Jahrb. Bochumer Bot. Ver.	10	233–245	2019

Steinkohle – Gestein des Jahres 2018: Entstehung und Eigenschaften der Ruhrkohle

TILL KASIELKE

1 Einleitung

Steinkohle wurde vom BERUFSVERBAND DEUTSCHER GEOWISSENSCHAFTLER zum Gestein des Jahres 2018 gewählt. Im Ruhrgebiet wurde sie seit Jahrhunderten abgebaut und bildete im 19. Jh. die Rohstoffbasis der Industrialisierung und damit der Entwicklung einer der größten Industrieregionen Europas. Passenderweise erfolgte die „Taufe“ der Steinkohle zum Gestein des Jahres auf der ehemaligen Zeche Nachtigall im Wittener Muttental, das häufig als die Wiege des Steinkohlenbergbaus bezeichnet wird. Dieses Jahr wird mit Prosper Haniel in Bottrop die letzte noch aktive Steinkohlenzeche im Ruhrrevier schließen. An Anlässen mangelt es im Jahr 2018 also nicht, der Steinkohle ein eigenes Porträt zu widmen, in dem schwerpunktmäßig die Entstehung und Eigenschaften der Ruhrkohle behandelt werden.

2 Entstehung der Kohle – vom Torf zum Anthrazit

Kohle ist ein organisches Sedimentgestein, das aus abgestorbener Biomasse, im Wesentlichen aus Pflanzenresten, durch den Prozess der Inkohlung entsteht. Die aus Torf entstandene Kohle wird als Humuskohle bezeichnet. Daneben treten untergeordnet Sapropelkohlen auf, die aus organischen Faulschlämmen hervorgegangen sind, welche am Grund stehender Gewässer abgelagert wurden. Eine Grundvoraussetzung für die Inkohlung ist die Überdeckung des organischen Materials durch Sedimente und die Versenkung in größere Tiefen, sodass das Material hohen Drücken und Temperaturen ausgesetzt wird.

Die Entstehung von Humuskohle kann in eine biochemische Initialphase und die geochemische Phase der Inkohlung unterteilt werden. Die Torfbildung beginnt mit der mechanischen Zerkleinerung durch wirbellose Tiere, wodurch die Angriffsfläche vergrößert wird, sodass die mikrobielle Umwandlung durch Pilze und Bakterien einsetzt. Mit fortschreitender Versenkung des Torfkörpers wird dieser zunehmend verdichtet und die geochemische Umwandlung beginnt. Während der geochemischen Phase nimmt der Kohlenstoffgehalt kontinuierlich zu, während der Gehalt an Wasser und flüchtigen Bestandteilen (Gasen) abnimmt. Der gesamte Prozess der Inkohlung ist mit einer Reihe komplexer chemischer Umwandlungsprozesse verbunden (KILLOPS & KILLOPS 1997, THOMAS 2013). Am Ende des Inkohlungsprozesses kann sich bei entsprechenden Bedingungen Anthrazit bilden. Der Begriff Steinkohle bezieht sich auf die bituminöse Kohle, schließt aber häufig auch den Anthrazit mit ein (Abb. 1).

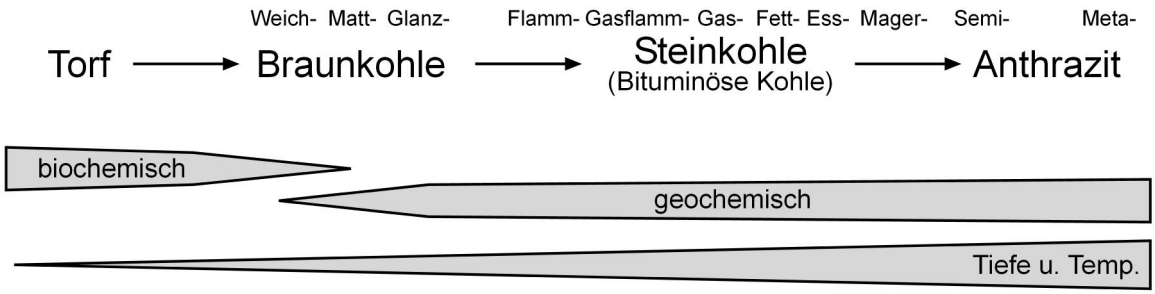

Abb. 1: Kohlebildung als diagenetischer und metamorpher Prozess (T. KASIELKE).

Die Einflussfaktoren für den Grad der Inkohlung sind Zeit, Druck und Temperatur. Die zwei letztgenannten Faktoren sind im Wesentlichen bestimmt durch die Versenkungstiefe. In tektonischen Senkungsgebieten werden die Torfkörper abgesenkt und von Sediment–schichten überlagert, sodass sie in Tiefen von mehreren Kilometern gelangen können und dort entsprechend hohen Drücken und Temperaturen ausgesetzt sind. Druck spielt v. a. in den frühen Inkohlungsphasen eine Rolle und bewirkt eine Abnahme der Porosität und damit des Wassergehalts. Den entscheidenden Einfluss auf die weitere chemische Umwandlung hat die Temperatur. Der geothermische Gradient beträgt typischerweise ca. 2–4 °C/100 m, variiert jedoch räumlich und zeitlich stark. So nimmt die Temperatur im Bereich des Oberrheingrabens heute um 7,7 °C/100 m zu. Der geothermische Gradient in der subvariskischen Randsenke betrug vermutlich 5 °C/100 m, sodass die erforderlichen Temperaturen zur Entstehung von Steinkohle bereits ab einer Tiefe von ca. 2 km erreicht wurden. Im Fall der Ruhrkohlen dürfte die Inkohlung bereits vor der Gebirgsfaltung am Ende des Oberkarbons weitgehend abgeschlossen gewesen sein. Im Gegensatz dazu haben sich die ebenfalls im Oberkarbon gebildeten Kohlen des Moskauer Beckens bis heute lediglich zur Braunkohle entwickelt, da sie nur von relativ geringmächtigen Sedimentschichten überdeckt wurden und entsprechend nie ausreichend hohen Temperaturen ausgesetzt waren (TEICHMÜLLER & TEICHMÜLLER 1979). Bei sehr hohen Temperaturen, etwa wenn zusätzliche Wärme von aufsteigenden Magmen auf das Nebengestein übertragen wird, erfolgt die Inkohlung in relativ kurzer Zeit. Die charakteristischen Temperaturen für die Entstehung von Steinkohle liegen im Bereich von 100–150 °C, für die Bildung des stärker inkohlten Anthrazits werden etwa 170–250 °C benötigt. Der Faktor Zeit spielt vor allem im Temperaturfenster zwischen 70 und 100 °C eine wichtige Rolle (TAYLOR & al. 1998).

