

DIE INKOHLUNGSVERHÄLTNISSE IM DINANTIUM DER WITTGENSTEINER MULDE UND IHRER UMRANDUNG (NORDÖSTLICHES RHEINISCHES SCHIEFERGEBIRGE)

von

Monika WOLF¹

ZUSAMMENFASSUNG

Die Inkohlungsuntersuchungen an Sedimenten des Dinantiums (vorwiegend Goniatitesstufe, cd III) vom Ostrand des Rheinischen Schiefergebirges basieren auf der Bestimmung der maximalen Vitrinitreflexion. Die Ergebnisse zeigen die für Vortiefen typische Entwicklung: Mit der Wanderung der Vortiefe in Richtung auf das Vorland und der damit verbundenen Verschiebung des Beckentiefsten ist eine Zunahme der Inkohlung in gleicher Richtung verbunden. Am Südrand der Wittgensteiner Mulde hat das organische Material in Sedimenten des cd III einen Reflexionsgrad von $< 3\%$ Rmax, am Nordrand, im Bereich des Medebach-Goldhausener Sattels, von $> 4\%$ Rmax. In der Umgebung des Kellerwald-Horstes ist eine Inkohlungsanomalie zu beobachten; wahrscheinlich ist es entlang der tiefgreifenden Störungen zu Wärmekonvektionen gekommen, die zu merklicher Inkohlungssteigerung führten.

ABSTRACT

Coalification studies in sediments of Dinantian age (mainly Goniatites stage, cd III) from the eastern part of the Rheinisches Schiefergebirge were carried out by measuring the maximum reflectance of vitrinite. The results show the typical foredeep development: Parallel to the shifting of the foredeep in the direction of the foreland and the shifting of the centre of basin subsidence linked with it, the coalification is increasing in the same direction. At the southern margin of the Wittgenstein syncline in the sediments of cd III age vitrinite reflectance of $< 3\%$ Rmax was measured. At the northern margin, in the area of the Medebach-Goldhausen anticline, $> 4\%$ Rmax are measured. In the surrounding of the Kellerwald horst a coalification anomaly occurs. Probably heat convection

developped along the deep faults and led to an increase of coalification.

RESUME

L'étude de la houillification des sédiments dinantiens (surtout Goniatites zone, cd III) de la bordure orientale du Massif rhénan est basée sur des mesures du pouvoir réflecteur maximal. Les résultats démontrent un développement typique d'un bassin: l'accroissement de la houillification suit le déplacement du centre de subsidence en direction de l'avant pays varisque. A la bordure sud du synclinal de Wittgenstein, le pouvoir réflecteur des sédiments d'âge cd III n'atteint pas 3% Rmax, tandis qu'à la bordure nord, dans l'anticlinal de Medebach-Goldhausen, il dépasse 4% Rmax. L'anomalie de la houillification autour du horst de Kellerwald est probablement créée par une convection thermique dans des failles profondes, provoquant ainsi un accroissement notable de la houillification.

SCHLÜSSELWÖRTER

Inkohlung, Dinantium, Rheinisches Schiefergebirge (Wittgensteiner Mulde).

KEY WORDS

coalification, Dinantium, Rhenish Massif (Wittgensteiner Mulde).

MOTS-CLE

houillification, Dinantien, Massif Rhénan (Wittgensteiner Mulde).

1. EINLEITUNG

Das Gebiet der Wittgensteiner Mulde ist seit den zwanziger Jahren dieses Jahrhunderts immer wieder Gegenstand stratigraphischer Untersuchungen

¹ Lehrstuhl für Geologie, Geochemie und Lagerstätten des Erdöls und der Kohle RWTH Aachen - Lochnerstrasse 4-20 - D-5100 Aachen - Deutschland

