussen auch die Schichten der Kreideformation, da sie zum Teil jedenfalls cretaceisch oder posteretaceisch sind oder, wenn sie früher entstanden, in jüngerer Zeit wieder aufrissen. Da die Bohrung 19 nur 66,5 m sandige Kreide aufweist, könnte sie auf einem senonen Kreidehorst stehen, der flach nach Osten — die östlichere Bohrung Frischgewagt 3 hat 80,35 m — und steil nach Westen — die westlichere Bohrung Funke 20 ergab 190 und die Bohrung Trier 8 140 m sandiges Senon — abfiel. Trier 9 mit 95 m Senon ließe sich dann in ähnlicher Weise als auf einem senonen Horst stehend erklären.

Daß diese Erklärung aber nicht vollkommen befriedigt, beweist ein Vergleich der Cenomanunterkanten der fraglichen Bohrlöcher. Die Horste und Gräben müssten auch hier nachweisbar sein. Nun liegt aber die Cenomanunterkante bei Bohrung Funke 19 bei 532 m, während sie bei Frischgewagt 3 bei 531 erreicht wurde. Der an der Senonunterkante nachweisbare scheinbare Abfall nach Osten ist also an der Cenomanunterkante nicht nur nicht nachweisbar, sondern es findet sogar eine kleine Hebung in dieser Richtung statt. Nach Westen zu liegt allerdings die Bohrung Nr. 20 (Funke) in einem Graben; der Niveauunterschied beträgt aber an der Cenomanunterkante nur $553 - 532 = 21$, während er an der Senonunterkante 190 bis $66,5 = 123,5$ m ausmacht. Der Senonmächtigkeitsunterschied läßt sich also nicht völlig durch die Verwerfung erklären.

Ähnlich liegen die Verhältnisse bei der Bohrung Trier 9. Sie steht zwar mit 509 m Cenomanunterkante gegenüber den Bohrungen Trier 8 (515 Cenomanunterkante) im Osten und Trier 10 (552 m Cenomanunterkante) im Westen unzweifelhaft auf einem Kreidehorst; da aber die Niveauunterschiede der Cenomanunterkante nach Osten nur 6, nach Westen nur 43 m betragen, während die Niveauunterschiede der Senonsandunter-

kante nach Osten $140 - 95 = 45$ m und nach Westen $205 - 95 = 110$ m ausmachen, lassen sie sich ebenfalls nicht erschöpfend durch die Horststellung der Bohrung Trier 9 erklären.

b) Faßt man andererseits die gesamte Kreidemächtigkeit der fraglichen Bohrungen ins Auge, so ergeben sich von der östlicheren Frischgewagt 3 bis Trier 9 nur Schwankungen zwischen 509 und 553 m, die sich recht gut durch die bei a) erörterten Verwerfungen erklären lassen. Also trotz der großen Unterschiede in der Mächtigkeit der sandigen Senonbildungen ziemlich konstante Gesamtkreidemächtigkeit! Es liegt deshalb nahe, anzunehmen, daß in den Bohrungen mit auffallend geringer senoner Sandmächtigkeit die liegenden Senonschichten als Mergel ausgebildet sind, d. h. auch innerhalb des Verbreitungsgebietes der senonen Sande wird lokal die sandige Facies durch die merglige vertreten.

Diese Erfahrung ist von großer Wichtigkeit für den Bergbau, da er Aussicht hat, auch innerhalb der wasserführenden senonen Sande Schachtansatzpunkte zu finden, bei denen die Anwendung des Gefrierverfahrens auf ein Minimum beschränkt werden kann.

Von Interesse ist das Auftreten von Eisenerzen in den Sanden von Haltern. Sie kommen hier ganz ähnlich wie in manchen diluvialen Sanden in Form von Schalen, Scherben und Konkretionen vor. Mitunter sind die Erzkörper in Lagen angeordnet, die indessen nur selten streichende Erstreckungen von vielen Metern erreichen. Ihre Niveaubeständigkeit im strengen Sinne des Wortes ist also nur eine geringe. Die Mächtigkeit dieser Eisenerzlager beträgt lokal häufiger mehrere Dezimeter, ist aber meist viel geringer. Da die Geschlossenheit der Vorkommen ebenfalls viel zu wünschen übrig läßt, erfüllen sie, was Quantität anbelangt, nicht die Bedingungen, welche wir an Erzlagerstätten stellen müssen.

Petrographisch besteht das sog. Erz aus mehr oder weniger mit Sand verunreinigtem Brauneisen, welches durch Zunahme des Sandgehaltes allmählich in durch Brauneisen verkitteten Sand übergehen kann.

Nach meiner Ansicht handelt es sich um epigenetische Bildungen, welche dadurch entstanden sind, daß mutmaßlich bicarbonatische Eisenlösungen ihren Schwermetallgehalt an besonders geeignete Sandschichten abgaben. Vielleicht spielte bei diesem Vorgange bzw. bei der Auswahl der Sandschichten die Adsorption eine wesentliche Rolle, da ja bekanntlich ein

geringer Kaolingehalt der Schichten sie wesentlich geeigneter zur Ausfällung von Schwermetallen aus Lösungen macht.

Dadurch entsteht die Niveaubeständigkeit derartiger Vorkommen, die nicht primär ist, sondern sekundär durch chemisch-geologische Ursachen bedingt wird.

Der Ursprung des Eisens ist nicht weit zu suchen; die Senonsande sind selbst eisenhaltig genug, um die Konzentration der Eisenmengen zu erklären.

Die Umwandlung des Sandes in Eisenerz kann mehr oder weniger vollständig sein. Im Anfangsstadium wird der Sand lediglich verkittet; im weiteren Verlaufe des Prozesses kann aber auf mechanische oder metasomatische Weise eine mehr oder weniger vollkommene Verdrängung des Sandes stattfinden, so daß ziemlich einheitliche Erzkörper von allerdings beschränkter Ausdehnung entstehen.

Die chemische Zusammensetzung geht aus folgender Analysentabelle hervor, welche mir in liebenswürdigster Weise von der Fürstlich SALM-SALMSchen Generalverwaltung zur Verfügung gestellt wurde.

	Nr. I	Nr. II	Nr. III	Nr. IV	Nr. V	Nr. VI
	Proz.	Proz.	Proz.	Proz.	Proz.	Proz.
Kieselsäure, Si O_2	57,5	51,8	58,5	39,4	51,4	64,0
Eisenoxyd, $\text{Fe}_2 \text{O}_3$	35,1	38,5	35,6	50,7	40,6	30,4
Tonerde, $\text{Al}_2 \text{O}_3$	1,4	2,3	0,4	1,3	0,6	1,7
Glühverlust	6,0	7,4	5,5	8,6	7,4	3,9
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Gehalt an Eisen	24,6	27,0	24,9	35,5	28,4	21,3

Von Wichtigkeit ist die lagerstättenkundliche Beurteilung des vorliegenden Materials. Unter Eisenerzen versteht man solche eisenhaltigen Massen, aus denen man mit Vorteil und im großen Eisen herstellen kann, d. h. das Material muß eine derartige Zusammensetzung haben, daß nach dem jeweiligen Stande der Hüttenkunde die Herstellung von Eisen unter den oben angegebenen Bedingungen möglich ist. Eine vorteilhafte Eisengewinnung setzt einen gewissen Mindestgehalt an Eisen und Höchstgehalt an Rückstand voraus. Bei kalkigen Erzen mit geringem Rückstand gehören unter normalen Verhältnissen 25—28 Proz. Eisen dazu, um die Unkosten zu decken. Wären die Erze kalkig, würde der Eisengehalt also zu ihrer Einrangierung unter die Erze im lagerstättenkundlichen Sinne ausreichen. Nun sind aber die Erze kieselig, d. h. sie haben

viel Rückstand, und höherer Rückstand setzt einen höheren Eisengehalt voraus, da die Verhüttungskosten wesentlich höhere sind. Als normalen Rückstandsgehalt kann man bei einem Metallgehalt von 42 Eisen und 6 Mangan nach dem Vorgehen des Siegerländer Eisensteinsyndikates 12 Proz. rechnen; mit jedem Prozent Rückstand mehr sinkt aber der Preis der Tonne Eisenerz um 0,10 M. Aus diesen Erwägungen ergibt sich, daß der Rückstand des senonen eisenhaltigen Materials derartig hoch ist, daß an ein Verschmelzen mit Vorteil nicht gedacht werden kann.

Die eisenhaltigen Massen sind also auch ihrer Zusammensetzung nach keine Erze im lagerstättenkundlichen und bergbaulichen Sinne.

Nach den Fortschritten, die die Eisenhüttenkunde macht, werden naturgemäß die Anforderungen, die man an „Eisenerze“ stellt, immer geringer, und deshalb ist es auch nicht unmöglich, daß in der fernen Zukunft die senonen eisenreichen Sandschichten in die Gruppe der Eisenerze einrangiert werden können.

Der Emscher.

(Zone des *Ammonites Margae* SCHL. und *Inoceramus digitatus* Sw.)

Die Mächtigkeiten schwanken ganz erheblich, wie aus folgender Tabelle hervorgeht:

Bohrung

Nr. 1 (Funke) südlich Erle . . .	von 150	bis 465	= 315	m
(noch nicht durchteuft)				
- 2 (Funke) bei Oestrich . . .	- 150	- 606	= 456	- *
- 3 - - - - -	- 170	- 503	= 333	-
- 4 - am Bahnhof Rhade . . .	- 179	- 516	= 337	-
- 5 - - - - -	- 180	- 500	= 320	-
- 6 - westlich Lembeck . . .	- 183	- 530	= 347	-
- 7 - südöstlich Erle . . .	- 168	- 435	= 267	-
- 10 - am Bahnhof Rhade . . .	- 193,5	- 530	= 336,5	-
- 14 - nördlich Tyshaus . . .	- 205	- 440,5	= 235,5	-
- 18 - bei Deuten . . .	- 185	- 501,6	= 316,6	-
- 19 - - - - -	- 66,5	- 372	= 305,5	-
- 20 - - Tyshaus . . .	- 190	- 389	= 199	- *
Klein-Reken südlich Klein-Reken . . .	- 169	- 701	= 532	-
Frischgewagt 3 südwestlich von Wulfen . . .	- 80,35	- 360	= 279,65	- *

Eine abnorm große Mächtigkeit zeigt die Bohrung Nr. 2 Funke mit 465 m. Sie kommt z. T. dadurch zustande, daß der Einfallswinkel des Emschers stellenweise 45° beträgt, wie von mir beispielsweise bei 525 m gemessen wurde. Hier ist die Kreide entweder an einer Verwerfung abgesunken, oder sie wurde

*) Die mit * bezeichneten Bohrungen haben abnorme Emschermächtigkeiten, die auf später zu erklärender Ursache beruhen.

bei dem im Abschnitt über „Zechstein“ geschilderten Zusammenbruch der über dem Steinsalz liegenden Schichten mit beeinflußt.

Abnorm gering ist die Mächtigkeit im Bohrprofil Nr. 20 Funke mit 199 m. Im Gegensatz hierzu ist die Stärke der senonen Sande mit 190 m besonders bedeutend. Es liegt die Vermutung nahe, daß ein Teil des Emschers sehr sandig entwickelt ist und deshalb bei der rein petrographischen Trennung der Formationen irrtümlich zum sandigen Senon gerechnet wird.

Berücksichtigt man lediglich die einwandsfreien, annähernd in einem Parallelkreis liegenden Bohrungen Nr. 3, 4, 5, 6, 10 (Taf. V), so schwankt die Emschermächtigkeit nur zwischen 320 und 347 m, ist also ziemlich konstant.

Betrachtet man die südlicher liegenden Bohrungen (Funke 1, 7, 13, 14, Trier 8, 9, 14 und Frischgewagt 3), so ergibt sich durchweg eine geringere Mächtigkeit, welche zwischen 235,5 und 316 m schwankt.

Abgesehen von diesen von Geologen kontrollierten Bohrungen liegt in dem fraglichen Gebiet, allerdings bedeutend weiter nördlich, die Bohrung Klein-Reken (Taf. V) mit 532 m Emscher. Da bei dieser Bohrung auch die Mächtigkeiten der hangenden (Senon-) und liegenden (Turon- und Cenoman-) Schichten normale sind, hat man keine Veranlassung, an der Richtigkeit der angegebenen Emschermächtigkeit zu zweifeln.

Hieraus ergibt sich, daß die Emschermächtigkeit nach Norden und Nordosten bedeutend zunimmt; die Linie der größten Mächtigkeitszunahme ist die nord-östliche.

In petrographischer Beziehung besteht er in der Regel aus einem grauen Mergel, welcher nichts Bemerkenswertes bietet.

Häufiger sind die hangenden Schichten sehr sandig, unter ihnen folgt ein tonigerer Komplex, der dann allmählich in den normalen festen grauen Mergel übergeht, in dem mitunter härtere kalkige und sandige Bänke auftreten. So ergab z. B. die Bohrung Nr. 3 Funke bei Oestrich, deren Emscher von 170 bis 503 m reicht:

- bis 200 m sehr sandiger Mergel
- 395 - - toniger Mergel
- 503 - normaler Mergel

und die Bohrung Nr. 6 Funke westlich Lembeck hatte Emscher von 183—530 m, und zwar:

- bis 240 m sandiger grauer Mergel
- 451 - fetter grauer Mergel
- darunter fester normaler Mergel

Turon und Cenoman.

Zone des *Inoceramus Cuvieri* Sw. bis einschließlich Zone des *Pecten asper* LM.

Die Mächtigkeiten ergeben sich aus folgender Tabelle:

Bohrung						
Nr. 2	Funke bei Oestrich	. . .	von 606	bis 730,6	= 124,6 m	
- 3	-	-	- 503	- 727	= 224,	.*
- 4	-	am Bhf. Rhade	- 516	- 675	= 159	-
- 5	-	-	- 500	- 679	= 179	-
- 7	-	südöstlich Erle	- 435	- 647	= 212	.*
- 10	-	am Bhf. Rhade	- 530	- 709	= 179	-
- 14	-	nördlich Tyshaus	- 440,5	- 585,2	= 144,7	-
- 18	-	bei Deuten	- 501,6	- 675,5	= 173,9	-
- 19	-	-	- 372,	- 532	= 160	-
- 20	-	bei Tyshaus	- 389	- 552,5	= 163,5	-
Klein-Reken südlich Kl.-Reken		. . .	- 701	- 859	= 158	-
Trier 13 östlich Schermbeck		. . .	- 404	- 538	= 134	-
Frischgewagt 3 südwestlich von						
Wulfen		- 360	- 525	= 165	-

Cenoman und Turon sind also recht erheblichen Schwankungen unterworfen. Während die Bohrung Nr. 2 z. B. nur 124,62 m aufweist, hat die nicht weit davon stehende Bohrung 3 224,7 m.

Wie auf S. 237 auseinandergesetzt wurde, zeigt die Bohrung Nr. 2 aber ungefähr 127 m mehr Emscher als die Bohrung Nr. 3. Die größere Mächtigkeit wurde hier z. T. durch das steilere Einfallen der Emscherschichten erklärt. Außerdem ist aber zu berücksichtigen, daß die Grenze gegen den Emscher nicht mit exakter Genauigkeit gezogen werden kann. Man geht, da es nur unter ganz besonders günstigen Umständen möglich ist, charakteristische Fossilien des Emschers in der unteren Abteilung desselben zu finden, nach der Farbe und läßt den Emscher da aufhören, wo die Mergel hell zu werden beginnen.

Die Vermutung liegt deshalb nahe, daß bei der Bohrung Nr. 3 der hangende Teil der zum Turon gerechneten Schichten noch zum Emscher gehört.

Abnorm mächtig sind beide Formationen auch in der Bohrung Nr. 7 Funke südöstlich Erle mit 212 m. Auch hier bleibt der Emscher (S. 237) mit 267 m hinter der Norm zurück, so daß man auch hier zu der Annahme berechtigt ist, daß die Grenze zwischen Emscher und Turon tiefer liegt, als ich nach dem Bohrprofil annehmen mußte.

*) Die mit * bezeichneten Bohrungen haben abnorme Turon-Cenomanmächtigkeiten, die auf zu erklärender Ursache beruhen.

Die annähernd im Parallelkreis von Rhade liegenden einwandsfreien Bohrungen Nr. 2, 4, 5 und 10 (Funke) ergeben Turon-Cenoman-Mächtigkeiten zwischen 124,62 und 179 m, und zwar nehmen die Mächtigkeiten nach Osten zu. Die südlicher liegenden Bohrungen bis annähernd zum Meridian von Schermbeck und bis zur Lippe zeigen Mächtigkeiten, die sich häufig in denselben Grenzen bewegen oder darunter bleiben. Eine geringe Mächtigkeitszunahme nach Norden ist nachweisbar.

Auch bei Turon und Cenoman nimmt also die Mächtigkeit in südlicher und westlicher Richtung ab, d. h. die Richtung der größten Mächtigkeitszunahme ist eine nord-östliche.

In petrographischer Beziehung bestehen die Formationen aus hellen oder dunkleren Mergeln, weißen Kalken, Grünsanden und untergeordneten, wenige Zentimeter mächtigen Sandsteinen und Sandschichten.

Die dunkleren bis hellgrauen Mergel finden sich hauptsächlich in dem oberen Turon (s. unten 1) und an der Basis des Cenomans (s. unten 2).

Im oberen Turon bilden sie den Übergang zwischen den grauen Mergeln des Emschers und den weißen Mergeln und Kalken des tieferen Turons.