3 Petrologie und Klassifikation der Steinkohle

Grundsätzlich müssen zwei Ansätze zur Typisierung und Klassifikation von Kohlen unterschieden werden. Der **Kohlentyp** unterscheidet die Kohlen nach Bildungs- und Ablagerungsmilieu der organischen Substanz, verbunden mit dem Ausgangsmaterial der Inkohlung und der entsprechenden Zusammensetzung der verschiedenen organischen Komponenten (Macerale). Hingegen basiert die Einstufung nach der **Kohlenart** (= Kohlerang) auf dem **Inkohlungsgrad**, d. h. der geochemischen Veränderung des Ausgangsmaterials.

Die im Bergbau und Handel gebräuchlichste Klassifikation unterteilt die Steinkohle nach der Kohlenart. Als Maß wird der Anteil flüchtiger Bestandteile verwendet, der mit zunehmendem Inkohlungsgrad (Rang) abnimmt. Ein anderes gängiges Maß zur Bestimmung des Inkohlungsgrades ist das Reflexionsvermögen des Vitrinits (s. u.), welches mit zunehmender Inkohlung ansteigt (O´KEEFE & al. 2013).

Im Ruhrkarbon weisen die stratigraphisch ältesten, d. h. heißt die ursprünglich am tiefsten versenkten Flöze, in der Regel den höchsten Inkohlungsgrad auf. So wurden hier die flözführenden Schichten des Oberkarbons zunächst nach den Inkohlungsverhältnissen untergliedert und entsprechend als Mager-, Ess-, Fett- Gas-, Gasflamm- und Flammkohlenschichten bezeichnet. Später zeigte sich jedoch, dass dasselbe Flöz in verschiedenen Teilen des Ruhrgebiets unterschiedliche Inkohlungsgrade aufweisen kann, weshalb die Unterstufen des Karbons seit längerem nach den Orten benannt werden, an denen die entsprechenden Schichten (Formationen) besonders gut erschlossen sind (Tab. 1, STAHL 1949).

Der Inkohlungsgrad hat einen entscheidenden Einfluss auf die Verwendbarkeit der Kohlen. So eignen sich die Esskohlen besonders für Schmiedefeuer. Die Fettkohle lässt sich am besten verkoken und wird daher auch als Kokskohle bezeichnet. Durch Mischung verschiedener Kohlesorten lassen sich aber heute quasi alle Kohlearten für die Kokserzeugung verwenden.

Nach ihrem **Ausgangsmaterial** lassen sich grob die **Kohletypen Humuskohle** und **Sapropelkohle** unterscheiden. Die Ersteren entstanden aus in Mooren gebildeten Torfen, während die Sapropelkohlen aus organischen Schlämmen hervorgingen, die am Grund stehender Gewässer abgelagert wurden.

In der Petrologie wird zur Unterscheidung der Steinkohlen die Maceralzusammensetzung betrachtet. Als **Macerale** bezeichnet man die organischen Komponenten der Kohle – vergleichbar mit den Mineralen in Gesteinen (STOPES 1939). Die Macerale werden durch mikroskopische Beobachtung der morphologischen und optischen Eigenschaften des Materials bestimmt, die letztlich die physikalischen und chemischen Eigenschaften widerspiegeln (HUTTON & al. 1994). Den entscheidenden Einfluss auf die Maceralzusammensetzung der Kohle hat die Art des Ausgangsmaterials (z. B. Holzreste, Blatthäute, Sporen, Harz, Algen) sowie dessen Umwandlung und teilweise Zersetzung im Ablagerungsraum vor der eigentlichen Inkohlung, die von zahlreichen sich gegenseitig beeinflussenden Umweltfaktoren wie Klima, Mikroflora, pH-Wert oder Redoxpotential bestimmt wird. Mit zunehmender Inkohlung verändern sich auch die Macerale und sie sind immer schwerer zu unterscheiden, jedoch ermöglichen entsprechende Techniken wie die Nutzung von kreuzpolarisiertem Licht eine Differenzierung der Macerale und damit die Bestimmung des ursprünglichen Kohletyps (O´KEEFE & al. 2013). In der Steinkohle lassen sich die Macerale zu drei Gruppen zusammenfassen (Tab. 2).

Tab. 1: Eigenschaften der Ruhrkohle nach der Kohlenart, Zahl der Flöze sowie Kohleanteil der Schichten des Ruhrkarbons ([a]ANONYMUS 1984, [b]STREHLAU 1990, [c]DROZDZEWSKI 2005, WREDE 2005).

Stufe	**Schichten (Formationen)**	**Alte Bezeichnung (Kohlearten nach Rang)**	**Flüchtige Bestandteile (%)[a]**	**Mittleres Reflexionsvermögen des Vitrinits (%)[b]**	**Anzahl Flöze[c]**	**Kohleanteil[c]**
Westfal C	Lembeck	Flammkohle	>40	0,68	10 (+ x)	3–4 %
	Dorsten			0,77	13 Gr.	4 %
Westfal B	Horst	Gasflammkohle	35–40	0,89	ca. 15 Gr.	4–6 %
	Essen	Gaskohle	30–35	1,00	28	3–5,5 %
Westfal A	Bochum	Fettkohle	20–30	1,38	ca. 50	2,5–6 %
	Witten	Esskohle	14–20	1,80	19	1,1–2,4 %
Namur C	Sprockhövel	Magerkohle	10–14	2,15	11–21	0,1–1 %
		Anthrazit	< 10			

Tab. 2: Maceralgruppen der Steinkohle mit den wichtigsten Maceralen nach dem Stopes-Heerlen-System (nach TAYLOR & al. 1998, SCOTT 2002).