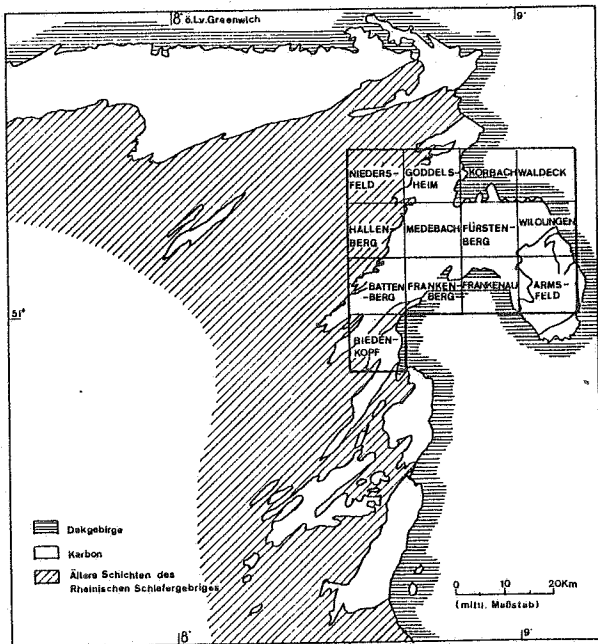


Abb. 1 : Lage des Untersuchungsgebietes (aus Kulick, 1960).

gewesen, die zu einer differenzierten Gliederung der Schichten des Dinantiums, besonders der Goniatics-Stufe, führten. Vor allem sind von Göttingen aus, angeregt durch H. Schmidt, Paläontologie, Stratigraphie und Paläogeographie dieses Raumes bearbeitet worden. Hier nahm u.a. das Wirken von E. Paproth mit der Bearbeitung einer Kohlenkalkfauna im Kulmkonglomerat von Frankenberg ihren Anfang (1953).

Zusammenfassend wurden Stratigraphie und Paläogeographie dieses Gebietes von Pickel (1937) und Kulick (1960a) dargestellt. Seit diesen Arbeiten ist die Geologie dort so gut bekannt, dass sich die Inkohlungsänderungen einzelner, zeitlich eng begrenzter Schichtenabschnitte verfolgen lassen, weshalb die hier vorgelegten Ergebnisse vorzugsweise auf diesen Arbeiten basieren.

Die Untersuchungen gehen zum grössten Teil auf gelegentliche Probenaufsammlungen der Verfasserin während vieler Jahre zurück. Meistens waren es mit E. Paproth gemeinsam unternommene Exkursionen, die die Möglichkeit der Entnahme stratigraphisch einwandfrei zugeordneter Proben gaben. Ergänzende Aufsammlungen und Inkohlungsgradbestimmungen fanden im Rahmen einer Diplomarbeit (Weiskorn, 1987) statt, wobei M. Horn im Gelände behilflich war. Alle Genannten möchte ich für ihre Unterstützung und Mitarbeit herzlich danken. Ausserdem bin ich meinem Kollegen H.W. Hagemann für die Computer-Auswertung der Daten zu grossem Dank verpflichtet.

2. METHODISCHES

Wie aus den Beschreibungen von Kulick (1960b) hervorgeht, sind die Gesteine des Dinantiums im östlichen Rheinischen Schiefergebirge generell reich an Pflanzenresten. Für die Inkohlungs-

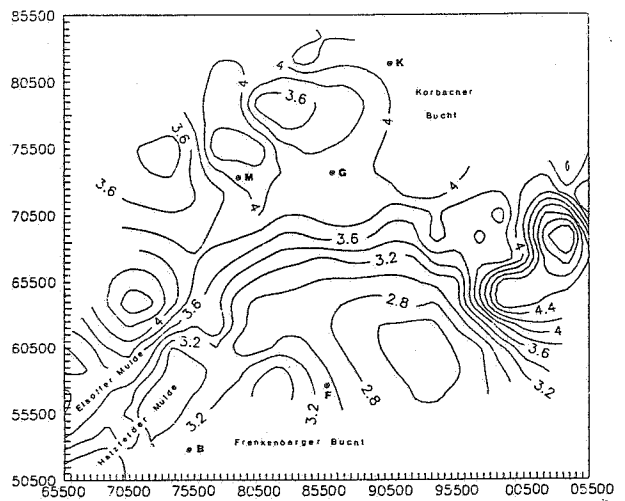


Abb. 2 : Inkohlungskarte der Wittgensteiner Mulde und angrenzender Gebiete.

B = Battenberg, F = Frankenberg, G = Goddelsheim, K = Korbach, M = Medebach.

untersuchungen wurden jedoch nur Ton- und Siltsteine aufgesammelt, denn sie enthalten gut erhaltenen pflanzlichen Detritus in noch messbarer Grösse (10 - 50 μ m). Die sogenannten Alaunschiefer entstammen zwar ebenfalls einem Milieu mit gut konservierenden Eigenschaften, der in ihnen enthaltene Pflanzendetritus ist jedoch im allgemeinen zu feinkörnig (< 10 μ m), und die Grauwacken führen grosse, aber meist oxidierte und deshalb für optische Inkohlungsgrad-Bestimmungen nicht geeignete Pflanzenreste.