An der Basis des Cenomans findet man die grauen Mergel in allen den Fällen, wo die Formation nicht mit Grünsand abschließt. Bildet Grünsand die Basis, so sind bei beschränkter Mächtigkeit desselben die unmittelbar darüber liegenden Mergel ebenfalls grau. Es hatten beispielsweise:

1. die Bohrung Nr. 3 (Funke) im oberen Turon:

von 503 bis ca. 530 m hellgrauen Mergel
- 530 - 550 m (Untere Turongrenze) weißen Mergel;

2. a) die Bohrung Klein-Reken südlich von dem genannten Ort im Unteren Cenoman:

von 816 bis 836,3 m grauer Mergel (20 m)
- 836,3 - 853 - Grünsand (22,7 m = Basis des Cenomans)

und b) die Bohrung Nr. 10 (Funke) im Unteren Cenoman:

von 672 bis 692 m Grünsand (20 m)
- 692 - 709 - dunkler Mergel (17 m = Basis des Cenomans).

Die Grünsande finden sich in der fraglichen Gegend ausschließlich im Cenoman.

Es kommen folgende Mächtigkeiten in Frage:

Bohrung Nr. 2 (Funke) bei Oestrich
von 687 bis 691 = 4 m } 42,6 m in 2 Bänken innerhalb 43,6 m
- 692 - 730,6 = 38,6 - }

Bohrung Nr. 3 (Funke) bei Oestrich

von 686,16 bis 696	= 9,84 -	} 32,54 m in 2 Bänken innerhalb 41,54 m
- 705 - 727,7	= 22,7 -	

Bohrung Nr. 4 (Funke) am Bhf. Rhade

von 625,5 bis 634,5	= 9 m	} 26,5 m in 2	-	-	35	-
- 642 - 660,5	= 17,5 -					

Bohrung Nr. 5 (Funke) am Bhf. Rhade

von 645 bis 651,5	= 6,5 m	} 10,5 m in 2	-	-	21	-
- 662 - 666	= 4 -					

Bohrung Nr. 7 (Funke) südöstlich Erle

von 533 bis 559,5	= 26,5 m in 1 Bank
-------------------	--------------------

Bohrung Nr. 10 (Funke) am Bhf. Rhade

von 581,5 bis 596	= 14,5 m	} 43,0 m in 3 Bänken	-	110,5	-
- 655 - 663,5	= 8,5 -				
- 672 - 692,0	= 20,0 -				

Bohrung Nr. 14 (Funke) nördlich Tyshaus

von 554 bis 585,2	= 31,2 m in 1 Bank
-------------------	--------------------

Bohrung Nr. 18 (Funke) bei Deuten

von 636,3 bis 675,5	= 39,2 m in 1 Bank
---------------------	--------------------

Bohrung Nr. 19 (Funke) bei Deuten

von 472 bis 487	= 15 m in 1 Bank
-----------------	------------------

Bohrung Nr. 20 (Funke) bei Tyshaus

von 475 bis 515,2	= 40,2 m in 1 Bank
-------------------	--------------------

Bohrung Klein-Reken südlich Kl.-Reken

von 788,7 bis 795,6	= 9,5 m	} 32,2 m in 2 Bänken	-	70,3	-
- 836,3 - 859	= 22,7 -				

Bohrung Trier 8 bei Tyshaus

von 495 bis 515	= 20 m in 1 Bank
-----------------	------------------

Bohrung Trier 9 bei Tyshaus

von 475 bis 281	= 6 m	} 19 m in 2 Bänken	-	33,5	-
- 495,5 - 508,5	= 13 -				

Bohrung Trier 14 östlich Schermbeck

von 505,5 bis 538	= 32,5 m in 1 Bank
-------------------	--------------------

Bohrung Frischgewagt 3 südwestlich Wulfen

von 514,65 bis 524,65	= 10 m in 1 Bank.
-----------------------	-------------------

Die Grünsandmächtigkeiten schwanken also zwischen 10 und 43 m, welche in bis 3 Bänken auftreten. Der Schichtenkomplex, in dem diese Bänke verteilt sind, differiert zwischen 21 und 110,5 m.

Dicht beieinander stehende Bohrungen, wie z. B. Nr. 19 und 20 Funke, ergeben erhebliche Mächtigkeitsdifferenzen von 25 und mehr Meter.

Diese bedeutenden Schwankungen der Mächtigkeiten sind ein Beweis, daß die Bildung bzw. Anhäufung des Glaukonitgehaltes auch von lokalen Ursachen bedingt ist.

In einzelnen Fällen ist der Grünsand lediglich, wie z. B. bei den Bohrungen Nr. 7, 14, 18, 19, 20 (Funke), Trier 8 und 14 und Frischgewagt 3 in einem geschlossenen Komplex von 10 bis 40,2 m an oder in der Nähe der Basis des Cenomans konzentriert worden.

Eine Zersplitterung des Grünsandes in mehrere Bänke tritt namentlich in nördlicher Richtung ein, wo im Maximum in der Nähe des Bahnhofes Rhade 3 Bänke entwickelt sind.

Aus diesen verschiedenen Mächtigkeiten des Grünsandes und der Zahl der Bänke ergibt sich, daß die letzteren nicht im strengsten Sinne des Wortes niveaubeständig sind. Jedenfalls gehören aber die Grünsandhorizonte der Unteren Abteilung des Cenomans an.

Die Unterschiede in der petrographischen Ausbildung der Grünsandhorizonte sind sehr erheblich. Man findet zunächst alle Übergänge zwischen stark Glaukonit führendem Mergel und losem Grünsand. An vereinzelt Stellen kommt in der unteren Abteilung der Grünsandzone ein Konglomerat vor, welches aus Bruchstücken von Mergel besteht, die durch Glaukonit verkittet werden. Ich beobachtete es beispielsweise in der Bohrung Nr. 20, und es scheint mir ein Beweis dafür zu sein, daß sich die Grünsandhorizonte wenigstens teilweise mit Transgressionen des Kreidemeeres decken; auch während des Absatzes der Kreidesedimente scheint das Meer also Oszillationen unterworfen gewesen zu sein.

Seltener tritt der Grünsand, wie z. B. nach den Untersuchungen BÄRTLINGS in der Bohrung Trier 14, weich und tonig auf. Hier bildet er in dieser Ausbildung in dem von 505,5 bis 538 m reichenden Horizont die oberste Schicht.

Von besonderem Interesse ist das Auftreten des Hornsteinhorizontes, welcher einwandfrei in den Bohrungen 2 und 3 bei Erle nachgewiesen werden konnte, und zwar in der ersteren Bohrung bei 692 m und in der letzteren von 696 bis 705 m. Er gehört ebenfalls dem Cenoman an und liegt in der Bohrung 3 ca. 155 m unter dem Horizont von *Inoceramus labiatus* und 22 m über der Basis des Cenomans. In beiden Fällen besteht er aus einem weißen Kalkstein, in dem unregelmäßig und bizarr geformte Hornsteinknollen eingebettet sind.

Derartige Hornsteinhorizonte finden wir in den verschiedensten Schichten der Oberen Kreide vom Cenoman (Gegend von Bausenhagen), bis zum Senon. Wenn sie sich auch mitunter auf größere Entfernungen verfolgen

lassen, wie z. B. BÄRTLING den cenomanen vom Gehöft Bosselbahn auf Blatt Unna auf 6 Kilometer Länge bis auf Blatt Werl ausscheiden konnte, so zeigt sich doch bei der Untersuchung größerer Gebiete, daß auch diese Hornsteinhorizonte meist nur auf verhältnismäßig beschränkte Entfernungen aushalten und nicht als niveaubeständig im engsten Sinne des Wortes gelten können. Auf kleineren Gebieten sind sie natürlich von großer Wichtigkeit bei der Gliederung der Formation.

Besondere Beachtung verdienen die marmorierten Kalke und Mergel und die Kalke und Mergel mit wenig mächtigen Sandstein- und Sandschichten. Sie wurden namentlich im Norden in der Gegend von Erle und Rhade beobachtet.

In der Bohrung 3 traten die marmorierten Kalksteine ungefähr 50 m unter dem Horizont heller Mergel mit *Inoceramus labiatus* SCHLT. auf. Den Zwischenraum zwischen beiden füllt weißer Kalkstein aus. Die Marmorierung reichte bis zum oberen Grünsandhorizont bei 686,16 m.

In der Bohrung 2 finden wir ähnliche Verhältnisse. Die marmorierten Kalke liegen auch hier über dem Grünsand- und Hornsteinhorizont.

Die Bohrung 5 beim Bahnhof Rhade hat von der Grenze zwischen Emscher und Turon bis zum ersten Grünsandhorizont weißen Kalkstein mit wenig mächtigen Sand- und Sandsteinschichten, und in der Bohrung Nr. 10 folgt unter dem turonen hellgrauen Mergel dieselbe Wechsellagerung von Kalk- und Sandstein.

In petrographischer Beziehung unterscheiden sich beide in Frage kommenden Ausbildungen der Kreide wie folgt:

Als marmorierten Mergel bezeichne ich Kalkstein- und weiße Mergelschichten, die im allgemeinen im Streichen liegende, aber doch sich im spitzen Winkel schneidende grünliche, lettige Lagen enthalten. Das Gestein ist gleichsam in Mergel- oder Kalklinsen zerlegt, deren Längserstreckung sich mit dem Streichen der Schichten deckt, und welche durch die lettigen, gewöhnlich nur wenig mächtigen Lagen zusammengehalten werden — eine Flaserstruktur im großen.

Die Wechsellagerung zwischen Kalkstein und Sanden bzw. Sandsteinen bietet ein durchaus anderes Bild. Mehrere Zentimeter starke oder noch mächtigere Kalkbänke werden durch bis höchstens 1 cm starke Sand- und Sandsteinbänken voneinander getrennt. Beide Schichten greifen stylolithisch ineinander.

Der Sand oder lose Sandstein ist häufig durch einen sehr geringen Glaukonitgehalt ausgezeichnet.

Beide Kreidebildungen lassen sich nur bei Kernbohrungen auseinanderhalten, da beim stoßenden Bohrverfahren die verschiedenen Bestandteile der Gesteine derartig miteinander vermengt werden, daß man bei den marmorierten Mergeln oder Kalken einen mehr oder weniger tonigen und bei den stylolithischen Kalk-Sandbänken einen mehr oder weniger sandigen Kalk- oder Mergelschlamm erhält.

Was das gegenseitige Lagerungsverhältnis der beiden Gesteine anbelangt, glaubte ich zuerst feststellen zu können, daß die marmorierten Kalke diejenigen mit Sand- und Sandsteinschichten überlagern. Nach den Bohrungen in der Nähe des Bahnhofes Rhade scheinen sie sich aber gegenseitig zu vertreten derart, daß an der einen Stelle derselbe Horizont aus der Wechsellagerung von Kalk- und Sandstein bestehen kann, während an einer andern außerdem noch marmorierte Kalke auftreten. Es handelt sich also auch hier wieder um den schnellen petrographischen Wechsel der Gesteine der Oberen Kreide.

Das geologische Alter dieser beiden Gesteinskomplexe ist ziemlich geklärt. Sie scheinen auf das Cenoman beschränkt zu sein.

Gelegentlich fand ich eine Rotfärbung der marmorierten Kalke. Es handelt sich dabei aber nicht um einen besonderen Horizont, sondern um eine lokale, mutmaßlich auf der Wirkung der Solquellen beruhende Veränderung.

Für die paläontologische Gliederung von Turon und Cenoman bieten sich folgende Anhaltspunkte:

In der Bohrung 3 wurde das Turon bei 503 m angetroffen und bei 550 m die Zone des *Labiatus* pläners einwandfrei von mir an häufig vorkommenden Individuen von *Inoceramus labiatus* SCHLT. festgestellt; das Turon hat also nach unserer bisherigen Auffassung von der Grenze zwischen Emscher und Turon nur die auffallend geringe Mächtigkeit von 47 m; auf Cenoman kommen dann noch 177 m.

Da die unterste Stufe a) mit *Inoceramus labiatus* SCHLT. am ganzen Südrande des Beckens von Münster durch die Häufigkeit des genannten Leitfossils ausgezeichnet ist, und nur ein einziger Meter (550) in der Bohrung Nr. 3 von mir als fossilführend festgestellt wurde, ist mit großer Wahrscheinlichkeit anzunehmen, daß die Mächtigkeit des untersten Turonhorizontes nur wenige Meter beträgt.

In petrographischer Beziehung besteht er in den Bohrungen aus hellgrauen oder weißen Mergeln.

Ein Anhaltspunkt für die Trennung der drei oberen Turon-horizonte [d) Zone des *Inoc. Cuvieri* Sw., c) Zone des *Spondylus spinosus* Sw. und b) Zone des *Inoc. Brongniarti* MTL.], die zusammen nur eine Mächtigkeit von einigen 40 m haben können, ist nicht vorhanden.

Sie bestehen aus hellgrauen bis weißen Mergeln.

Ob zwischen der Zone mit *Inoc. labiatus* SCHLT. und den *Rotomagensis*-schichten noch die Stufe mit *Actinocamax plenus* BLV. in geringer Mächtigkeit entwickelt ist, kann nicht mit Sicherheit entschieden werden. Ihr Auftreten ist aber wegen der petrographischen Einheitlichkeit der folgenden Kalkstufe recht unwahrscheinlich.

Charakteristisch ist, daß unter dem *Labiatus*-pläner ein Kalkkomplex beginnt, der aus den oben skizzierten styolithischen oder marmorierten Schichten besteht. Grünsand kommt hier nur ganz ausnahmsweise vor, so in der Bohrung Nr. 10 (Funke) am Bahnhof Rhade, wo er 14,5 m mächtig ist und 110,5 m über der Unterkante des Cenomans beginnt (S. 241). Vielleicht gehört hierher auch die 9,5 m mächtige Grünsandschicht der Bohrung Klein-Reken, deren Oberkante 70,3 m über der Cenomanuntergrenze liegt. Bei der erstgenannten Bohrung wurde durch dicht benachbarte Bohrlöcher der Nachweis geführt, daß die Glaukonitschicht nur ganz beschränkte Ausdehnung hat.

Der Kalkkomplex ist also im allgemeinen grünsandfrei.

Da auch im Süden des Beckens von Münster das Cenoman mit versteinungsarmen Kalken beginnt, dürfte man nicht fehlgehen, wenn man diesen Komplex als die oberste Zone des *Amm. Rotomagensis* Dfr. auffaßt.

Bei Rhade und Deuten liegt ihre Unterkante 30 bis 45 m über der Cenomanunterkante, so daß ihre Mächtigkeit zwischen 70 und 105 m schwankt. Von allen in Betracht kommenden Stufen des Turons und Cenomans ist also diejenige des *Amm. Rotomagensis* bei weitem die mächtigste, da sie die Hälfte und darüber der gesamten Turon-Cenomanstärke einnimmt.

Der im Liegenden der *Rotomagensis*-kalke folgende Schichtenkomplex bis zur Unterkante des Cenomans ist recht einheitlich und kann als Zone der Hauptgrünsande, Hornsteine und dunklen Mergeln bezeichnet werden. Ihre Mächtigkeit beträgt in der Regel 30 bis 45 m.

Die Zahl und Mächtigkeit der Grünsandschichten ist ganz verschieden (S. 240 u. 241), kann also nicht für eine weitere

Gliederung benutzt werden. Ebenso sind die im Liegenden sich einstellenden dunklen Mergel nicht niveaubeständig, sondern Mergel und Grünsand können sich beliebig vertreten.

Die Hornsteine (S. 242) der Bohrungen 2 und 3 (Funke) bei Oestrich liegen verschieden 38 bzw. 22/30 m über der Cenomanunterkante, trotz der großen Nähe der Bohrungen, sind also ebenfalls nicht niveaubeständig, wenn sie auch zweifellos dem oberen Teile des in Frage stehenden Schichtenkomplexes angehören.

Da Versteinerungen in den Bohrkernen nicht gefunden werden konnten, müssen die beiden liegenden Cenomanzonen der *Schloenbachia varians* Sw. und des *Pecten asper* LM. zusammengefaßt werden.

Es ergibt sich also folgende Einteilung von Turon und Cenoman in der Gegend von Oestrich, Erle, Rhade und Deuten nördlich der Lippe:

	Geologische Stufe	Petrographische Beschaffenheit	Mächtigkeit
Turon	Zone des <i>Inoc. Cuvieri</i> Sw., <i>Spondylus spinosus</i> Sw. u. <i>Inoc. Brongniarti</i> MTL.	Zone der weißgrauen bis weißen Mergel (oberer Teil)	In der Regel zusammen einige 40 m mächtig
	Zone des <i>Inoc. labiatus</i> SCHL.	Zone der weißen Mergel (unterer Teil)	Nur wenige Meter mächtig
Cenoman	Zone des <i>Amm. Rotomagensis</i> Dfr.	Zone der stylolithischen oder marmorierten Kalke (nur ganz vereinzelt und lokal Grünsand)	In der Regel 70—105 m mächtig
	Zone des <i>Schloenbachia varians</i> Sw. u. <i>Pecten asper</i> LM.	Zone der Hauptgrünsande mit dem Hornsteinhorizont in der oberen Abteilung und dem liegenden dunklen Mergel	In der Regel 30—45 m mächtig

Die Spalten des Turons und Cenomans:

Bei den Bohrungen fand man in den beiden Stufen der Oberen Kreide häufiger offene Spalten, in denen das Spülwasser verschwand. Turon und Cenoman werden also auch hier von einem Spaltensystem durchsetzt, welches sich, wie die Erfahrungen im Süden und Südosten des Beckens von Münster lehren, außerordentlich weit verzweigt. Die Klüfte sind z. T. seiger, z. T. flach fallend. Im ersteren Falle entsprechen sie in der Regel Querklüften des Kalkes, mitunter aber auch Verwerfungen, die allerdings im Osten meist nur eine

ganz geringe Verwurfshöhe haben. Da sich aber der Westen des Kreidebeckens vom Osten des Industriegebiets dadurch unterscheidet, daß Verwerfungen in der Kreide im Westen unverhältnismäßig häufiger sind als im Osten, werden die mehr oder weniger vertikalen Klüfte nördlich der Lippe häufiger mit Querverwerfungen identisch sein als im Osten des Industriegebiets. Ihre Erweiterung wurde durch Auflösung der Mergel und Kalke bewirkt.