Maceralgruppe	**Macerale**	**Eigenschaften und Ausgangsmaterial**
Vitrinit	Telinit Kollinit Vitrodetrinit	während der Inkohlung chemisch veränderte und dadurch strukturlos gewordene, gelartige Substanz mit mäßigem Reflexionsvermögen; holziges Material (Baumstämme, Äste, Blätter, Wurzeln); v. a. Lignin und Cellulose aus pflanzlichen Zellwänden
Exinit (= Liptinit)	Sporinit Alginit Kutinit Resinit Liptodetrinit	reflexionsschwache Bestandteile, die aus fett-, wachs- und ölhaltigen Pflanzenresten wie Sporen, Pollen, Blatthäuten (Kutikulen) und Algen entstanden sind; hoher Anteil von Lipiden im Ausgangsmaterial
Inertinit	Mikrinit Makrinit Fusinit Semi-Fusinit Sklerotinit Inertodetrinit	aus besonders kohlenstoffreichen Verwitterungs- und Oxidationsresten mit starkem Reflexionsvermögen; Ausgangsmaterial ähnlich wie bei Vitrinit, jedoch vor der Inkohlung verändert durch z. B. Waldbrände, Zersetzung durch Pilze, Austrocknung, Vermoderung etc.

Bei den Humuskohlen unterscheidet man die makroskopisch differenzierbaren Hauptlithotypen Glanzkohle, Mattkohle, Halbglanzkohle und Faserkohle (Tab. 3). Bezüglich der Macerale dominieren bei den Humuskohlen Vitrinit und Inertinit (insb. Fusinit und Semifusinit). Die schichtungslosen Sapropelkohlen werden in Kännel- und Bogheadkohle untergliedert, die überwiegend aus Sporen bzw. Algen entstanden sind. Mikroskopisch lassen sich nach ihrer Maceralzusammensetzung die sog. Mikrolithotypen unterscheiden (Tab. 4).

Tab. 3: Hauptlithotypen der Steinkohle (nach HESEMANN 1975, TAYLOR & al. 1998).

Hauptlithotypen	**Macerale**	**makroskopische Eigenschaften**
Humuskohlen:		
Vitrain (Glanzkohle)	hauptsächlich Vitrinit	schwarz, hell glänzend, zerbricht leicht in kleine eckige Fragmente
Clarain (Halbglanzkohle)	Vitrinit und Exinit	mäßiger, seidiger Glanz, fein geschichtet (< 1 mm), Wechsel von glänzenden und matten Lagen
Durain (Mattkohle)	Exinit und Inertinit	schwarz bis grau, matt bis schwach fettiger Glanz, hart, bricht in große Klumpen mit rauer Oberfläche
Fusain (Faserkohle)	hauptsächlich Fusinit	ähnlich Holzkohle, schwarz, seidig glänzend, häufig faserig, weich und zerbrechlich, färbt Hände schwarz
Sapropelkohlen: im Gegensatz zu den Humuskohlen nicht/kaum geschichtet, homogen, hart		
Kännelkohle	Exinit, v. a. Sporinit	schwarz, matt, mitunter fettiger Glanz, muscheliger Bruch
Boghead-Kohle	Exinit, v. a. Alginit	ähnlich Kännelkohle, etwas heller/bräunlicher

Tab. 4: Wichtigste Mikrolithotypen der Steinkohle (nach TAYLOR & al. 1998, THOMAS 2013).

Mikrolithotypen-Gruppe	**Maceralgemeinschaft**	**Anmerkungen**
monomaceral:		
Vitrit	Vitrinit (> 95 %)	40–50 % der karbonzeitlichen Kohlen der Nordhemisphäre
Liptit	Liptinit (= Exinit) (> 95 %)	meist millimeterdünne Lagen und Linsen
Inertit	Inertinit (> 95 %)	meist nur 5–10 % Anteil in der Kohle
bimaceral:		
Clarit	Vitrinit + Exinit (> 95 %)	häufig zusammen mit Vitrit in karbonzeitlichen Kohlen der Nordhemisphäre
Durit	Inertinit und Exinit (> 95 %)	In der Ruhrkohle teils dezimetermächtige Lagen
Vitrinertit	Vitrinit + Inertinit (> 95 %)	Selten in karbonzeitlichen Kohlen

4 Bildung der Steinkohlenflöze im Ruhrgebiet

Das Ausgangsmaterial der Steinkohlen des Ruhrgebietes entstand im Oberkarbon (Namur C bis Ende Westfal C) vor 308–317 Mio. Jahren (DSK 2016). Aufgrund der reichen Steinkohlevorkommen in den Gesteinen der Karbonzeit (Abb. 2) wurde dieses geologische Zeitalter nach der Kohle benannt (lat. carbo = Kohle; vgl. auch engl. carbon = Kohlenstoff).

Zu dieser Zeit lag das Ruhrgebiet nahe dem Äquator und es herrschte ein immerfeuchtes tropisches Klima. In der dem variskischen Gebirge vorgelagerten subvariskischen Saumsenke entwickelte sich im Übergangsbereich zwischen Land und Meer ein riesiges Delta, in dem die aus dem Gebirge angeschwemmten Sedimente (Ton, Schluff und Sand) abgelagert wurden. In dieser sumpfigen, von Flüssen durchzogenen Landschaft bildeten sich bei hohem Grundwasserstand große Waldmoore, in denen abgestorbenes Pflanzenmaterial nicht zersetzt werden konnte. Die besten Bedingungen hierfür waren im Bereich der unteren Deltaebene nahe der Küste gegeben, wo das Grundwasser vom schwereren Salzwasser des Meeres bis zur Geländeoberfläche aufgestaut wurde. Durch kontinuierliche Absenkung des Untergrundes konnten die dort gebildeten Torfe nach oben aufwachsen und mehrere Meter Mächtigkeit erreichen.