Gemessen wurde im polarisierten Licht die maximale Reflexion (Rmax) vitrinischer Reste, weil das organische Material im Magerkohlen- und Anthrazit-Stadium vorliegt, d.h. optisch anisotrop ist. Vorwiegend kamen polierte Stückschliffe, senkrecht zur Schichtung bzw. Schieferung geschnitten, zur Untersuchung. Dadurch kann der maximale Reflexionsgrad des Vitrinites recht exakt bestimmt werden. Waren die Tonsteine oder Schiefer zur feinplattig, dann wurden die Proben gebrochen und zu Körnerschliffen verarbeitet. Die an derartigen Anschliffen gemessenen Werte zeigen keine systematischen Abweichungen zu den an Stückschliffen bestimmten. Insgesamt konnten an 125 Anschliffen Inkohlungswerte gemessen werden, die Fundpunkte verteilen sich über das in Abb. 1 gekennzeichnete Gebiet (s. auch Tab. 1).

3. ZUR GEOLOGIE DES UNTERSUCHUNGSRAUMES

Die heute in der Wittgensteiner Mulde an der Oberfläche anstehenden Gesteine karbonischen Alters sind vorzugsweise der Goniatices-Stufe zuzuordnen. Ältere Äquivalente des Dinantiums finden sich nur in der Umrandung der Mulde, dort wo auch der Übergang zum Devon zutage streicht.

Der Bereich der Wittgensteiner Mulde war Teil der subvariscischen Vortiefe. Die Sedimente sind in

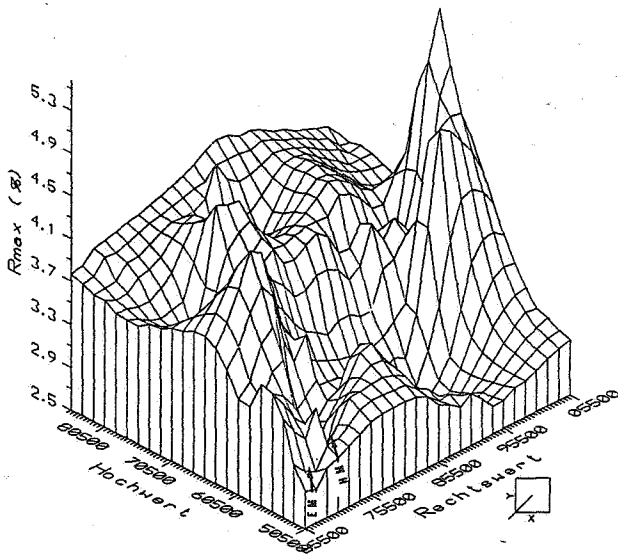


Abb. 3 : Dreidimensionale Darstellung der Inkohlungsdaten (Blick auf das Gebiet von SW) ; im Vordergrund Elsoffer und Hatzfelder Mulde, der hohe Peak repräsentiert das Inkohlungshoch am N-Rand des Kellerwaldes.

Kulm-Fazies entwickelt, sie wurden aus südöstlicher Richtung von der Mitteldeutschen Schwelle geschüttet. Demzufolge sind sie an der Südostflanke der Mulde mächtiger als im Nordwesten, am Übergang zur Waldecker Mulde, wie für die Zonen III β und III γ von Kulick (1960a) dargestellt werden konnte.

Nach der Füllung des Beckenteils erfolgte die Faltung des Gebietes. Es entstanden (von Süden

nach Norden) die Dill-Mulde, zu der die Dinantium-Sedimente des Kellerwaldes gehören, der Battenberg-Waldecker Hauptsattel, die Wittgensteiner Mulde und der Medebach-Goldhausener Sattel, der die Wittgensteiner von der Waldecker Mulde trennt. Die Wittgensteiner Mulde ist in sich in zahlreiche Spezialmulden und -sättel gegliedert, auf die nicht weiter eingegangen werden soll (s. Kulick, 1960a). Abschluss der tektonischen Ereignisse dieses Raumes bildet die NNW-SSE gerichtete Bruchbildung im Kellerwald.