Die flach fallenden Klüfte stehen mit den vertikalen in Verbindung. Zum Teil sind sie dadurch entstanden, daß die Kalke und Mergel von den Schichtflächen aus aufgelöst und weggeführt wurden.

Während die Vertikalklüfte die Verbindung des Klüftsystems mit den hangenden und liegenden Formationen vermitteln, ermöglichen die flachen die Weiterleitung der event. auf den Klüften zirkulierenden Minerallösungen und Gase auf sehr große Entfernungen, vielleicht durch das ganze Industriegebiet.

Ein Teil des aufgelösten Kalkes kam in der Form von Kalkspat auf den Klüften wieder zum Absatz. Es lassen sich häufiger verschiedene Generationen des Minerals nachweisen, die sich auf den Vertikalklüften mitunter — abgesehen von der Krystallform und Farbe — dadurch voneinander unterscheiden, daß die älteren durch Druck ausgewalzt sind, während die jüngste keine derartigen Erscheinungen zeigt. Die Auswalzung ist ein Beweis nachträglicher Gebirgsbewegungen, von denen nach dem Aufreißen der Verwerfungsspalte, ihrer Erweiterung und dem Absatz der älteren Kalkgenerationen die Kreide in Mitleidenschaft gezogen wurde.

Wenn es sich auch hierbei in der Regel um erneutes Absinken des im Hangenden eines Verwerfers befindlichen Schichtenkomplexes handeln wird, so ist doch nicht ausgeschlossen, daß die in dem Abschnitt „Zechstein“ geschilderte Auslaugung des Zechsteinsalzes, welche den Zusammenbruch des Buntsandsteins herbeiführte, lokal — wie z. B. bei der Bohrung Nr. 2 Funke mit z. T. unter 45° geneigten Mergeln — auch noch die unteren Kreideschichten beeinflusste.

Solquellen sind in den nördlichsten Bohrungen im Westen des Kreidebeckens nur vereinzelt beobachtet worden. In der Bohrung Nr. 10 (Funke) fand man eine Solquelle, welche einige Prozent Na Cl bei beschränkter Ergiebigkeit hatte.

Diese Armut an Quellen dürfte ebenfalls auf das Fehlen des Zechsteinsalzes durch Auslaugung zurückzuführen sein. Durch

die wasserdichte Verkittung der Zusammenbruchs-(Buntsandstein- und Zechstein-)Riesenbreccie wurde die Kommunikation des Spaltensystems unterbrochen, welches früher mit dem weiter nordwestlich liegenden Salzreservoir in Verbindung stand.

Von Interesse ist das Asphaltvorkommen in der Bohrung Nr. 18 (Funke). Hier fand man bei 640 m im Cenoman eine Kluft, die mit Asphalt ausgefüllt war. Nach dem Anzünden entwickelte er den Geruch der blakenden Petroleumlampe, der für solche Asphalte charakteristisch ist, die durch Oxydation von Petroleum bzw. Petroleumgasen entstanden sind. Das Vorkommen ist also identisch mit den häufiger im Osten des Industriegebiets im Turon und Cenoman gefundenen.

Bei den Bohrungen nördlich der Lippe wurden nach meiner Kenntnis nirgends die in der Gegend von Ascheberg, Münster und Drensteinfurt so häufigen Petroleumgase gefunden, die dem Bergmann gefährlich werden können. Die Asphaltbildung, die von ihrem früheren Vorhandensein zeugt, gehört also einer früheren Epoche an.

Ich halte es nicht für unmöglich, daß auch hier die oben erwähnte Buntsandstein - Zechstein - Riesenbreccie die Kommunikation mit dem weiter östlich bekannten gasführenden Kluftsystem zerstörte.

Im Herzoglich CROY'schen Regalbezirk wurden früher Asphaltvorkommen ausgebeutet, die im Senon namentlich an der Vechte auftreten¹⁾ und auch im Fürstlich SALM-SALMSchen Gebiete an mehreren Stellen bekannt wurden. Daß die Lagerstätten im Senon dieselbe Entstehung haben wie die im Turon, halte ich für sehr wahrscheinlich.

Es ist nicht uninteressant, daß dieser Asphalt in früheren Jahren häufiger bei den Fundesbesichtigungen mit Anthrazit verwechselt wurde und in einigen Fällen zur Verleihung von Steinkohlenfeldern Veranlassung gegeben hat.

Über den Ursprung der Petroleumgase ist nichts Sicheres bekannt. Nimmt man an, daß das Petroleum durch die Zersetzung organischer Reste entstanden ist und aus der Tiefe in die Klüfte und Poren des Kalkes heraufdestilliert wurde, so käme für die Entstehung die nächstältere besonders organismenreiche Schicht in Frage. In dem im Westen des Regalbezirks liegenden Unteren Kreidegebiet bestehen die Wealdenkalke und Schiefertone auf große Erstreckungen fast nur

¹⁾ v. DECHEN: Erläuterung zur Geologischen Karte der Rheinprovinz und der Provinz Westfalen. Bonn 1884, Bd. II, S. 492.

aus Cyrenen, Melanien usw. Da hier Millionen von Tierleibern zersetzt worden sind, könnte dieser Horizont die Petroleumbildung veranlaßt haben.

Die Tektonik der Oberen Kreide wird durch eine flache Ost-West-Faltung und durch Querverwerfungen bedingt, deren Einfluß im vergleichenden Abschnitt S. 254 näher geschildert werden soll.

Beispiele von Kreide-Profilen.

A. bedeutet: Zone der losen Sande mit festen Zwischenlagen von meist Quarzit oder Sandstein. Im Allgemeinen Sande von Haltern (Zone des *Pecten muricatus* GDF.).

B. bedeutet: Zone der losen, häufig tonigen Sande mit festen Zwischenlagen von meist sandigem Mergel. Im Allgemeinen Recklinghäuser Sandmergel (Zone des *Marsupites ornatus* MTR.).

C. bedeutet: Emscher (Zone des *Ammonites Margae* SCHL. und *Inoceramus digitatus* Sw.).

D. bedeutet: Turon und Cenoman (Zone des *Inoc. Cuvieri* Sw. bis Zone des *Pecten asper* LM.).

Bohrung Nr. 3 (Funke).

A. Bis 86,89 m.

B. - 170,0 m (83,11 m mächtig).

C. - 503 m (333 m mächtig), u. zwar bis 200 sehr sandig, bis 395 sehr tonig.

Grenze zwischen Emscher und Turon dürfte tiefer, als hier angegeben liegen.

D. - 727,7 m (224,7 m mächtig). Bei 550 m *Inoc. labiat.* in hellem bis weißem Mergel. Turon 47 m, Cenoman 177 m.

Über dem Grünsand weißer marmorierter Kalkstein.

Grünsand 686,16 — 696 m = 9,84 m

Hornsteinhorizont — 705 - = 9,00 -

Grünsand — 727,7 - = 22,7 -

Bohrung Nr. 5 (Funke) (18 m Diluvium der Rheinterrasse).

A. Bis 120 m.

B. - 180 - (60 m mächtig).

C. - 500 - (320 - -).

D. - 679 - (179 - -).

Über dem Oberen Grünsand (zwischen 585 und 604 m) stylolithischer Kalkstein mit wenig mächtigen Sand- und Sandsteinlagen.

Grünsandhorizont:

bei 637 m glaukonitischer Kalkstein,

von 645—651,5 m Grünsand (6,5 m mächtig)

- 662—666 - - (4 - -)

Bohrung Nr. 7 (Funke) (3,5 m Diluvium).

A. + B. Bis 168 m.

C. Bis 435 m (267 m mächtig), und zwar

- 195 - sandiger grauer Mergel.

- 275 - fester grauer Mergel.

C. Bis 290 m grauer Mergel mit harten Lagen.

- 435 - grauer Mergel.

D. - 647 - (212 m mächtig) zu oberst weißgrauer Mergel.

Grünsand von 533—559,5 (26,5 m mächtig), darunter Kalkstein mit Mergelschichten.

Bohrung Nr. 10 (Funke).

A. Bis 124,5 m (124,5 m mächtig)

B. - 193,5 - (71,0 - - -).

C. - 530 - (336,5 - - -).

D. - 709 - (179 - - -).

Zwischen dem ersten und zweiten Grünsand stylolithisch verzahnt mit wenig mächtigen Sandschichten.

Grünsand von 581,5—596 m (14,5 m mächtig)

655—663,5 - (8,5 - - -)

672—692,0 - (20,0 - - -)

Bohrung Nr. 14 (Funke). (Bis 2 m Rheinterrasse).

A. Bis 113 m (111 m mächtig) z. T. Auftreten von Eisenerzschichten im losen Sande.

B. - 205 m (92 m mächtig).

C. - 440,50 - (235,50 - - -).

D. - 585,20 - (144,7 - - -).

Grünsand von 554—585,2 m = 31,2 m, zu oberst lose, zu unterst mit Konglomeratlagen.

Bohrung Nr. 18 (Funke).

A. Bis 100,0 m (100,00 m mächtig).

B. - 185,0 - (85,0 - - -).

C. - 501,65 - (316,6 - - -).

D. - 675,5 - (173,85 - - -).

Über dem Grünsand heller Mergel und weißer Kalk.

Grünsand oder stark glaukonitischer Mergel von 636,3 m bis 675,5 m = 39,2 m.

Bei 640 Kluft mit Asphalt, der angezündet nach Petroleum riecht.

Bohrung Kl.-Reken.

A. Bis 112 m.

B. - 169 - (57 m mächtig).

C. - 701 - (532 - - -).

D. - 859 - (158 - - -).

Über und zwischen den Grünsanden weiße, die untersten 20 m graue Mergel.

Grünsande von 788,7—795,6 m (6,9 m mächtig)

- 836,3—859,0 - (22,7 - - -)

Bohrung Trier 9 (Dr. BÄRTLING) (Bis 31 m Sand und Kies der Rheinterrasse).

A. + B. Bis 95 m.

B. Bis 450 m (355 m mächtig) zu oberst sandig.

- C. Bis 508,5 m (58,5 m mächtig), die Mächtigkeit ist auffallend gering.
 Grünsand von 475—481 m als glaukon. Mergel (6 m mächtig).
 - 495,5—508,5 m (13 m mächtig).
 Oberer Gault Bis 509 m mergeliger glaukonitischer Ton mit
Inoc. sulcatus PARK (0,5 m mächtig).

Bohrung Frischgewagt 3.

- A. + B. Bis 80,35 m Diluvium und Senon (80,35 m mächtig).
 C. Bis 360 m (279,65 m mächtig).
 D. - 524,65 - (164,65 - -).

Über dem Grünsand heller Mergel.

Grünsand von 514,65—524,65 m (10 m mächtig).

B. Vergleich mit dem weiteren Gebiet.

Es liegt nahe, von diesen nördlichsten Bohrungen des westlichen Teiles des Beckens von Münster aus sich Rechenschaft über die mutmaßliche Verbreitung der ganzen Formation in nördlicher, östlicher und westlicher Richtung, über ihre petrographische Ausbildung im Vergleich mit dem übrigen Verbreitungsgebiet und ihre Tektonik abzulegen.

Was zunächst die Verbreitung der Oberen Kreide anbelangt, so ist sie nicht zum geringen Teil durch die Schürfarbeiten der Fürstlich SALM-SALMSchen Verwaltung und der holländischen Regierung in westlicher Richtung fast vollständig geklärt.

Sämtliche Stufen der Oberen Kreide keilen nach Westen bzw. Nordwesten aus, und zwar in einer bogenförmigen Linie (s. Taf. VI), welche über Oeding, Südlohn und Stadtlohn verläuft. Diese Grenze war schon von DECHEN bekannt, da sie infolge der größeren Widerstandsfähigkeit der Turon- und Cenomankalke als flacher Hügel an der Oberfläche ausgeprägt ist.

Die neueren Aufschlüsse haben ergeben, daß es sich hier nicht etwa nur um ein lokales Herausheben handelt, welches vielleicht durch eine Aufsattelung des Gebirges veranlaßt wird, sondern um die alte, durch spätere Abrasion und tektonische Einflüsse allerdings modifizierte Kontinentalgrenze.

Diese Grenze der Kreide von Münster scheint — wenn man lediglich sichere Aufschlüsse benutzt — ausschließlich auf der rechten Rheinseite zu verlaufen. Sie kommt dem Rhein teilweise z. B. bei Dinslaken sehr nahe und biegt dann in die längst bekannte östliche Richtung um, derart verlaufend, daß das Produktive Carbon Westfalens nur in einem verhältnismäßig kleinen Dreieck an die Tagesoberfläche kommt.

Petrographisch unterscheidet sich die Ausbildung der Kreide von Deuten und Rhade nicht unwesentlich von dem übrigen bekannten Gebiete. Es wurde bereits darauf hingewiesen, daß das Senon im östlichen Teile des des Beckens von Münster bis in die Gegend von Emkum, östlich Hullern (s. Tafel VI) kalkig ausgebildet ist, und daß es deshalb hier unmöglich ist, eine Grenze zwischen Emscher und Senon in den mit stoßendem Verfahren niedergebrachten Tiefbohrungen zu ziehen.

Im westlichen Teile dagegen sind die Zonen der Sande von Haltern und der Recklinghäuser Sandmergel sandig entwickelt und unterscheiden sich, soweit die Bohrungen bis jetzt nach Norden vorgedrungen sind, durch nichts von den südlichsten Aufschlüssen, beispielsweise bei Recklinghausen.

Ebensowenig macht sich in der Ausbildung des Emschers nach Norden zu ein wesentlicher Unterschied bemerkbar. Man hat allerdings den Eindruck, als ob die obersten Emscher-Schichten sandiger sind als diejenigen im südlichen Teile des Industriebezirkes; Sandsteinbänke im Mergel werden außerdem häufiger.

Zweifellos ist die Mächtigkeit des Emschers, welche bei Deuten und Rhade 300 m selten überschreitet, wesentlich geringer, als man nach dem nördlichen Einsinken der Kreide im Süden annehmen sollte. Diese Mächtigkeitsverringerung hängt ausschließlich mit der Nähe der Kontinentalgrenze der Oberen Kreide im Westen zusammen, denn die senone Decke hat den Emscher vor einer event. nachträglichen Reduktion durch die Abrasion geschützt.

Im Turon und Cenoman finden sich ebenfalls bedeutende Abweichungen in petrographischer Beziehung. Während die Formationen im Osten hauptsächlich mergelig entwickelt sind, und Kalke im allgemeinen zurücktreten, haben wir im Westen das Überwiegen der weißen Kalke auf Kosten der Mergel.

Bemerkenswert sind die Wechsellagerungen von Kalk mit den wenig mächtigen Sand- und Sandsteinbänken, die stylolithisch mit den Kalken verzahnt sind und sich meist durch Glaukonitgehalt auszeichnen (s. S. 245).

Bis jetzt unbekannt waren auch die von mir als marmoriert bezeichneten Kalke und Mergel, die S. 245 geschildert wurden.

Die mächtige Entwicklung des Turons und Cenomans sticht außerordentlich gegen die verhältnismäßig kümmerliche Entwicklung des Emschers ab; da wie S. 244 ausgeführt wurde, das Cenoman unverhältnismäßig mächtiger ist als das Turon, zeigte das Kreidemeer während der Bildung des Cenomans die stärkste Kalksedimentation bezw. Präcipi-

tation, während bereits zur Turonzeit eine intensive Abnahme stattfand.

Was das Auftreten der Grünsande anbelangt, so zeigt sich, daß sie lediglich auf das Cenoman beschränkt sind. Es fehlen also die Grünsandhorizonte des *Brongniarti*- und des *Scaphiten*-pläners. Die auffallend intensive Entwicklung der Grünsande im Cenoman dürfte mit der Nähe der Kontinentalgrenze im Nordwesten zusammenhängen.

Über die Mächtigkeitsveränderung der Oberen Kreide als Ganzes in westöstlicher und nordsüdlicher Richtung liegen interessante Aufschlüsse in neueren Tiefbohrungen vor. Die Bohrungen Everswinkel und Hoetmar (E. u. H. der Karte, s. Taf. VI) stellten die Kreidemächtigkeit zu 1352 und 1307 m fest. Die mit Zahlen versehenen gestrichelten und punktierten Linien geben Punkte gleicher Senon- und Emscher- bzw. Ganzer Kreide-Mächtigkeit an und beweisen die übliche, sehr allmähliche Zunahme nach Norden bzw. Nordosten.

Diese Resultate stimmen mit denen der Bohrung Münster 1 überein, welche 1406 m Kreidemächtigkeit feststellte. Die Bohrungen Münster 2—5 ergaben im Gegensatz hierzu ca. 1137. Die zwischen den Münsterbohrungen festgestellte Verwerfung muß also annähernd nordwestlich streichen und nach Nordosten einfallen, so daß die Bohrungen Münster 1, Everswinkel und Hoetmar auf dem gesunkenen, die Bohrungen Münster 2—5 auf dem stehengebliebenen Teile liegen.

Die Verwurfshöhe berechne ich zu ca. 250 m.