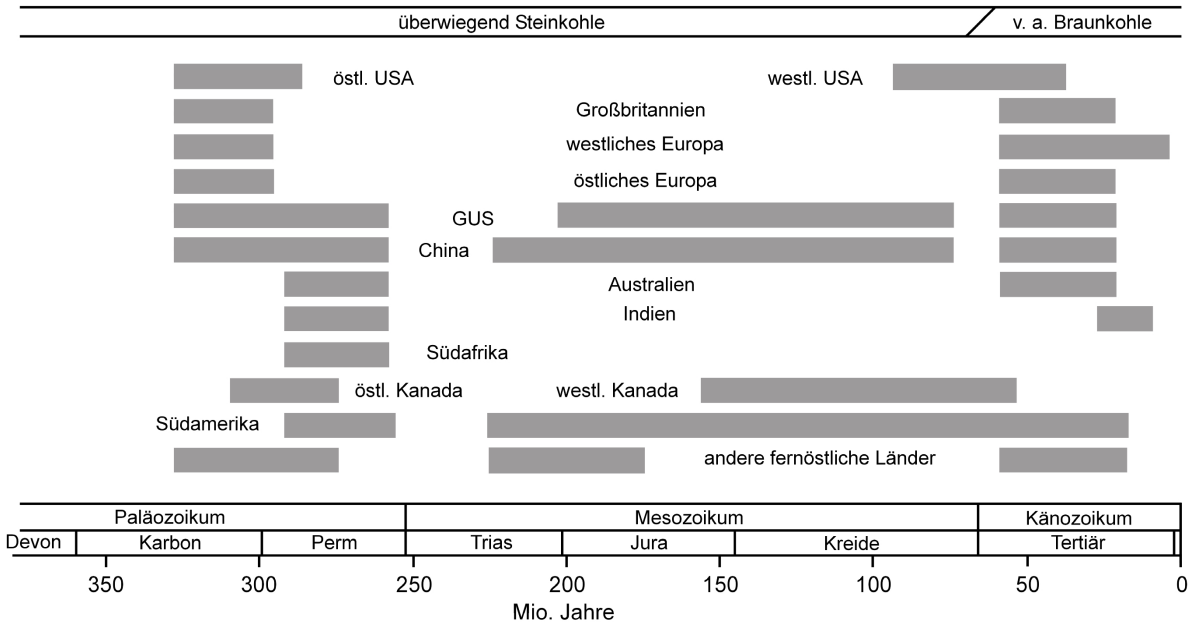

Abb. 2: Entstehungszeiten der weltweit bedeutenden Stein- und Braunkohlereserven (T. KASIELKE nach THOMAS 2013: 54, Zeitangaben modifiziert nach COHEN & al. 2013).

Bei zu hoher Senkungsrate oder raschem Meeresspiegelanstieg wurden die Moore vom Meer überflutet und von feinkörnigen Sedimenten überdeckt. Bei stark sinkendem Meeresspiegel wurden die Torfe von Flüssen übersandet. Daneben hatten auch regelmäßige Verlagerungen der Flusssysteme in der Deltaebene einen maßgeblichen Einfluss auf die Entstehung von Waldmooren (DROZDZEWSKI 2005, SÜSS 2005, KASIELKE 2016). Die zunehmende Auflast durch überlagernde Sedimentschichten führte zur Kompaktion des Torfes, wodurch sich die Mächtigkeit auf etwa ein Siebtel verringerte, sodass ein 1 m mächtiges Kohleflöz aus einem ursprünglich ca. 7 m mächtigen Torf hervorging, für dessen Wachstum man einen Zeitraum von etwa 6000–9000 Jahren ansetzen kann (TAYLOR & al. 1998).

Im Karbon erreichten die Gefäßpflanzen eine zuvor nie dagewesene Diversität und Abundanz. In den Waldmooren wuchsen bis 30 m hohe Bäume mit dichtem Unterwuchs. An den besonders sumpfigen Stellen und am Rand der Flachgewässer fanden sich Röhricht-ähnliche Vegetationsgesellschaften mit Wuchshöhen von 6 m und mehr (TAYLOR & al. 1998). Die wichtigsten torfbildenden Pflanzen waren baumförmige Lycopsiden (Bärlappgewächse) wie *Lepidodendron* (Schuppenbaum) und *Sigillaria* (Siegelbaum), die bis zu 90 % des Ausgangsmaterials der Steinkohle lieferten (PALÄONTOLOGISCHE GESELLSCHAFT 2018). Als weitere Pflanzen sind Samenfarne, Baumfarne, Cordaiten und Calamiten (baumartige Schachtelhalmgewächse) zu nennen. Eine schöne Zusammenstellung von Fossilien dieser Pflanzen findet sich bei LUBIENSKI (2013). Auch Pollen und v. a. Sporen lieferten einen nicht unerheblichen Beitrag zum Ausgangsmaterial der Kohle. Sporen wurden damals in deutlich größerer Masse produziert als heute, wobei wichtige Kohlebildner wie Schuppen- und Siegelbaum sog. Megasporen produzierten, die häufig einen Durchmesser von 1–3 mm hatten (STACH & ZERNDT 1931, TAYLOR & al. 1998).

Entsprechend der Unterscheidung von Humuskohlen und Sapropelkohlen können auch im Ruhrkarbon Torfbildungen in Waldmooren und Ablagerungen organischer Substanz in Moorseen unterschieden werden, wobei der Großteil der Kohle zur erstgenannten Gruppe gehört. Anhand der Macerale lassen sich verschiedene Ablagerungsmilieus innerhalb dieser Küstensümpfe unterscheiden (Abb. 3).