4. ERGEBNISSE DER INKOHLUNGSUNTERSUCHUNGEN

Die *Inkohlungskarte* (Abb. 2) zeigt wenig Parallelen zu den geologischen Strukturen. Zu erkennen sind, durch Inkohlungsminima angezeigt, im Südwesten der Karte die Hatzfelder Mulde und - weniger deutlich - die Elsoffer Mulde. Besser sichtbar werden die Strukturen dieser beiden Teilmulden bei dreidimensionaler Darstellung der Ergebnisse (Abb. 3). Generell kann man sagen, dass - ausgehend von den südlichsten Aufschlüssen am Nordrand der Frankener Bucht - die Inkohlung von Südosten nach Nordwesten kontinuierlich zunimmt, was sich im parallelen SW-NE gerichteten Verlauf der Linien gleicher Inkohlung bemerkbar macht. An der Grenze vom Dinantium zum Devon schliessen sich die Isoapostilben teilweise, was z.T. auf die Computer-Auswertung zurückzuführen ist, weil die Inkohlungsdaten aus dem Dinantium an dieser Linie enden. Die dreidimensionale Darstellung der Inkohlungsdaten (Abb. 3) lässt aber auch vermuten, dass es entlang

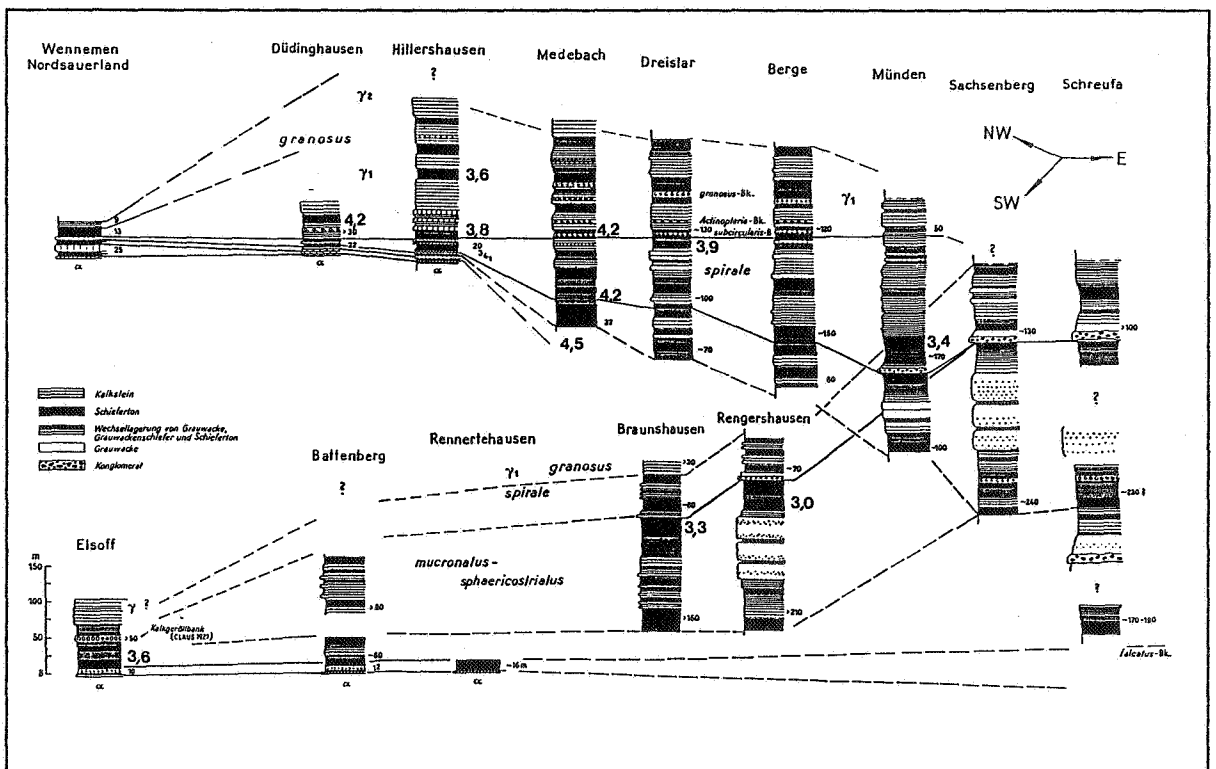


Abb. 4 : Teilprofile der III β - und III γ - Zonen des Dinantium in der Wittgensteiner Mulde (aus Kulick, 1960, mit Inkohlungsdaten).

dieser SW-NE verlaufenden Grenze innerhalb des Karbons Inkohlungsanomalien gibt.