Eine genauere Horizontierung der Schichten war mir in der Bohrung Everswinkel möglich. Hier wurde der *Labiatus*-pläner bei 1075 m festgestellt. In der Bohrung 3 (Funke) bei Oestrich fand man denselben Horizont bei 550 m. Berücksichtigt man die Verwurfshöhe der obigen Verwerfung mit 250 m, so ergibt sich das ostwestliche Herausheben zwischen beiden Bohrungen zu $825 - 550 = 275$ m. Geht man von den Kreideunterkanten aus, so erhält man

Gesamt-Kreidemächtigkeit Everswinkel	1352 m
Verwerfung Münster	ca. 250 -
	ca. 1102 m

Gesamt-Kreidemächtigkeit Nr. 3 (Funke) ca. 728 m, folglich ostwestliches Herausheben $1102 - 728 = 374$ m.

Die Differenz von ca. 100 m zwischen beiden einwandsfreien Berechnungen ist dadurch zu erklären, daß die Cenomanmächtigkeit bedeutend stärker in ostwest-

licher Richtung abnimmt als die Turonmächtigkeit. Diese Abnahme erreicht auf der in Frage kommenden Strecke ca. 100 m.

Wie sich infolgedessen das Nord-Südprofil durch Münster von demjenigen durch Dorsten unterscheidet, ergeben Tafel V und VI.

Interessant ist auch der Vergleich des letzteren Profils mit demjenigen von LEO CREMER in Glückauf 1895 gegebenen.

Die Tektonik der Kreide weicht ebenfalls, und zwar ganz erheblich, von derjenigen im Süden bzw. im Osten ab. Zunächst ergibt sich aus den Bohrungen, daß, abgesehen von den Verwerfungen und der Faltung, das Einsinken der Unterkante der Oberen Kreide nur mit einem Winkel bis höchstens 2° erfolgt. Entsprechend der Muldenbildung des Beckens von Münster hat sie sich flacher gelegt, als wir es am Südrande gewöhnt sind. Während wir außerdem im Süden eine fast horizontale Lagerung in den Grubenaufschlüssen und in den Bohrlöchern feststellen, zeigen die Aufschlüsse der nördlichen Bohrungen recht häufig ein deutliches Einfallen, welches mit Verwerfungen nichts zu tun hat.

Diese Beobachtung deckt sich mit der Untersuchung von Tagesaufschlüssen weiter im Nordosten an den Baumbergen und mit den Untersuchungen weiter im Westen, mit welchen sich eine Abhandlung des Herrn Bergassessor SCHULZE-BUXLOH beschäftigen wird.

BÄRTLING fand in den Baumbergen die flache Sattel- und Muldenbildung, von deren Richtigkeit ich mich selbst auf gemeinsamer Tour überzeugen konnte. Sie ist daraus zu erklären, daß im nördlichen und im westlichen Teile des Beckens von Münster eine jüngere Faltung zu außerordentlich flachen ostwestlich gerichteten Sätteln und Mulden Platz greift, die nach Westen und vielleicht auch nach Norden intensiver zu werden scheint.

Abgesehen von dieser Faltung, wird die Kreide durch eine große Anzahl von Störungen beeinflusst. Mit der Annäherung an den Rheintalgraben stellen sich immer häufiger Verwerfungen (s. Taf. V und VI) ein, welche mutmaßlich zum ersten Mal im Spätkarbon und Rotliegenden aufrissen, auf denen aber auch in den späteren geologischen Epochen, vielleicht bis in die jüngste Zeit hinein, Gebirgsbewegungen stattfanden.

Die Verwerfungen in der Kreide sind also nach meiner Auffassung hauptsächlich durch das Wiederaufreißen älterer zu erklären.

II. Die Untere Kreide.

In den zahlreichen Bohrungen, welche von mir im Norden des Beckens von Münster untersucht wurden, fand ich in keiner Reste der Unteren Kreide, wie sie von BÄRTLING in der Tiefbohrung Trier 9 beim Forsthaus Freudenberg, etwa 6 km nordwestlich von Dorsten an der Lippe, festgestellt wurden¹⁾.

Das Hauptverbreitungsgebiet der Unteren Kreide liegt im allgemeinen westlich bzw. südwestlich von der alten Kontinentalgrenze der Oberen Kreide (s. Taf. VI).

VON DECHEN hat dieser Linie — wie oben ausgeführt wurde — als einer tektonischen große Bedeutung beigemessen.

Aus dem Unteren Kreidefunde der Bohrung Trier 9 hat BÄRTLING ganz richtig den Schluß gezogen, daß die jüngere Kreidetragression nicht erst im Cenoman, sondern bereits im Gault einsetzte. Das ursprüngliche Verbreitungsgebiet des Gaults greift also weit über das Verbreitungsgebiet der Oberen Kreide, und wenn in den Tiefbohrungen in der Gegend von Rhade und Deuten keine Reste Unterer Kreide gefunden wurden, so ist das nur ein Beweis dafür, daß auf die erste Transgression des Gault-Meeres nach Osten ein Zurückweichen stattfand; das Gebiet wurde wieder Festland, und die wenig mächtige Ablagerung des Gault-Meeres fiel da, wo sie nicht zufällig, wie bei Trier 9, in tektonischen Gräben vor der Abrasion geschützt war, dieser anheim.

BÄRTLING gibt eine ähnliche Erklärung, wenn er sagt, „der Zusammenhang der Schollen mit der geschlossenen Decke der Unteren Kreide ging bei Oszillationen der Strandlinie dieser Periode wieder verloren“.

Früher nahm man im Becken von Münster eine viel größere Verbreitung der Unteren Kreide an und LEO CREMER konstruierte sie in seinem Nord-Süd-Profil durch Münster²⁾ mit erheblicher Mächtigkeit. Die Tiefbohrungen ergaben ihr vollständiges Fehlen (Profil Tafel VI).

¹⁾ Zeitschrift der Deutschen geol. Gesellschaft, Bd. 60, 1908, Monatsbericht Nr. 7.

²⁾ L. CREMER: a. a. O.

III. Der Buntsandstein.

(Siehe Tabellen S. 262).

A. Beobachtungen im Gebiet nördlich der Lippe.

Die Gesamtmächtigkeit der Formation schwankt zwischen 125,5 m (Bohrung Nr. 18 (Funke) und fast 400 m (Bohrung Trier 12).

Die Mächtigkeitsänderungen des Buntsandsteins gehen aus folgenden Gruppierungen der Bohrlöcher in nordsüdlicher und ostwestlicher Richtung hervor.

Von Nord nach Süd:

Bohrung Nr. 3 . . .	von 727,7 bis 943 m = 215,3 m
- - 4 . . .	- 675 - 922 - = 247 -
- - 10 . . .	- 709 - 990 - = 281 -
- - 18 . . .	- 675,5 - 801 - = 125,5 -
- - 20 . . .	- 552,5 - 803 - = 250,5 -

Von West nach Ost:

Bohrung Nr. 2 . . .	von 730,62 bis 912,82 m = ca. 182,20 m
- - 3 . . .	- 727 - 943 - = 216 -
- - 5 . . .	- 679 - 923,5 - = 244,5 -
- - 10 . . .	- 709 - 990,50 - = 281,50 -

Aus beiden Reihen ergibt sich, daß auf einem beschränkteren Raum keine gesetzmäßige Zu- und Abnahme der Formation festgestellt werden kann. Die sprunghaften Mächtigkeitsänderungen, wie sie häufiger dicht aneinanderstehende Bohrungen zeigen, lassen sich nur auf den Einfluß von Störungen zurückführen, die zwischen den betreffenden Bohrungen hindurchsetzen (Taf. V u. VI).

In petrographischer Beziehung besteht der Buntsandstein aus roten und bläulichen Letten, milden Sandsteinen, die zum Teil rot, zum Teil hellgelb sind, vereinzelt groben Schichten und Konglomeraten und wenig mächtigen Anhydrit-, Kalkstein- und Mergelbänken.

Die Letten überwiegen namentlich in der hangenden und liegenden Partie, während sie in der mittleren gewöhnlich zurücktreten.

Mit den Sandsteinen verhält es sich umgekehrt. Sie überwiegen in der mittleren Partie, finden sich zwar in der hangenden und liegenden, treten aber zugunsten der Letten außerordentlich zurück. Charakteristisch für die Sandsteine ist ihre milde Beschaffenheit und ihre Gleichkörnigkeit. Nur untergeordnet fand

man wenig mächtige Bänke mit gröberen Bestandteilen, und ganz selten sind Konglomerate.

Über die wenigen Fälle, in denen die Konglomerate in dem fraglichen Gebiet bis jetzt gefunden worden sind, möchte ich folgendes ausführen:

Bohrung	Nr. 2	Nr. 3.	Nr. 6.	Frischge- wagt 3	Vreden
Lage der Konglo- merate	Von 895 bis 904,8 m	Von 874 bis 882 m	Von 795 bis 832 zwar kein Konglomerat, aber recht grober Sand- stein	Von 727,7 bis 728,3 m	Grober Sand- stein bei ca. 680 (Basis des M. B.) und ca. 960 (Basis des U. B.)
Oberkante des Bunt- sandsteins	730,6 m	727,7 m	706 m	524,6 m	211 m
Unterkante des Bunt- sandsteins	904,8 m	943 m	870,75 m	867,5 m	960 m

Bei der unvollkommenen Entwicklung des Buntsandsteins in engeren Gebiet empfiehlt es sich, das vollkommene Profil von Vreden zum Vergleich heranzuziehen.

G. MÜLLER stellte bei Vreden zwei grobkörnige Horizonte bei ca. 680 bzw. 960 m fest; der obere entspricht der Basis des Mittleren, der untere derjenigen des Unteren Bunten.

Da die Ausbildung der Buntsandsteinformation nördlich der Lippe bis Rhade und Reken im allgemeinen eine sehr feinkörnige ist, sind die wenigen bekannt gewordenen Fälle von Schichten mit grobem Korn und Konglomeraten und ihre stratigraphische Stellung von besonderem Interesse. Ich sehe hier naturgemäß ab von der zum Zechstein gehörigen Zusammenbruchsbreccie über dem liegenden Anhydrit, die häufig fälschlich als Konglomerat bezeichnet wird, und die man irrtümlich als Basis des Buntsandsteins auffaßt (s. S. 266).

Das Konglomerat der Bohrung 2 (s. obige Tabelle) liegt zweifellos an der Basis des Unteren Bunten, entspricht also dem tieferen der Bohrung Vreden.

In der Bohrung 3 wurde das Konglomerat zwischen 874 und 882 m angetroffen, d. h. 146 m unter der Buntsandsteinoberkante und 61 m über der Unterkante der Formation. Es

könnte also demnach dem oberen Konglomerat von Vreden entsprechen.

Demselben Horizont können die groben Sandsteine der Bohrung 6 (Funke) zugerechnet werden, bei der die Unterkante der Formation bei 870,75 m erreicht wurde.

Die Bohrung Frischgewagt 3 ergab Konglomerat von 727,7—728,3, d. i. 203 m unter der Buntsandsteinoberkante und 139,2 m über dessen Unterkante. Auch hier kann demnach die Konglomeratschicht mit der oberen grobkörnigen Zone von Vreden parallelisiert werden.

Trotz der feinkörnigen Entwicklung scheinen also wenig mächtige Konglomerat- oder grobkörnige Buntsandsteinschichten an der Basis der mittleren Abteilung der Formation wiederholt aufzutreten.

Auffallend ist die Entfärbung der Sandsteinbänke auf große Mächtigkeiten, welche im grellsten Gegensatz zur Rotfärbung der oberen Carbonschichten (s. S. 277) steht. Vielleicht hängt diese Entfärbung mit der Auslaugung der Zechsteinsalze und dem Zusammenbruch der Buntsandsteindecke zusammen (s. S. 274).

Die Mergel und Kalke finden sich vorzugsweise im hangenden Teile des Buntsandsteins und dürften den sog. Kalken des Röt entsprechen.

Der Anhydrit kommt ebenfalls in den hangenden Schichten vor, findet sich aber auch untergeordnet in den liegenden. Hier ist es indessen häufig recht zweifelhaft, ob die mit Anhydrit wechsellagernden Letten, welche bisweilen über dem mächtigeren Zechstein-Anhydrit auftreten, nicht besser zum Zechstein gezogen werden. Bei einer derartigen Trennung beider Formationen ist der Anhydrit des Buntsandsteins auf die oberste Stufe beschränkt.

Eine Gliederung des Buntsandsteins ist deshalb schwierig, weil in einer größeren Anzahl von Bohrlöchern die ganze Formation aus einem Trümmerhaufen durcheinanderliegender Schollen besteht (S. 274). Da, wo ruhigere Lagerungsverhältnisse beobachtet werden, kann man in einigen Fällen eine Zweiteilung, in andern eine Dreiteilung vornehmen.

Eine Zweiteilung ergibt sich beispielsweise bei der Bohrung Trier 8 mit 250 m (von 515—765) Buntsandsteinmächtigkeit (Dr. BÄRTLING) in eine obere Lettenzone bis 595 m (80 m mächtig) und eine untere Sandstein- und Lettenzone bis 765 m (also 170 m mächtig).

Die Bohrung Trier 12 mit 400 m (von 570—970 m) Buntsandstein läßt ebenfalls die Zweigliederung zu in eine Letten-

und Anhydritzone bis 761 m (131 m mächtig) und eine Sandstein- und Lettenzone bis 970 m (239 m mächtig).

In der Bohrung Trier 14 — Buntsandstein von 538—779,75 m (241,75 m mächtig) — lassen sich die Schichten in eine Letten- und Mergelzone bis 660 m (122 m mächtig) und eine Sandsteinzone bis 779,75 m (119,75 m mächtig) zusammenfassen.

Dieser Zweiteilung steht nun aber in einer großen Anzahl von Bohrungen eine Dreiteilung gegenüber.

Die Bohrung Nr. 4 (Funke) Buntsandstein von 675—922 m = 247 m mächtig) zeigt:

Lettenzone	bis 756 m = 81 m mächtig
Sandsteinzone mit untergeordneten Letten	- 843 - = 87 - -
Lettenzone mit untergeordneten Sandsteinen .	- 922 - = 79 - -

Die Bohrung Nr. 5 (Funke) ergab ähnliche Verhältnisse, nämlich:

Buntsandstein . . von 679—923,5 m (244,5 m mächtig).

Er wird gegliedert in:

Lettenzone mit untergeordnetem Sandstein und Mergel . . .	bis 705 m = 26 m mächtig
Sandsteinzone mit untergeordneten Letten und Mergel .	- 801 - = 96 - -
Lettenzone mit untergeordnetem Sandstein und Mergel . . .	- 923,5 - = 122,5 - -

Ca. 3,5 km weiter südlich bei Deuten liegt die Bohrung Nr. 18 (Funke), in welcher der Buntsandstein von 676,5—801,0 m reicht (124,5 m mächtig).

Er kann eingeteilt werden wie folgt:

Bis 700 m überwiegend Letten	(23,5 m mächtig)
- 730 - - Sandstein	(30,0 - -)
- 801 - - Letten	(71,0 - -)

Die bereits oben herangezogene Bohrung Vreden zeigte ein außerordentlich vollständiges Buntsandsteinprofil von 211 bis 960 m (749 m mächtig).

Nach der von G. MÜLLER aufgestellten Bohrtabelle kann man folgende Zonen zusammenfassen:

Letten-, Mergel-, Gips- und Steinsalzzone	bis 417 m (206 m mächtig)
vorwiegend Sandstein mit groben Sandsteinbänken a. d. Basis	- 680 - (263 - -)
feinbänkiger Sandstein mit Anhydritletten und grobem Sandstein a. d. Basis .	- 960 - (280 - -)

Die auf holländischem Gebiet stehende Bohrung Eibergen liegt annähernd in demselben Parallelkreis wie die Bohrung Vreden. Hier wurde der Buntsandstein nicht vollständig durchteuft. Er ermöglichte keine derartige Gliederung, sondern zeigte ausschließlich lettige Entwicklung.

Aus diesen Beispielen dürfte hervorgehen, daß in vielen Fällen eine Dreiteilung der Buntsandsteinformation in eine obere, mittlere und untere Abteilung möglich ist, wenn auch infolge des schnellen petrographischen Wechsels der Schichten, des Zusammenbruchs der Buntsandsteindecke und tektonischer Störungen die Trennung in vielen Profilen nicht durchgeführt werden kann.

Die Tektonik des Buntsandsteins: Da die Formation in den meisten Bohrlöchern mit dem Meißel durchstoßen wurde, konnten nur an einem geringen Teile der Gesamtmächtigkeit Beobachtungen über das Streichen der Schichten ausgeführt werden. Wo keine verstürzten Schollen vorliegen, war die Lagerung flach. Auf eine intensivere Faltung kann also nicht geschlossen werden.

Zweifellos durchsetzen aber dieselben Querverwerfungen, die in der Oberen Kreide nachgewiesen werden können (S. 254) auch die Buntsandsteinformation. Welchen Einfluß diese Störungen auf die Mächtigkeit des Bunten gehabt haben, ergibt ein Blick auf die Mächtigkeitsschwankungen nicht nur der ganzen Formation, sondern auch der einzelnen Stufen derselben.

Vieles spricht dafür, daß während der Bildung des Bunten intensivere Bewegungen auf den Verwerfungen stattfanden, derart, daß sich Horste und Gräben fortwährend veränderten. So konnte die ganze Formation und jede einzelne Stufe in dicht beieinander liegenden Gebieten verschieden mächtig werden. Auf besonders hervorragenden Zechstein-Horsten kam es überhaupt nicht zur Bildung der Unteren Stufe; erst später nach ihrem Wiedereinsinken infolge neuer Bewegungen wurde der Mittlere und Obere Bunte auf ihnen abgesetzt. So erklärt sich die Zweiteilung der Formation in eine obere lettige und eine untere sandige Stufe.