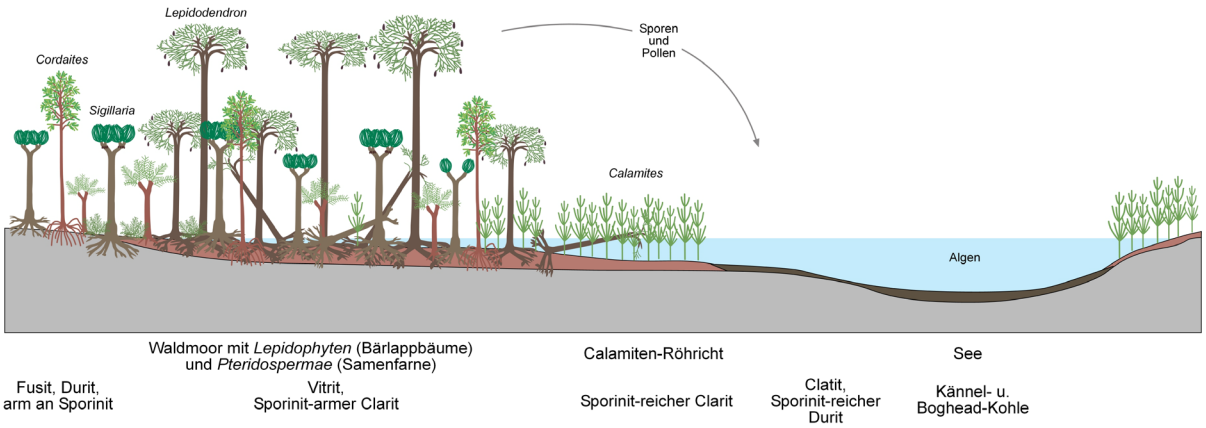

Abb. 3: Moortypen und entsprechende Mikrolithotypen des Karbons (T. KASIELKE nach TEICHMÜLLER 1989: 37, Vegetationsdetails ergänzt).

Reichlich Diskussionen gab es in der Vergangenheit um die Frage, ob es sich bei den Mooren um Hoch- oder Niedermoore handelte. Gegen eine Entstehung der Moore durch Gewässerverlandung spricht, dass sich die für Gewässer charakteristischen Sapropelkohlen nur selten im liegenden, sondern zumeist im hangenden Teil der Flöze finden. Aus dem sich häufig ähnelnden Aufbau der Flöze lässt sich vielmehr ableiten, dass die Moorbildung unter zunächst recht trockenen Verhältnissen einsetzte und Sporen unter aeroben Verhältnissen zersetzt wurden. Mit fortschreitender Absenkung des Untergrundes bildeten sich dann Sumpfflachmoore, in denen sich Sporen besser erhalten und in saisonalen Tümpeln Algenmatten bilden konnten, die zum Aufbau der im oberen Teil der Flöze gehäuft auftretenden duritreichen Mattkohle beitrugen. Im Extremfall bildete sich schließlich ein flacher Moorsee, aus dessen Faulschlamm die Sapropelkohle entstand (KUKUK 1938).

Einige Autoren sehen die tropischen Hochmoore Indonesiens als beste rezente Beispiele für die Moorbildungen des Oberkarbons (STREHLAU 1990). STREHLAU (1990) unterscheidet folgende Bildungsmilieus: Sapropelkohlen entstanden in flachen Tümpeln und Seen. Im randlichen Bereich des offenen Wassers dominierte die Ablagerung von Sporen und Pollen (Kännelkohle), während die zentralen Bereiche der Wasserflächen gute Voraussetzungen für eine reiche Algenblüte boten und Boghead-Kohle hervorbrachten. Im Inneren ausgedehnter Sumpfgebiete entstanden bei hoch anstehendem Grundwasser relativ offene Sümpfe mit niedrigen Bäumen und krautiger Vegetation. Aufgrund der ausbleibenden Überschwemmung dieser Flächen durch Flusshochwasser waren diese Bereiche besonders nährstoffarm und sauer. In den etwas trockeneren randlichen Bereichen wuchsen dichte Waldmoore, deren Oberfläche zeitweilig austrocknete. Auch das Auftreten von Waldbränden wird insbesondere im Zusammenhang mit der Bildung von Fusinit als wahrscheinlich angesehen. Im Übergangsbereich von den Waldmooren zu den Flussauen führten Hochwasser zum vermehrten Eintrag von minerogenen Sedimenten in die Moore, die als sog. Bergemittel in den Flözen eingeschaltet sind oder zu mehr oder weniger starken Verunreinigungen der Kohle führen (Abb. 4–5). Bei einem Aschegehalt von 10–30 % spricht man von unreiner Kohle. Kohlehaltige Tonschiefer mit 20–60 % Aschegehalt werden als Brandschiefer bezeichnet (STAHL 1949).

Wie bereits angesprochen und aus Tab. 1 ersichtlich, weisen die stratigraphisch ältesten Flöze des Ruhrkarbons entsprechend der sog. HILTschen Regel im Allgemeinen auch den höchsten Reifegrad auf, da sie am tiefsten versenkt wurden. Durch tektonische Absenkung und Sedimentüberlagerung gelangten die Flöze in Tiefen von bis zu über 4 km, wo sie Temperaturen von 200 °C und mehr ausgesetzt waren (LITTKE & al. 1994).

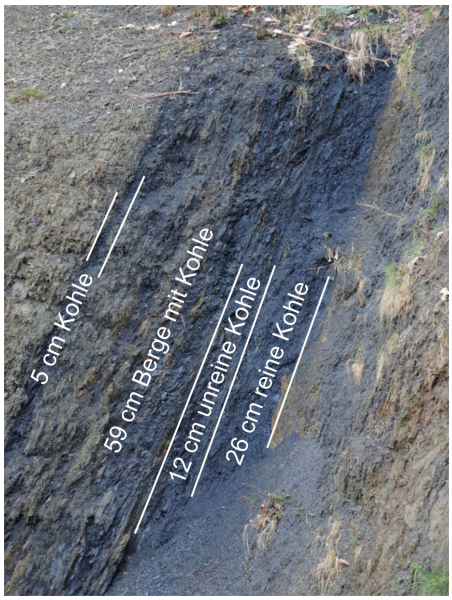

Abb. 4: Aufbau von Flöz Wasserfall in Bochum-Dahlhausen (T. KASIELKE).

Abb. 5: Bergemittel in Flöz Wasserbank im ehemaligen Steinbruch Mitzwinkel bei Essen-Kettwig (T. KASIELKE).