Ordnet man die Inkohlungsdaten den von Kulick (1960a) publizierten Profilen zu (Abb. 4), so zeigt sich deutlicher als im Kartenbild die mit der SE-NW gerichteten regionalen Inkohlungs Zunahme einhergehende Verlagerung von niedrigeren zu höheren Inkohlungswerten in immer jüngere Schichten. Der Effekt der Inkohlungssteigerung von SE nach NW ist also noch grösser, als er sich aus dem Kartenbild (Abb. 2) ergibt.

Der höchste Inkohlungsgrad ist in den Profilen Medebach (TK25 : 4718, R = 76960 H = 75380) und Düdinghausen (TK25 : 4718, R = 79420 H = 74840) gemessen worden, gleichhohe Reflexionswerte treten im Bereich des Bahnhofs Lelbach-Rhena (TK25 : 4718, R = 86900 H = 84100) auf.

Von besonderem Interesse ist das Inkohlungshoch im Gebiet des Kellerwaldes, auf das schon Weiskorn (1987) hingewiesen hat. Die Karbon-Sedimente, die in seiner Umrandung auftreten, fallen aus dem allgemeinen Inkohlungstrend heraus und weisen auf Nachinkohlung hin.

Aus den gemessenen Reflexionswerten *Inkohlungsgradienten* zu berechnen, ist nicht ganz einfach, da Proben aus mehrere hundert Meter langen kontinuierlichen Profilen nicht zur Verfügung stehen. Am besten geeignet ist das Profil vom Brom-Berg bei Medebach, wovon genügend Messwerte vorhanden sind. Obwohl der Bereich dieses Aufschlusses recht hoch inkohlt, das Inkohlungsprofil also nicht für das ganze Untersuchungsgebiet typisch ist, soll es kurz dargestellt werden.

Die stratigraphisch tiefste Probe mit 4.70 % R_{max} kommt aus einem Tonstein, der ca. 25 m unterhalb der Grenze Dinantium II/III ansteht. Da diese Grenze 18.6 m unterhalb der crenistria-Bank liegt (freundl. mündl. Mitteilung von Herrn Dr. Horn), aus deren Bereich in einer Probe die Vitrinitreflexion zu 4.48 % R_{max} bestimmt wurde, und die stratigraphisch jüngste in die Untersuchungen einbezogene Probe aus dem Basisbereich der III γ -Zone stammt, ergibt sich nach Kulick (1960a) eine Gesamtmächtigkeit von ca. 70 m für das untersuchte Profil. In der obersten genannten Probe beträgt die Vitrinitreflexion 4.21 % R_{max}. Aus diesen Daten lässt sich ein Inkohlungsgradient von 0.66 % R_{max}/100 m Tiefe berechnen. Auch für den Bereich des Meta-anthrazit-Stadiums mit schneller Reflexionssteigerung innerhalb geringer Temperaturintervalle ist dieser Wert hoch. Nach M. Teichmüller *et al.* (1984) wäre im Anthrazitstadium eine Reflexionszunahme von ca. 0.3 % R_{max}/100 m Tiefe zu erwarten.

5. DISKUSSION DER ERGEBNISSE

Die Inkohlungsverhältnisse in der Wittgensteiner Mulde spiegeln die typische Vortiefenentwicklung wider. Mit nach NW fortschreitender Eintiefung des Beckens und nachfolgender Faltung der rückwärtigen Gebiete verlagert sich die Sedimentation von SE nach NW, so dass die Gebiete grösster Mächtigkeit sich von den älteren zu den jüngeren Schichtenabschnitten ebenfalls von SE nach NW verschieben. Relativ frühe Hebung im SE und dadurch bedingte kürzere Verweilzeit in Tiefen mit Temperaturen um 150° - 200°C haben die Inkohlung der organischen Substanz im Süden der Wittgensteiner Mulde nicht so weit fortschreiten lassen wie weiter im Norden. So erreicht die organische Substanz in Gesteinen der elegans-Stufe aus dem schon der Dillmulde zuzurechnenden Gebiet nordwestlich Frankenu nicht einmal 3 % R_{max}, während im Bereich des Medebach-Goldhausener Sattels in Gesteinen aus dem Grenzbereich III β / III γ die Vitrinitreflexion zu ca. 4 % R_{max} bestimmt wurde. Auch bei Düdinghausen, schon in der Lengefelder Mulde gelegen, lassen sich in den Gesteinen gleich hohe Inkohlungsgrade nachweisen. Ganz ähnliche Verhältnisse sind aus dem nördlichen Rheinischen Schiefergebirge bekannt (Wolf, 1969).