In der langen Festlandsperiode zwischen Buntsandstein und Kreide nahmen die Gebirgsbewegungen ihren Fortgang. Auf den Buntsandsteinhorsten fiel die obere Stufe der Formation der Abrasion und Erosion zum Opfer, so daß hier heute unter der Kreide der Mittlere Bunte angetroffen wird. Auf diese Weise entstanden die Buntsandsteinprofile, bei denen nur die Zweiteilung in eine obere sandige und eine untere lettige Stufe möglich ist.

Die Querverwerfungen bedingen auch die charakteristische zerrissene Form der südlichen Buntsandstein-Zechsteingrenze. Die mit den Verwerfungen verbundene Seitenverschiebung bewirkt sehr häufig das Vorschieben der abgesunkenen Teile nach Süden

und das damit verbundene scheinbare Zurückweichen der stehen gebliebenen nach Norden, welches durch die Wirkung der Abrasion noch verstärkt wird¹⁾.

Die Südgrenze besteht deshalb aus einer Reihe gegeneinander verschobener nordwestlich streichender Streifen, deren östliche und westliche Begrenzung durch Querverwerfungen bedingt wird, während die annähernd ostwestlich gerichteten Verbindungsstücke meist der durch nachträgliche Abrasion modifizierten alten Kontinentalgrenze angehören. Anzeichen, die für das Auftreten von ostwestlich streichenden Verwerfungen sprechen, sind vereinzelt vorhandenen (s. S. 280). Südlich vom Bohrloch Trier 8 wird z. B. die ostwestlich verlaufende Trias-Südgrenze durch eine Verwerfung bedingt (s. Taf. VI).

Die Buntsandsteinformation nördlich der Lippe bis Rhade.

Mutmaßliche Geol. Stellung	Petrographische Ausbildung und Gliederung	Bemerkungen	Mächtigkeit je nach der Vollständigkeit des Profils 125 bis ca. 400 m Die ursprünglichen Mächtigkeiten der drei Stufen schwanken außerordentlich wegen der Gebirgswegungen zur Buntsandsteinzeit
Oberer Buntsandstein	Vorwiegend rote, seltener grüne Letten mit untergeordneten roten, sehr milden tonigen Sandsteinen, häufigeren Gips- und Anhydritschichten und selteneren Mergel- und Kalkbänken = Letten-Anhydritzone	Fehlt häufiger infolge nachträglicher Abrasion der Horste	
Mittlerer Buntsandstein	Vorwiegend rote, häufiger entfärbte, milde Sandsteine mit untergeordneten roten, oder grünen Lettenschichten, nach der Basis mitunter grobkörniger, seltener konglomeratisch werdend = Zone milder Sandsteine		
Unterer Buntsandstein	Vorwiegend rote Letten mit zurücktretenden, sehr milden, roten tonigen Sandsteinen = Untere Letten-Sandsteinzone.	Fehlt häufiger auf alten Zechsteinhorsten	

¹⁾ Siehe auch H. MENTZEL: Mit welchen Lagerungsverhältnissen wird der Bergbau in der Lippe-Mulde zwischen Dorsten und Sinsen zu rechnen haben? Glückauf 1906, Nr. 38, S. 1234.

Beispiele von Buntsandstein-Profilen.

Bohrung Nr. 3 (Funke).

Von 727,7 bis 943 m = 215,3 m mächtig, alles verbrochen.

Bis 854,7 m untergeordnet Anhydrit und Gips (127 m mächtig) = Obere Abteilung.

Zwischen 874 und 882 m konglomeratisch, vielleicht Basis des Mittleren Bunten.

Bohrung Nr. 5 (Funke).

Von 679 bis 923,5 m = 244,5 m mächtig.

Bis 705 m Obere Lettenzone (26 m mächtig) O. B.

- 801 - Sandsteinzone (96 m mächtig) M. B.

- 923,5 m Sandstein-Lettenzone (122,5 m mächtig) U. B.

Bohrung Nr. 10 (Funke).

Von 709 m bis 990,5 m = 281,5 m mächtig, durchweg feinkörnig, auch wenn Sandsteine auftreten.

Bohrung Nr. 18 (Funke).

Von 675,5 m bis 801 m = 126,5 m mächtig.

Bis 700 m überwiegend Letten (24,5 m mächtig) O. B.

- 730 - Sandstein (30,0 m mächtig) M. B.

- 801 - Letten (71,0 m mächtig) U. B.

Bohrung Trier 8 bei Tyshaus.

Von 515 bis 765 m = 250 m mächtig.

Bis 595 m Lettenzone (80 m mächtig) O. B.

- 765 - Sandstein- und Lettenzone (170 m mächtig).

Bohrung Frischgewagt 3.

Von 524,65 bis 867,5 m = 342,85 m mächtig.

Bis 689,5 m Letten-Anhydrit- und Sandsteinzone (164,85 m mächtig) O. B.

- 867,5 - Sandsteinzone (178 m mächtig) M. B.

Bei 728 m Konglomerat.

Bohrung Vreden (nach MÜLLER).

Von 211 bis 960 m = 749 m mächtig.

- 211 bis 417 - Letten, Mergel, Gips- und Steinsalzzone (206 m mächtig) O. B.

Bis 680 m Hauptbuntsandstein mit groben Sandsteinbänken (263 m mächtig) M. B.

- 960 m feimbänkiger Sandstein mit Anhydritletten (280 m mächtig) U. B.

B. Vergleich mit dem weiteren Gebiet.

Auch beim Buntsandstein ist es von Wichtigkeit, das Vorkommen nördlich der Lippe bis in die Gegend von Deuten und Rhade mit demjenigen im übrigen Teile des niederrheinisch-westfälischen Industriegebietes zu vergleichen.

Was zunächst die Verbreitung anbelangt, so ist ihre südliche Begrenzung sowohl auf der rechten als auf der linken Rheinseite seit längerer Zeit bekannt. Wir wissen, daß die Grenze außerordentlich ausgezackt ist (Taf. V und VI, siehe auch S. 260).

Die westliche Grenze ist nicht bekannt. So weit die Aufschlüsse in Holland bis jetzt reichen, zeigen sie die Formation in immer vollkommenerer Entwicklung. Es hat also den Anschein, als ob hier noch eine gewaltige Fläche vom Bunten eingenommen wird. Alle gestoßenen Tiefbohrungen, wie die Bohrungen Vreden, Eibergen, die neue östlich von Winterswijk und die weiter südlich stehenden der Gegend von Helenaveen, ergaben Buntsandstein in großer Mächtigkeit, und zwar mit der deutlichen und schnellen Mächtigkeitszunahme von O. nach W. und von S. nach N.; das Maximum beträgt bis jetzt ca. 750 m.

Aus der Mächtigkeit und der Entwicklung des Buntsandsteins in den Bohrungen nördlich der Lippe bis einschließlich Rhade und Erle geht hervor, daß man sich hier in der Nähe der östlichen Kontinentalgrenze des Buntsandstein-Meeres befindet. Da die weiter im Osten liegenden, ebenfalls weit nach Norden vorgeschobenen Bohrungen von Emkum und Elvert keinen Buntsandstein und Zechstein antrafen, muß die Grenze zwischen hier und Klein-Reken bzw. Rhade verlaufen (Taf. VI).

Die Bohrung Klein-Reken, die bei weitem nördlichste, die allerdings nur bis eben in den Buntsandstein hineingestoßen wurde, erreichte die Formation bei 701 m.

Es liegt nahe anzunehmen, daß die zwischen Klein-Reken und Emkum bzw. Elvert zunächst wohl nord-südlich verlaufende Ostgrenze des Trias-Zechstein-Meeres näher an Klein-Reken und Rhade als an dem weiter östlich abgebohrten Gebiet liegt, zumal sie weiter südlich bereits bei Wulfen angetroffen wurde. Nach Osten zu dürfte man sich von Rhade aus also verhältnismäßig schnell der alten Kontinentalgrenze nähern. Der östlichste Buntsandsteinaufschluß Nr. 6 (Funke) hatte nur 164,7 m der Formation.

Die Tiefbohrungen südlich von Münster ergaben demnach naturgemäß Obere Kreide unmittelbar auf dem Steinkohlengebirge. Auch hier fehlt also der Buntsandstein ebenso wie in den südöstlich davon liegenden Bohrungen Hoetmar und Everswinkel (Profil auf Taf. VI).

In petrographischer Beziehung weicht der Buntsandstein insofern vom normalen Profil ab, als er nach Westen zu feinkörniger und lettiger wird.

In den Tiefbohrungen, bei denen auf meine Veranlassung auch beim Stoßbohrverfahren auf den petrographischen Charakter geachtet wurde, zeigte sich bei vollständigem Profil, daß eine Drei-

teilung des Bunten in der Gegend von Rhade und Deuten häufiger durchführbar ist (s. S. 259).

Was das Auftreten der Rogensteine anbelangt, so haben die herangezogenen Bohrungen insofern eine Erweiterung unserer Kenntnis gebracht, als derartige Bildungen nicht beobachtet wurden; daß sie aber nicht weit davon in westlicher Richtung vorkommen, beweist das Auftreten der Rogensteine in den Fischgräben von SCHULTE-HESSING nördlich von Oeding, wo die oolithischen Körnchen den Buntsandstein teilweise oder ganz auf große Mächtigkeiten verdrängen. Auch die neue Tiefbohrung der holländischen Regierung bei Winterswijk (Plantengaarden) ist dadurch interessant, daß ungefähr die untersten 350 m des Buntsandsteins dem Rogensteinhorizont angehören. Ob diese ganze Mächtigkeit zum Unteren Bunten zu rechnen ist, oder ob die Rogensteine in den Mittleren Bunten hinübergreifen, kann erst beim Schachtabteufen entschieden werden.

Aus diesen Aufschlüssen geht hervor, daß die Rogensteine von der östlichen Grenze des Buntsandsteinverbreitungsgebietes an nach Westen — also mit der Entfernung von der Kontinentalgrenze — ganz erheblich zunehmen.

An der Grenze von Buntsandstein und Zechstein wird in vielen Bohrungen eine häufig als Konglomerat bezeichnete Breccie angeführt, welche man bei der Gliederung der Bohrtabellen bald zum Buntsandstein, bald zum Zechstein zieht. Sie besteht meist aus Buntsandstein und Lettenbrocken, welche durch Gips und Anhydrit miteinander verkittet werden.

Der in der oben angeführten Bohrung Nr. 3 (Funke) geschilderte zertrümmerte Buntsandstein wird von mir als das Extrem dieser Breccie aufgefaßt; ich komme auf die Bildung bei dem Zechstein zurück, muß aber hier schon bemerken, daß sie mit dem normalen Profil nichts zu tun hat und in den meisten Fällen ausschließlich aus Zechsteinmaterial besteht.

Der Zechstein.

A. Beobachtungen im Gebiet nördlich der Lippe.

(Siehe Tabellen S. 272—273.)

Die Mächtigkeit des Zechsteins unterliegt ganz ähnlich der des Buntsandsteins bedeutenden Schwankungen. In den von mir untersuchten Bohrungen bewegen sich die Mächtigkeiten zwischen 33 und 135 m. Sie sind teilweise ursprüngliche, von der geringeren oder größeren Entfernung der Kontinentalgrenze oder lokalen Ursachen abhängige, oder nachträgliche, durch Verwerfungen bedingte (s. S. 270).

Die petrographische Ausbildung des Zechsteins ist in den zur Verfügung stehenden Bohrungen ähnlich derjenigen weiter im Süden in der Gegend von Gladbeck.

Nach dem Profil des Sammelwerkes¹⁾ Taf. XVII wurden folgende Schichten durchteuft:

- c) 436—437. Dunkler Anhydrit und Gips (1 m mächtig).
- b) Bis 443,6. Poröser graubrauner Zechsteinkalk (6,5 m mächtig). Die untersten Bänke nach MIDDELSCHULTE²⁾ mit *Fenestella*, *Camarophoria*, *Nautilus* usw. In den oberen Bänken ab und zu *Ullmannia Bronni* GÖPP. In den Poren der untersten Lagen Malachit, Kupferlasur und Kupferkies.
- a) Bis 444,2. Bituminöser schwarzer bis dunkler Mergelschiefer (0,6 m mächtig), mit 5° nach N einfallend. Auf den Spaltflächen *Ullmannia Bronni* GÖPP, *Voltzia Liebeana* H. B. GEINITZ und Reste von *Palaeoniscus Freieslebeni*.

Wegen der Nähe der Kontinentalgrenze ist das Profil unvollkommen. Wie es sich nach Norden zu ergänzt, und welchen Zechsteinstufen die bei Gladbeck angeführten Schichten entsprechen, soll im folgenden erörtert werden.

Die Formation besteht also vor allen Dingen aus Letten, Anhydrit, Dolomit, bituminösem Mergelschiefer und Konglomerat bzw. Sandstein, die in bezug auf ihre petrographische Zusammensetzung im allgemeinen nichts Besonderes bieten. Die Letten finden sich hauptsächlich in der oberen Abteilung der Formation. Die Grenze zwischen diesen Zechsteinletten einerseits, die bald rot, bald blaugrau gefärbt sind, und der unteren lettigen Abteilung des Buntsandsteins andererseits läßt sich nicht immer mit Sicherheit ziehen. Ich lege sie gewöhnlich an die Stelle, wo zum ersten Mal Anhydrit eine wesentlichere Rolle spielt.

Viel spärlicher sind die Letten in der liegenderen Anhydritzone, also unter dem oberen Dolomit.

Anhydrit und Kalk bzw. Dolomit wechsellagern mehrere Male miteinander. In vielen Fällen kann man zwei Anhydrit-horizonte unterscheiden, nämlich einen oberen, gewöhnlich weniger mächtigen, vielfach mit Letten und Dolomit vergesellschafteten, und einen unteren, mächtigeren, der durch eine Kalkdolomitzone von dem oberen getrennt ist.

¹⁾ H. MENTZEL: Die Entwicklung des Niederrheinisch-Westfälischen Steinkohlenbergbaues in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts. Herausgegeben vom Verein für die bergbaulichen Interessen usw. I. Geologie und Markscheiden. 1903. JULIUS SPRINGER.

²⁾ MIDDELSCHULTE: Über die Deckgebirgsschichten des Ruhrkohlenbeckens usw. Z. f. B., H. u. S.-Wesen 1902, S. 320.

Wenn auch die Kalke und Dolomite vor allen Dingen der letztgenannten Zone das Gepräge geben, so kommen sie doch in dünneren Bänken mitunter auch in der Anhydritzone vor.

Der bituminöse Mergelschiefer findet sich ausschließlich in dem Unteren Zechstein. Wo er mächtiger ist, geht er nach dem Hangenden zu in helle mergelig-kalkige Bildungen über.

Das Zechsteinkonglomerat tritt ausschließlich an der Basis der Formation auf, kommt aber nicht regelmäßig vor (siehe Seite 269).

Es ist wohl zu unterscheiden von der S. 264 besprochenen sekundären Konglomerat- bzw. Breccienbildung, welche von den Bohrmeistern fälschlicherweise als Grenze gegen den Buntsandstein aufgefaßt wird.

Da die Breccie der Auslaugung des Steinsalzes ihr Dasein verdankt (s. S. 275), gehört der Anhydrit, aus welchem sie im wesentlichen besteht, dem Hangenden des Steinsalzlagern an.

Steinsalz ist in den fraglichen Bohrungen bisher nicht gefunden worden. Über die Anzeichen, die für ein früheres Vorhandensein wenigstens in einem Teil des Gebietes sprechen, s. S. 275.

Da bis jetzt keine ausreichenden paläontologischen Anhaltspunkte vorliegen, muß man bei der Gliederung der Zechsteinformation vor allen Dingen petrographische Gesichtspunkte heranziehen.

Auch da, wo die Kerne ohne Sorgfalt aufgehoben wurden, und in flüchtig hergestellten Bohrtabellen läßt sich eine Dreiteilung des Zechsteins derart durchführen, daß eine mächtige Letten-, Anhydrit-, Dolomit- und Kalkzone von dem bituminösen Mergelschiefer und dem Zechsteinkonglomerat abgetrennt werden kann.

Beispiele: In der Bohrung Trier 14 reicht der Zechstein von 779,75 bis 839 m, ist also 59,25 m mächtig.

Die obere Dolomit-Letten-Anhydritzone geht bis 832,5 m, weist also 52,75 m Mächtigkeit auf, während der bituminöse Mergelschiefer bis 839 m reicht, also 6,5 m umfaßt.

Die Bohrung Trier 12 durchteufte Zechstein von 970 bis 1105 m (135 m mächtig), hatte bis 975 m Kalk-Dolomitzone, bis 1103,5 Anhydritzone, 1 m mächtigen bituminösen Mergelschiefer bis 1104,5 m und Zechsteinkonglomerat bis 1105 m.

Da, wo die vollständigen bzw. genaueren Kernprofile zur Verfügung stehen, läßt sich im Gegensatz hierzu eine viel weitgehendere Gliederung durchführen.

Die Bohrung Nr. 4 (Funke) hatte Zechstein von 922—975 m, und zwar:

- Von 922 bis 929 m Letten, Anhydrit und untergeordnet Dolomit (7 m mächtig) = Letten-Anhydrit-Zone
- 940,5 - Kalk-Dolomit-Zone (11,5 m mächtig)
 - 967,9 - Anhydrit-Zone (27,4 m mächtig)
 - 975 - Kalk- u. bitum. Mergelschiefer (7,1 m mächtig).

Zechstein-Konglomerat fehlt.

Ein ähnliches Profil ergab die Bohrung Nr. 5 (Funke) mit Zechstein von 923,5—984,8 m (61,3 m mächtig):

- Von 923,5 bis 929,3 m Letten-Anhydrit-Zone (5,8 m mächtig)
- 947,8 - Kalkstein-Dolomit-Zone (18,5 m mächtig)
 - 969 - Anhydrit-Zone (21,2 m mächtig)
 - 972 - Mergel u. bitum. Mergelschiefer (3 m mächtig)
 - 984,8 - Zechstein-Konglomerat (12,8 m mächtig).