Im Wesentlichen erfolgte die Inkohlung während der Absenkung des gesamten Schichtenstapels noch vor der Faltung (TEICHMÜLLER 1962), setzte sich aber im größten Teil des Ruhrreviers während der variskischen Gebirgsbildung fort. Der Einfluss der Gebirgsfaltung kommt darin zum Ausdruck, dass dasselbe Flöz in Muldenlage eine deutlich höhere Inkohlung aufweist als in Sattelposition (JUCH 1991, 2000, WREDE 2000). Nur am NW-Rand des Ruhrkarbons, wo der Inkohlungsgrad eines Flözes weitgehend unabhängig von der variablen Tiefenlage des Flözes nach der Gebirgsfaltung ist, lässt sich ein (präorogener) Abschluss der Inkohlung vor der Gebirgsfaltung feststellen. Dies wird darauf zurückgeführt, dass dort die Faltung erst sehr spät einsetzte und das Gebirge dann so schnell gehoben wurde, dass die zur Inkohlung erforderlichen Temperaturen rasch unterschritten wurden. Hinweise auf eine nach der Gebirgsbildung stattfindende „Nachinkohlung“ liegen v. a. für den Ostrand des Ruhrkarbons vor (JUCH 1991, 2000, vgl. TEICHMÜLLER & TEICHMÜLLER 1979).

Aufgrund der späteren Hebung und Abtragung liegen die Flöze heute in geringeren Tiefen und streichen im südlichen Ruhrgebiet an der Geländeoberfläche aus. Bereits in der auf das Karbon folgenden Zeit des Perms wurden im Ruhrgebiet ca. 2,2–3,5 km des überlagernden Gebirges abgetragen. Die Abtragungsbeträge nehmen nach Süden hin zu, da hier die Gebirgshebung am stärksten ausfiel (LITTKE & al. 1994). Hierdurch erklärt sich auch, warum im Süden des Reviers heute die ältesten Schichten zu Tage treten.

5 Steinkohle und Flöze im Ruhrkarbon

Die flözführenden Schichten haben eine Gesamtmächtigkeit von ca. 3500 m (BACHMANN & al. 1971, WREDE 2005). Mächtigkeit, Reinheit und damit auch die Bauwürdigkeit der einzelnen Flöze unterliegen räumlichen Schwankungen. Häufig kommt es zu Aufspaltungen und Wiedervereinigungen der Flöze (Abb. 6). Viele Flöze treten als Flözgruppen auf, in denen mehrere Einzelflöze in meist variabler Anzahl übereinander auftreten. Eine konkrete Angabe zur Gesamtzahl an Flözen ist daher kaum möglich. HESEMANN (1975) gibt ihre Zahl mit mindestens 180 an, DROZDZEWSKI & KOETTER (2008) zählen im Ruhrkarbon über 300 Flöze. Eine Übersicht über die Flöze des Ruhrkarbons liefert Abb. 7. Hierbei ist zu beachten, dass viele Flöze in Flözgruppen auftreten, was durch die nachgestellten Zahlen berücksichtigt wird. Auch bei den „Buchstaben-Flözen“ A–Z sowie den darüber liegenden Flözen des

Westfal C, die in alphabetischer Reihenfolge Namen aus der deutschen Mythologie und Sagenwelt erhalten haben (OBERSTE-BRINK & BÄRTLING 1930), handelt es sich zumeist um Gruppen von zwei oder mehreren Einzelflözen (WREDE 2000).

Berücksichtigt man nur die (früher) bauwürdigen Flöze mit einer Mächtigkeit von mindestens 50 cm, verringert sich die Zahl auf 57 (KUKUK 1938) mit einer Gesamtmächtigkeit von ca. 60 m (STAHL 1949). Die maximale Mächtigkeit der Flöze beträgt etwa 2,8 m. Vereinzelt festgestellte größere Mächtigkeiten gehen auf lokale Flözscharungen und tektonisch bedingte Anschwellungen zurück (KUKUK 1938). So liegen beispielsweise auf der Zeche Prosper Haniel die Flöze Zollverein 1 und 2 zusammen und bilden so das mit bis zu 4,65 m außergewöhnlich mächtige Flöz Zollverein 1/2 (SCHMIDT & BARTH 2015). Auf der Zeche Sachsen in Hamm wird durch die Scharung der Flöze Wilhelm 1 und 2 sowie Johann eine Rekordmächtigkeit von 6 m erreicht (WREDE 2005).

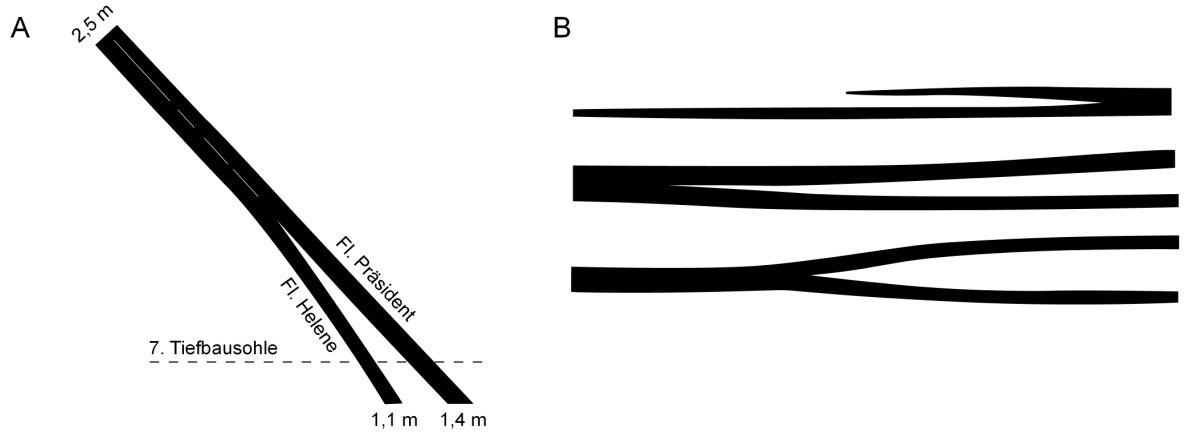

Abb. 6: (A) Scharung der Flöze Präsident und Helene auf Zeche Pluto (nach KUKUK 1938: 195); (B) Schematische Darstellung zum Einfluss von Flözaufspaltungen und -scharungen auf die Anzahl der Flöze (T. KASIELKE).