Die insgesamt starke Inkohlung in der Wittgensteiner Mulde und nördlich davon lässt auf eine ehemals vorhandene Überdeckung durch jüngere Sedimente des Namurs schliessen, die besonders im Bereich des Medebach-Goldhausener Sattels und der Lengefelder Mulde erheblich gewesen sein dürfte. Die von Teichmüller *et al.* (1984) ermittelte Reflexionszunahme im Anthrazitstadium beruht auf Werten, die an Proben aus der Bohrung Saar I stammen sowie solchen aus Nordwestdeutschland. Hedemann (1976) gibt für das Devon der Bohrung Saar I einen geothermischen Gradienten von 2.5°C/100 m an, für \pm gleichaltrige Schichten der Bohrung Münsterland I beträgt der Wert 3.8°C/100 m. Für das Dinantium der Bohrung Vermold I liegt der geothermische Gradient bei 3.1°C/100 m. Übertragen auf das Profil Brom-Berg bei Medebach lässt sich aus den vorgegebenen Werten schliessen, dass die Temperaturzunahme mit der Tiefe mindestens doppelt so hoch gewesen sein muss als z.B. in der Bohrung Vermold I, d.h. bei -6°C/100 m gelegen haben muss, wenn ein Inkohlungsgradient von 0.66 % R_{max}/100 m entstehen soll. Daraus ergibt sich eine notwendige Versenkung vor der Faltung von ca. 2500-3000 m, entsprechend mächtige Schichten müssen ursprünglich die Sedimente des III γ im nördlichen Teil der Wittgensteiner Mulde und in den anschliessenden Gebieten überdeckt haben.

Auffallend ist die starke Inkohlung in den Gesteinen aus der Nachbarschaft des Kellerwald-Horstes. Denkbar wäre es, dass entlang der tiefen Brüche durch Zirkulation heisser Lösungen Wärmeanomalien entstanden, wodurch es zu höherer Inkohlung der organischen Substanz in der

Umgebung dieser Brüche kam. In grösserem Massstab ist diese Erscheinung an den Grabenrändern des Oberrheintales zu beobachten (Doehl & Teichmüller, 1979). Dem Kellerwald insgesamt sollten eingehendere Inkohlungs-Untersuchungen gewidmet werden, eine sicher lohnende weitere Aufgabe.

ZITIERTE LITERATUR

- DOEBL, F. & TEICHMÜLLER, R., 1979 - Zur Geologie und heutigen Geothermik im mittleren Oberrhein-Graben. *Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf.*, 27: 1-17.
- HEDEMANN, H.-A., 1976 - Die Gebirgstemperatur in der Bohrung Saar 1 und ihre Beziehungen zum geologischen Bau. *Geol. Jb.*, A27: 433-454.
- KULICK, J., 1960a - Zur Stratigraphie und Paläogeographie der Kulm-Sedimente im Eder-Gebiet des nordöstlichen Rheinischen Schiefergebirges. *Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf.*, 3/1: 289-296.
- PAPROTH, E., 1953 - Eine Kohlenkalkfauna aus dem Kulmkonglomerat von Frankenberg an der Eder. *Paläontol. Z.*, 27: 169-207.
- PICKEL, W., 1937 - Stratigraphie und Sedimentanalyse des Kulms an der Edertalsperre. *Z. deutsch. geol. Ges.*, 89: 233-280.
- TEICHMÜLLER, M., TEICHMÜLLER, R. & BARTENSTEIN, H., 1984 - Inkohlung und Erdgas - eine neue Inkohlungskarte der Karbon-Oberfläche in Nordwestdeutschland. *Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf.*, 32: 11-34.
- WEISKORN, B., 1987 - Die Inkohlungsverhältnisse am Ostrand des Rheinischen Schiefergebirges. *Dipl.-Arbeit*, 98 S, RWTH Aachen.
- WOLF, M., 1969 - Ein Inkohlungsprofil durch das Flözcere nördlich von Meschede. *Erdöl und Kohle*, 22: 185-187