Fast dasselbe Profil hat die Bohrung Nr. 10 (Funke).

Die Bohrung Nr. 18 (Funke) liegt bei Deuten, also ca. 3,5 km südlicher als die Bohrungen Nr. 4, 5 und 10. Ihr Profil ist: Zechstein von 801—927 m = 126 m mächtig und zwar:

- Von 801 bis 810 m Letten-Anhydrit-Zone (9 m mächtig)
- 821,0 - Dolomit-Zone (11,0 m mächtig)
 - 913 - Anhydrit-Zone (mit untergeordnetem Dolomit) (92 m mächtig)
 - 913,1 - Bituminöser Mergelschiefer (0,1 m mächtig)
 - 927 - Zechstein-Konglomerat (13,9 m mächtig).

Siehe weitere Beispiele in den Tabellen S. 272.

Aus diesen Profilen geht hervor, daß die hangende Letten-Anhydrit-Zone nur beschränkt mächtig ist; die Dolomit-Kalk-Zone ist meist stärker und nimmt häufig einen erheblichen Teil der Mächtigkeit des Zechsteinprofils ein; der liegende Anhydrit schwankt bedeutend, ist aber immer mächtiger als der hangende. In den Bohrungen Nr. 2 (Funke) und Trier 12 erreicht er in unserm Gebiet das Maximum von 100 und mehr Meter.

Nach dem Liegenden folgt der Kupferschieferhorizont, der aus mildem Kalk oder Mergel und bitumenarmem oder -freiem Mergelschiefer besteht.

Im allgemeinen ergibt sich aus den von mir angestellten Dünnschliffuntersuchungen, daß der Kupferschiefer Westfalens aus einem Aggregat von viel Kalkspat und wenig Quarz besteht, in dem Bitumen unregelmäßig verteilt ist. Im Schliff parallel zur Schichtung bildet das letztere rundliche Flecke oder unregelmäßig geformte Zonen; senkrecht zur Schichtung dagegen ist es nur im allgemeinen der Schichtrichtung parallel eingelagert und erzeugt im einzelnen eine typische Flaserstruktur.

In den von mir speziell untersuchten Schliffen der Bohrungen Fürst Leopold V. und Wemb bei Kevelaer wurde weder in den Schnitten parallel noch in den senkrecht zur Schichtung Erz gefunden. Damit ist aber die Abwesenheit von Schwefel- oder Kupferkies noch nicht bewiesen, denn erstens hüllt das Bitumen kleinere Partikel vollständig ein, und zweitens ist — wie vergleichende Dünnschliffuntersuchungen zeigen — die Verteilung der Kupfererze auch im typisch kupferführenden Gestein derartig unregelmäßig, daß eine Reihe von Riechelsdorfer und Thüringer Dünnschliffen beispielsweise ganz erzfrei waren, während andere auffallend viel Kupferkies und Kupferglanz enthielten.

Der mikroskopische Vergleich des westfälischen bituminösen Mergelschiefers mit dem Kupferschiefer von Mansfeld (sowohl Grobe als Feine Lette), Riechelsdorf (Karlsschacht), Kupfersuhl in Thüringen und Rotheberg bei Salfeld ergibt als wesentliche Unterschiede — abgesehen vom Zurücktreten des Erzes — einen geringeren Bitumen- und höheren Quarzgehalt im ersteren.

Seine Mächtigkeit schwankt zwischen 0,1 und 11 m (siehe Tabellen S. 272 u. 273).

Was den Kupfergehalt anbelangt, stand schon durch frühere chemische Untersuchungen, welche ich ausführen ließ, fest, daß der Kupferschiefer im Industriegebiet im allgemeinen kein Kupfer enthält.

Bei Gladbeck fand man allerdings in den Poren der untersten Lagen des Zechsteinkalkes Kupferkies, Malachit und Kupferlasur.

Dr. BÄRTLING konstatierte in einer Spalte des bituminösen Mergelschiefers der Bohrung Trier 13 Kupferkies und Schwefelkies.

Da ich bei der Untersuchung der Bohrung Nr. 4 (Funke) eine kleine Linse von Kupferkies entdeckte, ließ die fürstliche Verwaltung eine genaue chemische Prüfung des Mergelschiefers vornehmen. Die hellgrauen, also bitumenfreien oberen Lagen enthielten nach den Analysen des Herrn Professor PUFAHL kein Kupfer, aber 0,1 g Silber pro Tonne und Spuren von Gold.

Näher dem Liegenden der Kupferschiefer-Zone ergab bitumenarmer Mergelschiefer zwar ebenfalls keinen Kupfergehalt, aber 11,6 g Silber pro Tonne und Spuren von Gold.

Der liegendste Teil des bituminösen Mergelschieferflözes von ca. 20 cm Mächtigkeit hatte einen Kupfergehalt von 0,032 Proz. bei 2,8 g Silber pro t und Spuren von Gold.

Interessant ist also, daß hier zum ersten Male in Westfalen ein Kupfergehalt im Kupferschieferflöz selbst nachgewiesen wird, wenn er auch in bergwirtschaftlicher

Beziehung keine Rolle spielt. Auffallend ist der Silbergehalt auch in den Fällen, wo Kupfer nicht vorhanden ist; in dem nichtbituminösen Teile erreicht er sogar 11,6 g pro t.

Gewöhnlich ist bekanntlich Silber im Kupferschiefer an Kupfer gebunden. Da aber bei der Bohrung Nr. 4 (Funke) gerade der kupferfreie Mergelschiefer den höchsten Silbergehalt hat, muß das Edelmetall ebenso wie die konstatierten Spuren von Gold an andere Erze geknüpft sein. Hier dürfte von Wichtigkeit sein, daß auch der kupferfreie bituminöse Mergelschiefer mitunter Schwefelkies enthält, und zwar in nicht unerheblicher Menge. Dieses Erz gehört aber bekanntlich nicht nur zu den gold-, sondern auch zu den silberverdächtigen Erzen.

Es ist demnach naheliegend, daß Silber und Gold im Kupferschiefer des westfälischen Industriereviers an Schwefelkies gebunden sind.

Der Bitumengehalt in den untersten Dezimetern des Kupferschieferflüzes in der Bohrung Nr. 4 (Funke) ist ein recht erheblicher; Professor PUFAHL stellte 18,5 Proz. Brennverlust fest, der hauptsächlich durch Bitumengehalt veranlaßt sein dürfte.

Das Zechstein-Konglomerat des untersuchten Gebietes schwankt in bezug auf die Mächtigkeit außerordentlich, da es bekanntlich als Produkt des transgredierenden Brandungsmeeres zunächst die Vertiefungen des Untergrundes ausfüllt (s. Tabellen S. 272 u. 273).

Während es z. B. in der Bohrung Nr. 4 ganz fehlt, vermutlich infolge einer Erhöhung des Untergrundes zur Zeit seines Absatzes, traf die Bohrung Nr. 3 (Funke) dagegen 14 m (von 1031—1045 m) an; dieselbe Mächtigkeit zeigte die Bohrung 18 (Funke) (von 913—927 m).

In den Fällen, wo Zechstein-Konglomerat unmittelbar auf den Konglomeraten des Produktiven Carbons aufliegt, ist — da infolge der flachen Lagerung eine Diskordanz nicht nachgewiesen werden kann, und die Zusammensetzung des Zechstein-Konglomerates mit derjenigen der Produktiven Konglomerate im allgemeinen übereinstimmt — die Feststellung der Grenze zwischen beiden schwierig. Außerdem ist da, wo ausschließlich Carbon-Konglomerat unter dem Mergelschiefer auftritt, die Bestimmung des geologischen Alters nicht immer leicht.

Ich kenne drei Mittel, die bei der Entscheidung in Frage kommen:

- a) Das Zechstein-Konglomerat ist fast immer kalkig, wie sich der Zechstein überhaupt durch seinen Reichtum an kalkigen Bildungen auszeichnet.

- b) Es ist milder als das unzersetzte Konglomerat des Produktiven, und in den Fällen, wo der unterste Horizont der Zechsteinformation aus Sandsteinen gebildet wird, unterscheiden sich diese ebenfalls durch ihre mildere Beschaffenheit von denen des Produktiven Carbons.
- c) Das Zechstein-Konglomerat ist farblos, das Produktive dagegen nördlich der Lippe häufig rot gefärbt.

Bei der Untersuchung ist aber zu bedenken, daß an den Stellen, wo bituminöser Mergelschiefer unmittelbar auf Steinkohlen-Konglomerat liegt, auch eine sekundäre Infiltration von Kalk in die liegenden Schichten stattgefunden haben kann, abgesehen davon, daß auch carbonische Sandsteine und Konglomerate, wenn auch seltener, im Bindemittel Kalk als ursprünglichen Bestandteil führen können.

Da das Rotliegende im nordwestlichen Teile des Beckens von Münster, soweit wir ihn kennen, fehlt¹⁾, waren die Schichten des Produktiven Carbons vor dem Absatz des Zechstein-Konglomerates längere Zeit Festland. In dieser langen Verwitterungsperiode können nun auch carbonische Konglomerate auf größere Tiefe hin milde Beschaffenheit annehmen.

Das relativ zuverlässigste Unterscheidungsmittel der beiden Formationen bei der Auflagerung von bituminösem Mergelschiefer bzw. von Zechstein-Konglomerat auf Steinkohlen-Konglomeraten ist meiner Erfahrung nach die Rotfärbung der Carbonschichten.

Da das Zechstein-Konglomerat stets ungefärbt ist, kann man sicher sein, daß vom Beginn der Rotfärbung an Schichten des Produktiven Carbons folgen.

Tektonik: Die Lagerungsverhältnisse des Zechsteins sind ganz ähnlich denjenigen des Buntsandsteins (s. Seite 260). Sie werden also bedingt im engeren Gebiet einmal durch das Einsinken der Zechsteinunterkante nach Westen bzw. Norden und zweitens durch die Verwerfungen, von denen die meisten nordnordwestliches Streichen haben und teilweise Horste und Gräben bilden.

In ganz analoger Weise wie beim Buntsandstein beruht die Unvollständigkeit des Zechsteinprofils in den Bohrlöchern zum Teil auf der Einwirkung dieser Störungen. Hier ist allerdings außerdem zu berücksichtigen, daß Anhydrit im Profil des Zech-

¹⁾ G. MÜLLERS Feststellungen auf Preußen II (Zeitschr. f. prakt. Geol. 1901, S. 385) halte ich nicht für einwandfrei. Das rote Gebirge dürfte hier eine Spaltenausfüllung darstellen; die sogen. gekritzten Gesteine lassen sich als Ganggerölle erklären, die häufig genug infolge der Gebirgsbewegung Schrammen zeigen. Übrigens bezeichnete G. MÜLLER seine Feststellung selbst nur als eine vorläufige und behielt sich eine endgültige Stellungnahme zur Frage der Entstehung der Konglomerate vor.

steins eine große Rolle spielt und daß die Mächtigkeit desselben großen Schwankungen unterliegt, da seine Bildung von lokalen Verhältnissen bedingt ist.

Übersicht der Gliederung des Zechsteins nördlich der Lippe.

Gliederung	Petographischer Charakter	Mutmaßliche Geol. Stellung	Bemerkungen
e) Letten-Anhydrit-Zone	Rote und grüne Letten mit untergeordnetem Anhydrit und Gips. Selten Dolomit.	[Obere Letten]	Häufig verbrochen <div> <div>Fehlt mit-unter</div> <div>In Vreden untergeordnet Steinsalz führend</div> </div>
d) Kalkstein-Dolomit-Zone	Kalksteine und Dolomite, häufig stinkend. Selten Anhydrit.	[Plattendolomit] Oberer Zechstein	
c) Anhydrit-Zone	Anhydrit und Gips mit untergeordneten Letten. Vereinzelt Dolomit.	[Untere Letten]	
d) Kalk- und bitum. Mergelschieferzone	Helle milde Mergelschiefer oder Kalke, nach dem Liegenden bituminös werdend.	[Zechsteinkalk] [Kupferschiefer] Unterer Zechstein	<div> <div>Fehlt mit-unter</div> <div>In Vreden u. Winterswijk hauptsächlich Steinsalz z. T. Kalisalz führend</div> </div>
a) Zechstein-Konglomerat-Zone	Helle milde Konglomerate und Sandsteine.	[Zechsteinkonglomerat]	

Dem geologischen Alter nach gehören die Horizonte a) und b) sicher zum Unteren Zechstein, entsprechen also dem Zechsteinkalk, Kupferschiefer und Zechstein-Konglomerat. Die hellen Mergel und Kalke, in welche der westfälische Kupferschiefer häufig im Hangenden übergeht, dürften mit dem Zechsteinkalk identisch sein.

Die Zonen c, d und e lassen sich mit dem Oberen Zechstein Hessens parallelisieren, der zwei durch den Plattendolomit getrennte, gypsführende Lettenzonen aufweist.

Den Unteren Letten gehören dann die mächtigen z. T. Kalisalz führenden Steinsalzlager von Vreden und Winterswijk (Plantengaarden) an; in den Oberen Letten liegt das wenig mächtige Obere Steinsalzlager im Zechstein von Vreden, während im Winterswijkprofil hier kein Salz auftrat.

Die Gliederung des Zechsteins zeigt eine auffallende Ähnlichkeit mit der englischen, welche Mergel mit Gips und Dolomit — entsprechend unserm Oberen Zechstein — vom Zechsteinkalk und Kupferschiefer — entsprechend unserm Unteren Zechstein — trennt.

Beispiele von Zechstein-Bohrtabellen.

Bohrung Nr. 2 (Funke).

Von 904,6 bis 1034,5 m = 129,9 m mächtig.

Bis 917,6 m Letten-Anhydritzone (13 m mächtig).

- 928,1 - = Kalk-Dolomitzone (10,5 m mächtig).
- 1029 - = Anhydritzone (100,9 m mächtig).
- 1032,5 - = Kalk und bitum. Mergelschiefer (3,5 m mächtig).

Kein Zechsteinkonglomerat.

Bohrung Nr. 4 (Funke).

Von 922 bis 975 m = 53 m mächtig.

Bis 929 m Letten-Anhydrit- und Dolomitzone (7 m mächtig).

- 940,5 m Kalk-Dolomitzone (11,5 m mächtig).
- 967,9 - Anhydritzone (27,4 m mächtig).
- 975 - Kalk und bituminöser Mergelschiefer (7,1 m mächtig).

Kein Zechsteinkonglomerat.

Bohrung Nr. 14 (Funke).

Von 995,5 bis 1083 m = 87,5 m mächtig.

Bis 1004,2 m Letten-Anhydritzone (8,7 m mächtig).

- 1018 - Kalk-Dolomitzone (13,8 m mächtig).
- 1061,2 - Anhydritzone (43,2 m mächtig).
- 1070 - Kalk und schwach bitum. Mergelschiefer (8,8 m mächtig).
- 1083 - Zechsteinkonglomerat (13 m mächtig).

Bohrung Nr. 18 (Funke).

Von 801 bis 927 m = 126 m mächtig.

Bis 810 m Letten-Anhydritzone (9 m mächtig).

- 821,0 - Dolomit-Anhydritzone (11,0 m mächtig).
- 913 - Anhydrit-Dolomitzone (92 m mächtig).
- 913,10 - Bitum. Mergelschiefer (0,1 m mächtig).
- 927,00 - Zechsteinkonglomerat (13,9 m mächtig).

Bohrung Trier 8 bei Tysbaus.

Von 765 bis 798 m = 33 m mächtig.

Bis 772 m Stinkdolomit und Kalk (7 m mächtig) = Kalk-Dolomitzone.

- 794,5 - Anhydritkonglomerat (22,5 m mächtig) = Anhydritzone.
- 796 - Rauchwacke (1,5 m mächtig)
- 797,5 - Bituminöser Mergelschiefer (1,5 m mächtig)
- 798 - Zechsteinkonglomerat (0,5 m mächtig).

Hier fehlt also die oberste Letten-Anhydritzone.

Bohrung Frischgewagt 3.

Von 867,5 m bis 945,4 m = 77,9 m mächtig.

Bis 920 m Anhydritzone (52,5 m mächtig).

- 931 - Mergelschieferzone (11 m mächtig).

Es fehlen die obersten Zonen, nämlich die Letten-Anhydrit- und die Dolomitzone.

Bohrung Vreden.

Von 960 bis 1229 m = 269 m mächtig, wurde nicht durchteuft, sondern nahe der Zechsteinunterkante eingestellt.

Bis 965	-	Anhydrit mit Letten (5 m mächtig)	} = Letten-Anhydritzone, Salzzone,
- 978,8	-	Steinsalz (13,8 m mächtig)	
- 999	-	bituminöser Dolomit (20,2 m mächtig)	= Kalk-Dolomitzone.
- 1018	-	Anhydrit, untergeordnet Salz und Letten (19 m mächtig)	} Salz-Anhydritzone
- 1020,2	-	Steinsalz (2,2 m mächtig)	
- 1026	-	- mit Anhydrit (5,8 m mächtig)	
- 1074	-	Anhydrit (48 m mächtig)	
- 1174	-	Steinsalz (100 m mächtig)	
- 1229	-	Anhydrit (55 m mächtig)	

Gladbeck.

Von 436 bis 444,2 m = 8,2 m mächtig.

Bis 437	-	Dunkler Anhydrit (1 m mächtig)	= Letten-Anhydritzone.
- 443,6	-	Poröser Zechsteinkalk (6,6 m mächtig)	= Kalk-Dolomitzone.
- 444,2	-	Bituminöser Mergelschiefer (0,6 m mächtig)	= Kupferschieferzone.