Der mittlere Kohlegehalt an der Gesamtschichtmächtigkeit beträgt ca. 3 %. Er variiert nicht nur zwischen den Formationen, sondern auch innerhalb dieser (Tab. 1). So lässt sich für den Abschnitt von den Sprockhövel-Schichten zu den Essen-Schichten nicht nur eine Abnahme der Schichtmächtigkeit von SO nach NW feststellen, sondern auch eine deutliche Reduktion des Kohleinhalts. In den Bochum-Schichten fällt dieser beispielsweise von über 45 m (= 6 %) im Raum Dortmund auf etwa 15 m (2 %) im Raum Wesel-Dorsten. In den Oberen Bochum-Schichten sind im NW 14 Flöze ausgebildet, während sich ihre Zahl bedingt durch vermehrte Flözaufspaltungen im SO auf 35 erhöht (DROZDZEWSKI 2005).

Bei den Ruhrkohlen handelt es sich überwiegend um Streifenkohle (Abb. 8), die aus einem Wechsel dünner Lagen von (Halb-) Glanzkohle und Mattkohle mit vereinzelten Lagen Faserkohle besteht. Untergeordnet und meist im Hangenden der Streifenkohle kommt auch die makroskopisch schichtungslose Kännelkohle vor (STAHL 1949, HESEMANN 1975). Übergänge zwischen den Boghead- und Kännelkohlen sind nicht selten, während echte Boghead-Kohlen die Ausnahme darstellen (KUKUK 1938). Dass diese Sapropelkohlen nur über relativ geringe Distanzen aushalten und dann in andere Kohletypen übergehen, lässt sich mit der begrenzten Größe der damaligen Moorseen erklären.

Eine Besonderheit von großer stratigraphischer Bedeutung stellen die sog. Kaolin-Kohlentonsteine innerhalb der Flöze dar. Hierbei handelt es sich um Millimeter bis Zentimeter dicke vulkanische Aschelagen, die von Vulkanausbrüchen aus dem Hinterland stammen. Sie stellen ausgezeichnete Zeitmarken und Leithorizonte innerhalb der flözführenden

Schichten dar. Einzelne Aschenlagen finden sich wie im Fall von Flöz Zollverein 8 teils innerhalb des Flözes, teils mehrere Meter darunter. Dies belegt, dass ein einzelnes Kohleflöz nicht an allen Stellen gleichzeitig gebildet wurde (BURGER 1996, BURGER & al. 2005, DROZDZEWSKI 2005).

In den Abb. 9–21 sind einige der heute vorhandenen Flözaufschlüsse fotografisch dokumentiert. Neben den autochthonen Flözen, die aus in situ gebildeter organischer Substanz entstanden sind und (im Fall der Humuskohlen) am unterlagernden Wurzelboden eindeutig als solche zu erkennen sind, tritt Steinkohle auch in Sandsteinen in Form von verkohlten Driftholzlagen (fossiles Treibholz) auf (Abb. 21–22).

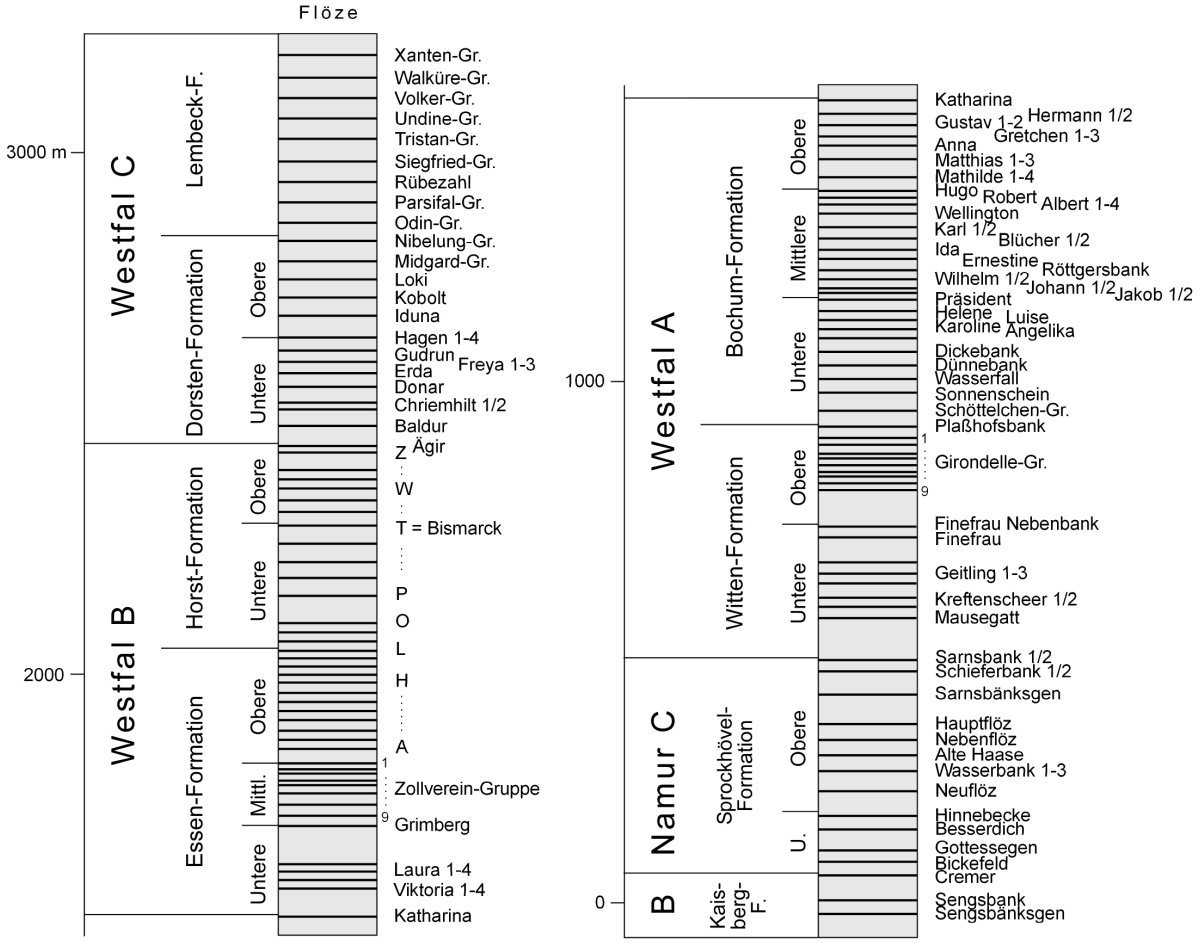

Abb. 7: Die Flöze des Ruhrkarbons (T. KASIELKE nach STAHL 1949, HESEMANN 1975, STREHLAU 1990, JANSEN 1995, DROZDZEWSKI 2005, WREDE 2005).