Lokalität R = H =	n	Stratigraphische Zuordnung	s	R _{max} (%)	
TK 25 : 4717 - Niedersfeld					
76020 +)	77770	Kulm-Tonschiefer	9	0,14	4,02
74000 +)	77000	Liegende Alaunschiefer	20	0,28	3,53
74700 +)	75420	Kulm-Kieselkalk	2		4,21
76620 +)	75140	Kieselige Übergangsschichten	10	0,21	4,43
75800 +)	75920	Kulm-Kieselkalk	10	0,21	3,78
TK 25 : 4718 - Goddelsheim					
87280 +)	79160	cd II	34	0,17	3,64
76960	75380	cd II	10	0,26	4,49
78920	81080	cd III α	5	0,21	3,97
83800	82700	cd III α	16	0,37	4,30
86900	84100	Basis cd III α 2	20	0,33	4,49
86900	84100	Basis III β mucronatus	4	-	4,43
86900	84100	Basis cd III β spirale	15	0,19	4,44
86900	84100	Basis cd III γ	10	0,20	4,24
76960	75380	ca. 25 m unter Grenze cd II/cd III	4	-	4,70
76960	75380	cd III α 3, direkt unter unterer crenistria-Bank	8	0,23	4,48
76960	75380	cd III β , Basis der elegans-Subzone	20	0,35	4,48
76960	75380	cd III γ , ca. 18 m über Basis der spirale-Subzone	12	0,17	4,21
79660 +)	79650	cd III	28	0,16	4,15
82335 +)	76600	cd III	14	0,25	3,64
83600 +)	75790	cd III	13	0,13	3,75
83420 +)	76170	cd III	34	0,21	3,67
84620 +)	78620	cd III	24	0,15	3,64
83800 +)	81710	cd III	25	0,13	4,35
79140 +)	80490	cd III	38	0,17	4,08
83875 +)	79760	cd III	18	0,17	3,45
80640 +)	79000	cd III	16	0,11	3,34
83770	83050	cd III	22	0,38	4,15
83680	83180	cd III γ	11	0,24	4,06
79060	71060	cd III β	9	0,40	3,92
79420	74840	Grenze cd III β /cd III γ	5	1,20	4,22
TK 25 : 4719 - Korbach					
92235 +)	73990	cd III β mucronatus	18	0,30	4,18
93360 +)	75460	cd III β	13	0,32	4,12
93030 +)	77400	cd III β	19	0,29	4,20
93560 +)	75410	cd III β	16	0,11	4,14
93190 +)	77990	cd III β	37	0,18	4,19
TK 25 : 4720 - Waldeck					
04590 +)	73810	cd III β mucronatus	50	0,18	3,97
03600 +)	74120	cd III β mucronatus	13	0,11	3,37
00270 +)	74660	cd III β mucronatus	30	0,17	3,75
00140 +)	74300	cd III β	5	0,11	3,93
00120 +)	73800	cd III β	9	0,86	3,89
TK 25 : 4817 - Hallenberg					
70880	63680	Liegende Alaunschiefer	15	0,50	4,59
72070	63080	cd III α 2	30	0,24	4,45
73980	63680	cd III β spirale	30	0,55	4,01

TK 25 : 4818 - Medebach

77180+) 69810	cd III β	18	0,12	3,85
77305+) 73010	cd III β	41	0,19	3,72
80820+) 65570	cd III β	4	-	3,13
86560+) 69990	cd III β	13	0,20	3,91
81060 71960	cd III	16	0,51	4,07
77700 68320	cd III β	15	0,23	3,86
81120 71620	cd III	16	0,24	3,64
81160 71460	cd III	34	0,28	3,81
81070 71220	cd III	19	0,41	3,84
81020 71100	cd III	15	0,37	4,13
71000 70970	cd III	15	0,32	3,62
79150 63790	cd III β mucronatus	19	0,35	2,98
82520 68380	cd III	8	0,27	3,43
77930 64400	cd III	6	0,32	3,30
77130 63320	cd III	9	0,66	3,54
85160 68460	cd III	12	0,36	3,61
85420 67880	cd III	5	0,09	3,24