Hier fehlt die tiefere Anhydritzone, und die obere ist nur kümmerlich entwickelt.

Bohrung Winterswijk s. S. 274.

B. Vergleich mit dem weiteren Gebiet.

Aus der Lage des oben skizzierten Zechsteingebietes ergibt sich, daß es der Südostecke der westdeutschen Zechsteinverbreitung angehört, dies sich von hier aus nach Norden unbekannt bis zu welcher Grenze und nach Westen und Südwesten über den Rhein bis nach Holland hinein erstreckt, denn die Bohrungen Helenaveen der holländischen Regierung durchteuften ebenfalls Zechstein¹⁾, dessen Profil allerdings der Riffacies wegen ein von dem oben aufgestellten verschiedenes ist.

Die Unterkante des Zechsteins fällt mit wenigen Grad (bei Gladbeck 5°) nach Norden ein.

Entsprechend der Gesamtverbreitung des Zechsteins muß die Richtung der größten Mächtigkeitszunahme nördlich der Lippe eine nordnordwestliche sein.

Bei Vreden durchteufte man 269 m Zechstein, ohne die Unterkante, die allerdings nicht mehr weit sein konnte, zu erreichen.

¹⁾ Verslag over den Gang der Werkzaamheden bij de Rijksopsporing van Delfstoffen gedurende het jaar 1906. s'Gravenhage 1907. — AHLBURG: Die Ergebnisse der neueren Tiefbohrungen im östlichen Holland. Glückauf 1908, Nr. 34.

Die letzte hochinteressante Bohrung wurde bei Winterswijk von der Rijksopsporing van Delfstoffen gestoßen, sie hat gegenwärtig den Zechstein noch nicht durchteuft.

Ihr Profil, welches mir der Direktor des genannten Institutes Herr DR. VAN WATERSCHOOT VAN DER GRACHT in liebenswürdiger Weise zur Verfügung stellte, gliedere ich von 400 m an wie folgt:

Oberer Zech- stein Ein- fallen $\pm 35^\circ$	Unterer Buntsandstein Einfallen $\pm 35^\circ$	{	400—410	Roter schiefriger Glimmersandstein mit schwach bituminösem Geruch, mit Anhydritknollen, Gipstrümmern und einigen Bänken durch Gips zementierten Sandsteins
	Letten- Anhydrit- zone. (Hier ohne Salz)	{	bis 410,42	Schokoladenbraune Letten
			- 411,35	Hellgrauer Anhydrit
			- 417	Rotbraune bis braune feinsandige Letten mit spärlichen Anhydritknollen und Gipsschnüren
			- 422,70	Grauer Anhydrit mit dünnen Letten-schnüren.
	Kalk- Dolomit- zone	{	bis 437,20	Hellbraungrauer bituminöser Dolomit, durch Bitumen schwarz geflammt, mit Gipsschnüren, von Sole durchtränkt
			- 439,30	desgleichen mit Anhydritknollen, dünnen Bänken unreinen Anhydrits und Lettenlagen
	Letten- Anhydrit- zone (Hier Hauptsalz- zone)	{	bis 440,60	Grauer Anhydrit, etwas bituminös
			- 441,70	desgleichen mit Einschlüssen von Dolomit und Letten
			- 444,56	Grauer Anhydrit, etwas bituminös
			- 449,60	desgleichen mit grauen Lettenlagen und Knauern von einem roten sandigen Gestein
			- 455,20	Gelblichgrauer unreiner Anhydrit mit Salzschnüren
			- 455,35	Salzton grau
			- 464,08	Hellrotes bis wasserhelles Steinsalz mit roten Anhydritlagen
			bis 596,4	Steinsalz, davon die letzten 100 m rein mit verschiedenen bis 80 cm mächtigen Carnallitschnüren.
				Darunter Kluft mit Karbonresten und darunter wieder Salzgebirge.

Die bis zur Kluft durchteufte Mächtigkeit beträgt also 186 m.

In petrographischer Beziehung sind die Zechsteingesteine nördlich der Lippe dieselben wie im übrigen Norddeutschland.

Während ich früher, veranlaßt durch die Steilstellung der Buntsandstein- und Zechsteinschollen, annahm, daß die betreffenden Bohrungen in Störungen stehen, habe ich in den

letzten Jahren die Erfahrung gemacht, daß auch bei größter Zertrümmerung in dem liegenden Anhydrit des Zechsteins die Lagerungsverhältnisse wieder normale werden.

Wie viel Salzmächtigkeit ausgelaugt wurde, läßt sich auch nicht annähernd feststellen, groß können die Mächtigkeiten aber nicht gewesen sein, sonst würde sich nach dem Hangenden zu nicht im Buntsandstein die Senkung ausgeglichen haben.

Trotzdem handelt es sich auf den großen Flächen um gewaltige Salzmenngen, und es liegt nichts näher als die Frage, wohin dieses Salz gekommen ist:

Wir kennen im Süden und im Osten des Industriebezirks eine Unzahl von Solquellen in der Kreide und im Produktiven Carbon, welche sich in den komplizierten Kanälen des Turons und in den Verwerfungen des Produktiven Carbons außerordentlich weit verbreiten.

Viele Autoren versuchten den Ursprung dieser bedeutenden Salzmenngen zu erklären, ohne indessen eine befriedigende Antwort zu finden. Ich halte es nun nach den obigen Erfahrungen für sehr wahrscheinlich, daß das Salzreservoir dem Zechsteinsalz-Auslaungsgebiet des Beckens von Münster nördlich der Lippe entspricht, in dem ein Teil der Trierbohrungen und der von mir besprochenen Bohrungen der Gegend von Rhade und Deuten stehen.

Die Weiterführung dieser Solquellen vom Salzreservoir aus wird einmal durch die komplizierten Kluftsysteme im Turon und zweitens durch die großen Querverwerfungen bewirkt (siehe S. 246).

Im Westen, Südwesten und Nordwesten sind die Salzlager in der Zechsteinformation noch erhalten. Hier wurden zum Teil ganz bedeutende Mächtigkeiten durchteuft. Kalisalze wurden namentlich am Niederrhein und in der Bohrung Winterswijk gefunden.

Soweit mir die Resultate zur Verfügung standen, handelt es sich bei ihnen in der Hauptsache um Wechsellagerungen wenig mächtiger Kalisalzlager mit mächtigeren Steinsalzbänken.

Das Produktive Carbon.

A. Beobachtungen im Gebiet nördlich der Lippe.

Da es nicht im Interesse der Gesellschaften liegt, die Einzelheiten der Bohrergergebnisse veröffentlicht zu sehen, kann ich nur allgemeinere Gesichtspunkte hervorheben.

In allen Fällen fand man unter der Zechsteinformation das Steinkohlengebirge, und zwar fast durchweg hohe Horizonte desselben.

Außerordentlich aner kennenswert ist, daß man in vielen Fällen nicht nur bis zum Fundflöz bohrte, sondern eine ganze Anzahl von Bohrungen bis zu größerer Tiefe fortsetzte.

In petrographischer Beziehung besteht das Steinkohlengebirge aus Schiefertonen, Sandsteinen und Konglomeraten, Steinkohlen- und Toneisensteinflözen.

Das Verhalten dieser Schichtenglieder wurde derartig häufig in der Literatur beschrieben, daß ich mich in dieser Beziehung hier kurz fassen kann.

Bemerkenswert ist, daß die Sandsteine und Konglomerate in den hohen Horizonten, welche hier durchteuft worden sind, eine große Rolle spielen. Sie überwiegen in ganz ähnlicher Weise wie in der Magerkohlenpartie, also in dem tiefsten Horizonte, den man im Produktiven Carbon Westfalens kennt.

Die Bohrung 3 (Funke) bei Oestrich erreichte z. B. das Produktive Carbon bei 1045,30 m und durchteufte folgende sandige bzw. konglomeratische Bildungen:

Von 1031	bis 1045	Sandstein	(14 m mächtig)
- 1078,8	- 1081,7	-	(2,9 - -)
- 1082,6	- 1118,2	Konglomerat	(35,6 - -)

Die Bohrung Nr. 4 (Funke) ergab:

Von 985,3	bis 1200	m grober, sandiger Schiefer	(34,7 m mächtig)
- 1039,10	- 1040,40	- Sandstein	(1,30 - -)
- 1046	- 1047,75	- Sandstein	(1,75 - -)
- 1051,25	- 1065,30	- Schiefer und Sandstein	(14,05 - -)
	- 1076,60	- Konglomerat	(11,30 - -)
	- 1115,50	- Sandschiefer und Sandstein	(38,90 - -)
- 1128	- 1153,80	- grober, weicher Sandstein	(25,80 - -)
- 1160	- 1162,40	- Sandschiefer und Sandstein	(2,40 - -)
- 1162	- 1166,45	- Sandstein und Konglomerat	(4,45 - -)
- 1166,60	ab	Sandstein.	

Die ganze durchteufte Carbonstärke reichte von 985,3 bis 1166,6, das sind 181,3 m; davon betragen die sandigen Bildungen 132,3 m, das sind 70 %.

Das Einfallen spielt bei dieser Prozentberechnung keine Rolle, da von ihm die sandigen Schichten genau so beeinflußt werden wie die tonigen.

Die Bohrung Nr. 5 (Funke) bei Rhade hatte unter dem bituminösen Mergelschiefer von 984,8 bis 998 = 13,2 m Sandstein und Konglomerat, von denen zweifellos der untere rotgefärbte Teil dem Produktiven Carbon angehört.

In der Bohrung Nr. 10 (Funke) wurde das Steinkohlengebirge bei 1067,3 m erreicht. Man durchteufte dann von 1081,50 bis 1083,50 m rötlichen Sandstein (2 m mächtig).

Die Bohrung Nr. 20 (Funke) erreichte die Carbonoberkante bei 842,0 m. Ihre sandigen Bildungen sind:

Von 842	bis 859,1	m sandiger Schiefer	(17,1 m mächtig)
-	868	- roter und grauer Sandstein	(8,9 - -)
- 920,30	- 944,50	- grobkörniger, hellgrauer Sandstein	(24,20 - -)
- 951,05	- 954,3	- sandiger Schiefer	(3,25 - -)
-	972,28	- Sandstein	(17,92 - -)
- 984,6	- 997,2	- Sandstein	(12,6 - -)

Im ganzen wurden hier 155,2 m durchteuft, und davon waren 83,96 m sandig, das sind zirka 56 %,

Die Bohrung Trier 8 bei Tüshaus kam bei 798 m ins Produktive und hatte

von 809,3 bis 812 m	roten Sandstein	(2,7 m mächtig)
- 826	- grauen Sandstein mit Schiefer	(14 - -)

Bei jedem Bohrloch, welches in ähnlich hohe Carbon-schichten eingedrungen ist, ergibt sich dasselbe Überwiegen der sandigen Bildungen.

Sehr charakteristisch ist die Rotfärbung der obersten Schichten des Produktiven Carbons unmittelbar unter dem Zechstein. Sie beträgt beispielsweise

in der Bohrung Nr. 5 (Funke)	. 5,2 m
- - - - 10	. . . 15,7 -
- - - - 18	. . . 8 -
- - - - 20	. . . 26 -
- - - Trier 8 bei Tüshaus	14 -

Wenn sie auch großen Schwankungen unterliegt und mitunter nur wenige Meter erreicht, ist sie doch derartig in die Augen fallend, daß sie nicht übersehen werden kann. Es handelt sich hier um einen Sekundärprozeß, welcher sowohl Sandstein als Schieferton beeinflusst hat.

Daß Rotfärbung mit der normalen Färbung abwechseln kann, ergeben die Erörterungen über die Genesis S. 281.

In den ersten Bohrungen, in denen man die rotgefärbten Schichten fand, faßte man sie als Rotliegendes auf, bis der einwandsfreie Nachweis geführt werden konnte, daß die verschiedensten Horizonte des Produktiven die charakteristische Färbung zeigen, und daß sie also lediglich an die ehemalige Tagesoberfläche gebunden ist.

In paläontologischer Beziehung ist von Interesse, daß die Stigmarien-Horizonte (Wurzelbetten) unter jedem Steinkohlenflöz mit großer Regelmäßigkeit auftreten, eine Er-

scheinung, auf welche PORONÉ wiederholt hingewiesen hat, und die den deutlichsten Beweis dafür liefert, daß die Pflanzen welche das Material für die Steinkohlenflöze lieferten, an Ort und Stelle gewachsen sind.

Die Gesetzmäßigkeit des Zusammenvorkommens der gewöhnlichen Steinkohlenflöze mit diesen Stigmarien-Horizonten geht so weit, daß überbohrte Steinkohlenflöze selbst von geringer Mächtigkeit, welche beispielsweise nur wenige Eßlöffel Steinkohlensubstanz aus der Spülung lieferten, mit Sicherheit nachgewiesen wurden, selbst wenn sie der Bohrmeister im Bohrjournal nicht erwähnt hatte.

Von Wichtigkeit für die Horizontierung der Schichten sind die fossilen Pflanzen, die Süßwasser- und die marinen Horizonte.

An fossilen Pflanzen wurden, abgesehen von den außerordentlich häufigen bereits erwähnten Stigmarien, Fiederchen von *Neuropteris obliqua* in der Bohrung Nr. 10 (Funke) zwischen 1085—1086 m gefunden. Dieser Farn kommt besonders häufig in der oberen Fettkohlen- und unteren Gaskohlenpartie vor, gehört aber in unserm Falle zweifellos viel höheren Horizonten an, denn die Kohlen des Fundflözes ergaben 42 Proz. Gas.

Marine Versteinerungen sind in der Gegend häufig gefunden worden, und es hat den Anschein, als ob sie eine wichtige Rolle im Aufbau der obersten bis jetzt bekannten Steinkohlenschichten spielen.

MENTZEL¹⁾ beschreibt einen marinen Horizont, welcher nach seiner Meinung ca. 100 m über dem Leitflöz Bismarck der Gasflammkohlenpartie liegt.

In der Bohrung Trier 14 traten nach BÄRTLING von 850—867,2 m *Leda. Productus* und *Lingula* auf.

Die Bohrung Trier 13 zeigte nach BÄRTLING dieselben Versteinerungen in einem Horizont von 16,5 m Mächtigkeit.

Ich fand einen marinen Horizont in der Bohrung Nr. 3 (Funke) bei 1184 m. Er enthielt massenhaft Reste von *Lingula mytiloides*, *Leda attenuata* und *Goniatis* sp.

Süßwasserschichten scheinen viel seltener zu sein, als die marinen Horizonte. *Carbonicola* wurde von mir in der Bohrung Nr. 20 (Funke) bei 884,89 m gefunden. Da diese Süßwasserhorizonte besonders in der Fettkohlenpartie außerordentlich gehäuft sind, sind nur die marinen Schichten zur Horizontierung der Flöze geeignet. Sie erfüllen um so besser ihren Zweck, als sie bekanntlich in der Fettkohlenpartie so gut wie

¹⁾ Glückauf 1909, Nr. 3.

ganz fehlen und außerdem als hangendster Horizont bis jetzt derjenige im Hangenden von Flöz Catharina an der oberen Grenze der Fett- und der unteren der Gaskohlenpartie galt.

Von ihm abgesehen, ist die Gaskohlenpartie, welche zwischen der Fett- und der Gasflammkohlenpartie liegt, frei von marinen Horizonten.

Die Tektonik des Produktiven Carbons zeigt in dem durch die nördlichsten Bohrungen aufgeschlossenen Gebiete ein wesentlich anderes Bild, als in dem südlichen und mittleren Teil des niederrheinisch-westfälischen Steinkohlenbeckens.

Die allbekannte Faltung des Produktiven Carbons zu nord-östlich streichenden Sätteln und Mulden, welche für den Süden und Südosten des Industriereviers so charakteristisch ist, verschwindet nach Norden und Westen immer mehr. Seit langem ist beispielsweise bekannt, daß die Lippe- und die Emschermulde in der Nähe des Rheins nicht mehr durch einen Sattel getrennt werden, sondern ineinander übergehen. Während im Süden je zwei Hauptmulden durch einen verhältnismäßig schmalen und ziemlich steilen Sattel getrennt werden, zeigt der trennende Sattel zwischen der Emscher und Lippemulde im Meridian von Auguste Victoria bei Sinsen bereits eine bedeutende Breite.

Man nahm bis jetzt an, daß der nördlichste Sattel der Nord-Dorstener Sattel wäre und hatte dazu nach den Aufschlüssen der westlichen Trierbohrungen ein Recht.

Die Bohrungen der letzten Jahre zeigen aber, daß nördlich der Lippe steilere Sättel und Mulden nicht auf große streichende Erstreckungen durchgehen, sondern daß man es mit einer außerordentlich flachen Faltung zu tun hat, in welcher ab und zu schärfere Spezialsättel auftreten (Taf. V u. VI). Ein solcher Sattel ist beispielsweise südlich der Lippe in den Bohrungen Haltern 1 und 2 (H. 1 u. 2 der Tafel VI) aufgeschlossen. In einen andern Spezialsattel drang die Bohrung 20 (Funke) ein, deren Fundflöz allem Anschein nach zur oberen Fettkohle gehört. Ein solcher Spezialsattel ist auch der sog. Nord-Dorstener Sattel.