TK 25 : 4819 - Fürstenberg

98520+) 64360	cd III α bis cd III β	66	0,39	5,02
99360+) 65455	cd III α bis cd III β	35	0,44	5,02
91140+) 66190	cd III β falcatus	30	0,15	3,03
91135+) 66190	cd III β falcatus	50	0,21	2,99
99780+) 67030	cd III β falcatus	54	0,18	3,50
97980+) 70310	cd III β falcatus bis cd III β elegans	41	0,22	3,66
98740 70180	cd III β falcatus bis cd III β elegans	42	0,17	3,42
96380 68730	cd III β falcatus bis cd III β elegans	43	0,20	3,59
93080+) 63020	cd III β falcatus bis cd III β elegans	9	0,11	2,51
93910+) 68370	cd III β elegans	43	0,18	3,96
99200+) 66130	cd III β elegans	26	0,43	3,80
95350+) 65530	cd III β elegans bis cd III β mucronatus	31	0,22	3,13
88195+) 69730	cd III β mucronatus	6	0,24	3,89
97445+) 68670	cd III β mucronatus	26	0,16	3,95
94000+) 62630	cd III β mucronatus	26	0,27	2,64
94945+) 71890	cd III β mucronatus bis cd III β spirale	42	0,24	4,03
95380+) 71000	cd III β mucronatus bis cd III β spirale	24	0,18	3,66
92095+) 67050	cd III β mucronatus bis cd III β spirale	18	0,18	3,18
92055+) 67220	cd III β mucronatus bis cd III β spirale	44	0,14	3,14
92220+) 63690	cd III β (spirale ?)	18	0,29	2,84
89085+) 62730	cd III β (spirale ?)	28	0,19	2,60
96885+) 73080	cd III β (spirale ?)	59	0,25	3,93
91585+) 70670	cd III β spirale	43	0,11	3,54
94550+) 66390	cd III β (spirale ?)	43	0,20	3,34
92085+) 71990	cd III β	32	0,22	4,09

TK 25 : 4820 - Wildungen

05955+) 69850	Grenze cd I/cd II	11	0,27	3,62
03920+) 68560	cd III α	46	0,48	5,61
03235+) 69680	cd III β (falcatus ?)	44	0,51	5,76
04590+) 71070	cd III β	29	0,26	3,94
04280+) 72440	cd III β elegans	13	0,16	3,67
04560+) 73130	cd III β mucronatus	12	0,37	3,65
02215+) 73730	cd III β mucronatus	25	0,17	3,98
04715+) 73670	cd III β spirale	25	0,20	4,13

TK 25 : 4917 - Battenberg

65655+) 57290	Hangenberg-Schichten	11	0,13	3,64
70220+) 54100	Grenze cd I/cd II	17	0,28	3,52
66360+) 59510	cd II	16	0,19	3,19
68920+) 52340	cd III β	47	0,11	2,87

66085 +) 54495	cd III β	32	0,12	3,59
76550 62660	cd III	26	0,26	3,14
70760 +) 59550	cd III β falcatus	50	0,23	3,88
72600 +) 54470	cd III β falcatus bis elegans	25	0,19	2,62
68740 +) 54470	cd III β falcatus bis elegans (?)	47	0,25	3,11
71385 +) 60060	cd III β elegans	41	0,16	3,63
73355 +) 56890	cd III β elegans	43	0,20	2,81
74460 +) 59310	cd III β mucronatus	7	0,22	2,82
73860 +) 60620	cd III β mucronatus	17	0,23	2,99
71470 +) 54550	cd III β mucronatus	5	0,19	2,92
74825 +) 54430	cd	47	0,17	3,31

TK 25 : 4918 - Frankenberg

83650 +) 61670	cd III β falcatus bis elegans	19	0,20	2,96
85580 +) 61850	cd III β elegans bis mucronatus	19	0,11	2,83
81020 +) 61280	cd III β elegans bis mucronatus	13	0,14	2,85
80670 +) 61010	cd III β spirale	15	0,23	2,92
79765 +) 60440	cd III β spirale	15	0,26	2,70
76840 62140	cd III	3	-	3,71
80520 59380	cd III	8	0,29	3,19
80920 58650	cd III	6	0,34	3,51
81760 58260	cd III	7	0,23	3,60

TK 25 : 4919 - Frankenau

94790 +) 59400	cd III β elegans	31	0,12	2,53
99250 +) 59210	cd III	36	0,17	3,09
97740 +) 61430	cd III (β ?)	35	0,16	2,95

TK 25 : 4920 - Armsfeld

08620 +) 62450	cd III (β ?) Kulmtonschiefer	29	0,31	3,88
08620 +) 62460	cd III (β ?) Kulmtonschiefer	46	0,15	3,16
08620 +) 62400	cd III β	22	0,30	3,07
68280 +) 50620	cd III α	9	0,23	2,97
66630 +) 51030	cd III (α ?)	29	0,13	2,73

Tabelle 1 : Reflexionsdaten.