Das Gepräge geben also dem fraglichen Gebiet nicht die Sättel und Mulden, sondern die Querverwerfungen, von denen die hauptsächlichsten auf der Tafel V und VI dargestellt sind. Sie zerlegen das flach gefaltete Carbongebiet, dessen Einfallen beispielsweise in der Bohrung Nr. 10 (Funke) außerordentlich gering, in der Bohrung 18 (Funke) 15° , in der Bohrung Trier 13 $4-5^{\circ}$ ist, in gegeneinander verschobene nordwestlich streichende Streifen, und zwar sind, wie aus der Verbreiterung der jüngeren For-

mationen hervorgeht, die Gräben nach Süden, die Horste nach Norden verschoben. Wo ausnahmsweise steileres Einfallen konstatiert wird, wie beispielsweise in der Bohrung Nr. 20 (Funke) mit 30° und in der Bohrung Trier 8 bei Tüshaus mit 70° , handelt es sich entweder um Speziälsättel, wie der Fettkohlensattel der Bohrung 20 (Funke), oder um den Einfluß von Querverwerfungen.

Vieles spricht dafür, daß neben den nordwestlich streichenden Störungen noch ein zweites ostwestlich streichendes System aufsetzt; nachgewiesen wurden die Verwerfungen südlich Trier 8 mit südlichem Einfallen und die zwischen Gahlen und Schermbeck mit nördlichem (s. Taf. V).

B. Vergleich mit dem weiteren Gebiet.

Von hohem Interesse sind die Verschiedenheiten welche das Produktive Carbon in petrographischer, paläontologischer und tektonischer Beziehung gegenüber den übrigen bekannten Gebieten im niederrheinisch-westfälischen Industrievier aufweist.

Was zunächst die Verbreitung anbelangt, haben uns die neuen Bohrungen den Beweis geliefert, daß die Steinkohlenformation in produktiver Ausbildung weiter nach Norden fortsetzt. Wenn wir die Resultate, welche die Holländische Regierung erzielt hat, mit unsern deutschen kombinieren, so zeigt sich, daß der sogen. Krefelder Sattel keine durchgehende Trennung des niederrheinisch-westfälischen Kohlengebietes vom Aachener Kohlenbecken bewirken kann, sondern, daß er nach Westen aufhört. Das Produktive Carbon legt sich im Westen um ihn herum, so daß sich eine zusammenhängende Carbonfläche von Westfalen über Holland bis Aachen ausdehnt.

Es zeigt sich weiter, daß sich nach Norden zu, wie wir das schon früher annahmen, meist immer jüngere Schichten auf die älteren produktiven auflegen.

Im allgemeinen hat die Kohle der jüngeren Schichten in Westfalen einen höheren Gehalt an gasförmigen Bestandteilen.

Die bis jetzt gefundene größte Gasmenge ergab 45,2 Proz. Gas; d. h. beinahe die Hälfte des Gewichtes der Kohle besteht aus flüchtigen Bestandteilen.

Petrographisch tritt das Zunehmen der scharfen Sandsteine in großen Mächtigkeiten in den jüngeren Horizonten hervor, und in paläontologischer Beziehung zeigt sich endlich das Wiederauftreten und die Häufung der marinen Horizonte. Früher nahm man an, daß die letzte marine Schicht über

Catharina liegt, jetzt weiß man, daß bedeutend höher, 100 und mehr Meter über Bismarck, zum Teil außerordentlich mächtige derartige Horizonte auftreten. Die neuen Horizonte liegen also 600 und noch mehr Meter höher als der bis jetzt als hangendster angenommene. Irgend welche entscheidende Einwirkung auf die Flözföhrung des Produktiven Carbons dürften diese marinen Horizonte ebensowenig haben, als diejenigen in der Magerkohlenpartie, wenn auch natürlich die Schichtenkomplexe, welche sich bei Transgressionen des Carbonmeeres, denen die marinen Horizonte ihr Dasein verdanken, bildeten, für die Flözföhrung nicht in Betracht kommen.

In tektonischer Beziehung zeigen sich ebenfalls bemerkenswerte Unterschiede dieses nordwestlichen Teiles des Beckens von Münster mit seinem Schollengebirge gegenüber dem südlichen und südöstlichen mit der ausgesprochenen Faltung (S. 279).

Wenn man die Gasflammkohlenpartie, welche nördlich der Lippe bis Rhade aufgeschlossen wurde, mit der Magerkohlenpartie vergleicht, so zeigen sich auffallender Weise trotz des großen geologischen Altersunterschiedes eine ganze Reihe von übereinstimmenden Merkmalen.

1. Es überwiegen die Sandsteine, die man in der Magerkohlenpartie als Werksandsteine bezeichnet.
2. Der Flözreichtum ist kein übermäßig großer.
3. Marine Horizonte sind charakteristisch für beide Stufen.
4. In chemischer Beziehung stellen beide Kohlen Sinterkohlen dar, und zwar die Magerkohle die gasarme Sinterkohle, die Gasflammkohle die gasreiche.

Der Erklärung bedarf noch die Rotfärbung. (s. S. 277).

Im Süden des Beckens von Münster und namentlich in dem Gebiete, wo das Produktive Carbon zu Tage ausgeht, ist von dieser Rotfärbung nichts bekannt. Über die Ursache ist bis jetzt keine befriedigende Erklärung veröffentlicht worden. Man hat der Meinung Ausdruck gegeben, daß das Buntsandstein- und Zechsteinmeer die Veranlassung sein soll; das scheint mir aber irrtümlich zu sein; denn auch an den Stellen, wo das Zechsteinkonglomerat farblos ist, sind die obersten Schichten des Produktiven rot gefärbt. Man dürfte richtiger gehen, anzunehmen, daß es sich um einen Verwitterungsvorgang handelt, welchem das Produktive Carbon, das heute diskordant vom Zechstein überlagert wird, in der Zeit seiner Festlandsperiode ausgesetzt war.

Ich denke mir den Vorgang ähnlich der heutigen Lateritbildung; denn zur Zeit der Entstehung der Steinkohlenflöze dürften klimatische Verhältnisse geherrscht haben, welche nicht unähnlich denjenigen in unseren heutigen subtropischen Gebieten sind. Die lateritähnliche Rinde blieb naturgemäß nicht überall erhalten, sondern wurde vom Zechstein- und Kreidemeere auf großen Gebieten vollkommen zerstört, auf anderen blieben nur Reste erhalten. Der Teil, der zur Zeit der Sedimentation der jüngeren Schichten noch erhalten war, wurde durch die Überlagerung konserviert, während im Süden des Beckens von Münster, wo das Produktive Carbon zu Tage ausgeht, nach Veränderung des Klimas die Lateritisierungsdecke der Abrasion zum Opfer fiel.

Erklärung der Tafel V.

- I. An jedem Bohrloch bezeichnet in der schraffierten Fläche die erste dünne Zahl die Unterkante des Senons; die zweite dünne Zahl die Unterkante des Emschers; (steht nur eine dünne Zahl über der ersten stärkeren, so bezeichnet sie die Unterkante des Emschers; eine hinter der Senonmächtigkeit in Klammern stehende Zahl gibt die Mächtigkeit der „Sande von Haltern“ an;) die erste stärkere Zahl die Unterkante des Cenomans; die folgende dünne Zahl die Unterkante des Buntsandsteins und die folgende stärkere Zahl die Unterkante des Zechsteins.
- II. An jedem Bohrloch bezeichnet in der nicht schraffierten Fläche die zu oberst stehende dünne Zahl die Unterkante des Emschers, die folgende stärkere Zahl die Unterkante des Cenomans.

Die römischen Zahlen an den Bohrlöchern geben die Bohrungen des Geh. Kommerzienrats FUNKE an.

Steht *T* vor dem Bohrpunkt, so handelt es sich um eine Trierbohrung.

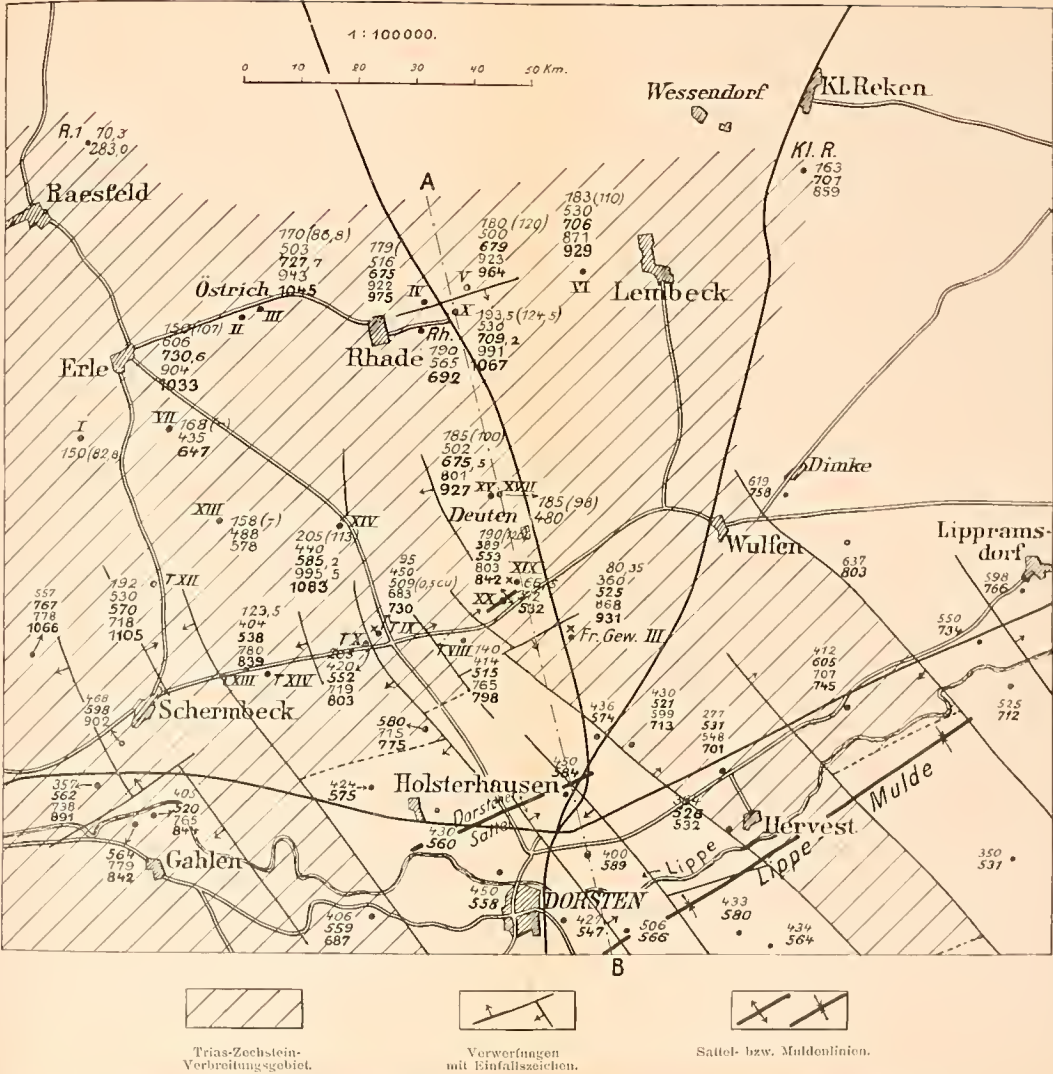
Rh. = Bohrung Rhade.

Kl. R. = Bohrung Klein-Reken.

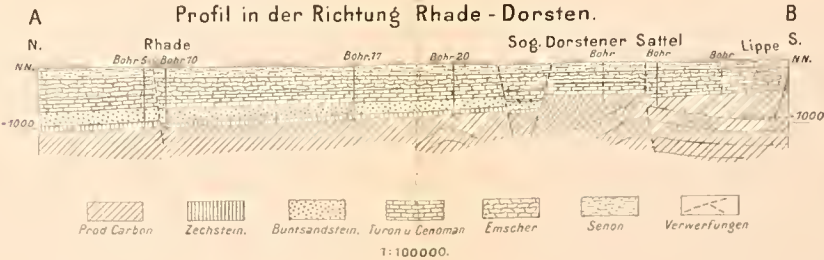
Fr. Gew. III = Bohrung Frisch Gewagt III oder Sölten.

R. 1 = Bohrung Raesfeld 1.

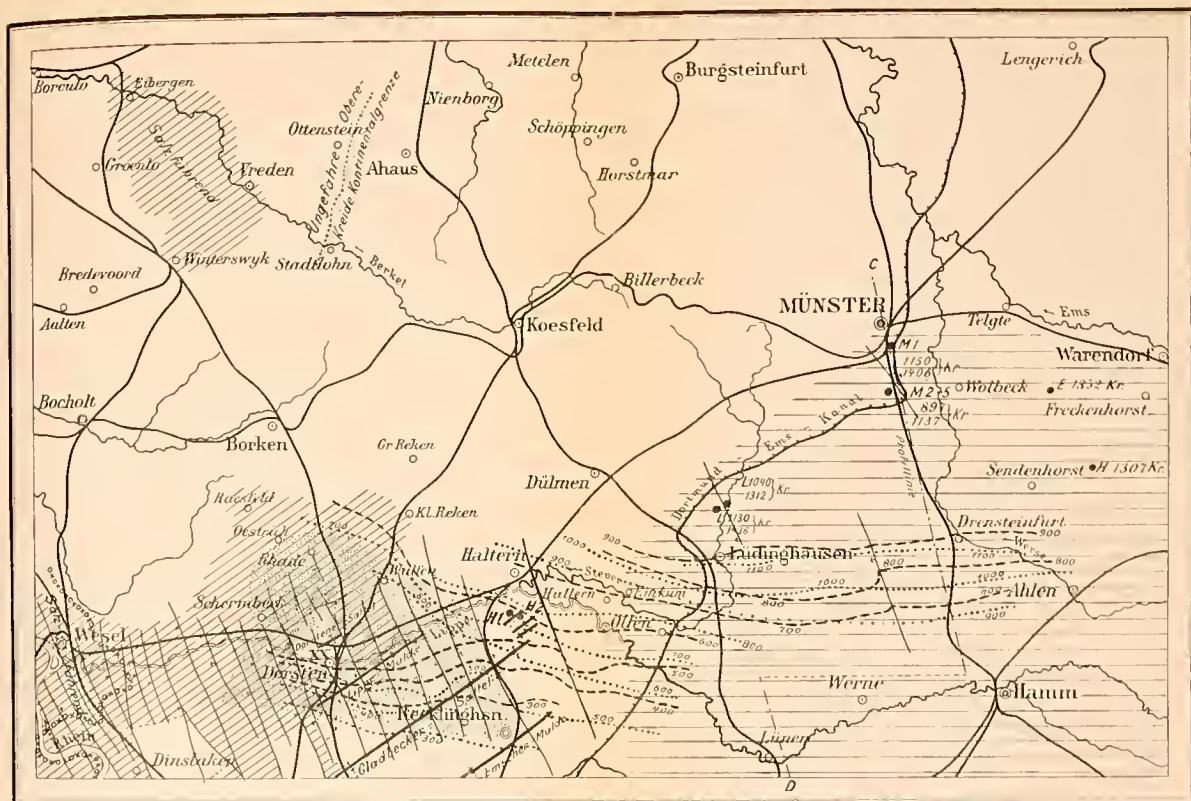
× an einer Bohrung gibt an, daß der untere Teil des Senons nicht sandig, sondern kalkig entwickelt ist.



Tektonische Karte des südlichen Teiles des Fürstlich-Salm-Salmischen Regalbezirkes.







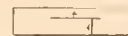
Senon in der ganzen Mächtigkeit in mangeliger Ausbildung durch die Bohrungen nachgewiesen.



Senon in der ganzen Mächtigkeit in sandiger Ausbildung mit festen Bänken durch die Bohrungen nachgewiesen.



Trias-Zechstein-Verbreitungsgebiet, z. T. salzföhrnd.



Verwerfungen mit Einfallzeichen.

Langen, tiefer Senon- und Emscher-Mächtigkeit.

Linien gleiche Gesamt-Kreide-mächtigkeit

Östliche Grenze der Salzführung im Zechstein.

Durch nachträgliche Abrasion und tektonische Einflüsse mehr oder weniger modifizierte westliche Ob.-Kreide-Kontinentalgkranze.

Durch nachträgliche Abrasion mehr oder weniger modifizierte südliche Trias-Zechstein-Kontinentalgkranze.

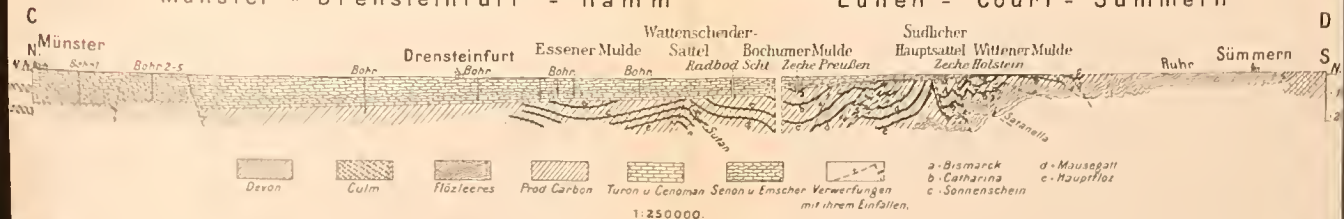
Eine Zahl am Bohrloch, z. B. E 1352 Kr., gibt die Gesamt-Kreidemächtigkeit an; von zwei Zahlen, z. B. $\begin{matrix} M 2-5 \\ 897 \\ 1137 \end{matrix}$ Kr. bezeichnet die obere die Emscherunterkante und die untere die Gesamt-Kreidemächtigkeit.

Von den Buchstaben an den Bohrlochern bedeutet H = Haltern, M = Münster, E = Everswinkel, H = Heetmar und L = Lüdinghausen.

Verbreitung und Tektonik der wichtigsten Deckgebirgsschichten und des Prod.-Carbons im westlichen und mittleren Teile des Beckens von Münster.

1 : 500 000.

Profil in der Richtung Münster - Drensteinfurt - Hamm Lünen - Courl - Sümmern



1 : 250 000.