Abb. 8: Streifenkohle aus dem Bergwerk Hugo in Gelsenkirchen (T. KASIELKE).

Abb. 9: Flöz Wasserfall auf dem Gelände der ehem. Zeche Dahlhauser Tiefbau in Bochum-Dahlhausen (T. KASIELKE).

Abb. 10: Flöz Neuflöz Oberbank im ehemaligen Steinbruch Mitzwinkel bei Essen-Kettwig (T. KASIELKE).

Abb. 11: Flöz Dünnebank im Aufschluss an der Kampmannbrücke in Essen (T. KASIELKE).

Abb. 12: Flöz Besserdich in einem Steinbruch in Wetter-Albringhausen (T. KASIELKE).

Abb. 13: Flöz Schieferbank im Löwental, Essen-Werden (T. KASIELKE).

Abb. 14: Verfüllter Abbauhohlraum im Flöz Finefrau-Nebenbank im Steinbruch der ehemaligen Zeche Klosterbusch in Bochum (T. KASIELKE).

Abb. 15: Flöz Wasserbank im Steinbruch Rauen bei Witten. Der obere Teil wurde abgebaut und der Hohlraum verfüllt (T. KASIELKE).

Abb. 16: Flöz Wasserbank im ehemaligen Steinbruch Mitzwinkel bei Essen-Kettwig (T. KASIELKE).

Abb. 17: Flöz der Girondelle-Gruppe am Kemnader See in Bochum (T. KASIELKE).

Abb. 18: Flöz Geitling 2 im Steinbruch der ehemaligen Zeche Klosterbusch in Bochum (T. KASIELKE).

Abb. 19: Flöz der Schöttelchen-Gruppe auf dem Gelände der Ruhr-Universität Bochum (T. KASIELKE).

Abb. 20: Flöz Neuflöz im Steinbruch Rauen bei Witten (T. KASIELKE).

Abb. 21: Flöz Wasserbank an der Isenbergstraße in Hattingen (T. GREILICH).

Abb. 22: Driftholzlage (Flöz Sandflöz) im Steinbruch Rauen bei Witten (T. KASIELKE).

Abb. 23: Driftholzlage im Wasserbanksandstein, ehemaliger Steinbruch Mitzwinkel bei Essen-Kettwig (T. KASIELKE).

Literatur

ANONYMUS 1984: Ruhrkohlen Handbuch, 6. Aufl. – Essen.

BACHMANN, M., MICHELAU, P. & RABITZ, A. 1971: Das Rhein-Ruhr-Revier. (a) Stratigraphie. – Fortschr. Geol. Rheinl. u. Westf. 19: 19–34.

BURGER, K. 1996: Kohlentonsteine – pyroklastische Zeitmarken im Ruhroberkarbon. – Geol. Jb., A 144: 137–136.

BURGER, K., BIEG, G. & PFISTERER, W. 2005: Klassische und primitive Kaolin-Kohlentonsteine im Ruhrkarbon. – In: DEUTSCHE STRATIGRAPHISCHE KOMMISSION (Hrsg.): Stratigraphie von Deutschland V – Das Oberkarbon (Pennsylvanium) in Deutschland. Stuttgart. – Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg 254: 169–178.

COHEN, K. M., FINNEY, S. C., GIBBARD, G. L. & FAN, J.-X. 2013 (updated 2018): The ICS International Chronostratigraphic Chart. Episodes 36: 199–204. http://www.stratigraphy.org/ICSchart/ChronostratChart2018-08.jpg [26.11.2018].

DROZDZEWSKI, G. 2005: Zur sedimentären Entwicklung des Subvariscikums im Namurium und Westfalium Nordwestdeutschlands. – In: DEUTSCHE STRATIGRAPHISCHE KOMMISSION (Hrsg.): Stratigraphie von Deutschland V – Das Oberkarbon (Pennsylvanium) in Deutschland. Stuttgart. – Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg 254: 271–325.

DROZDZEWSKI, G. & KOETTER, G. 2008: Geologie und Bergbau im südlichen Ruhrgebiet: das Muttental bei Witten (Exkursion I am 28. März 2008). – In: KIRNBAUER, T., ROSENDAHL, W. & WREDE, V. (Hrsg.): Geologische Exkursionen in den Nationalen GeoPark Ruhrgebiet. – Essen: 287–316.

DSK (DEUTSCHE STRATIGRAPHISCHE KOMMISSION) 2016: Stratigraphische Tabelle von Deutschland 2016. – Potsdam.

HESEMANN, J. 1975: Geologie Nordrhein-Westfalens. – Bochumer Geogr. Arb., Sonderreihe Bd. 2. – Paderborn.

HUTTON, A., BHARATI, S. & ROBL, T. 1994: Chemical and Petrographic Classification of Kerogen/Macerals. – Energy & Fuels 8(6): 1478–1488.

JANSEN, F. 1995: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Nordrhein-Westfalen 1:25.000, Blatt 4406 Dorsten, 2. Aufl. – Krefeld.

JUCH, D. 1991: Das Inkohlungsbild des Ruhrkarbons – Ergebnisse einer Übersichtsauswertung. – Glückauf-Forsch.-H. 52(1): 37–47.

JUCH, D. 2000: Eine neue Deutung syntektonischer Inkohlungskompontenen des Ruhrkarbons. – Glückauf 61(1): 27–34.

KASIELKE, T. 2016: Geologie und Reliefentwicklung im Raum Bochum. – Jahrb. Bochumer Bot. Ver. 7: 37–58.

KILLOPS, S. D. & KILLOPS, V. J. 1997: Einführung in die organische Geochemie. – Stuttgart.

KUKUK, P. 1938: Geologie des Niederrheinisch-Westfälischen Steinkohlengebietes. – Berlin.

LITTKE, R., BÜKER, C., LÜCKGE, A., SACHSENHOFER, R. F. & WELTE, D. H. 1994: A new evaluation of palaeo-heat flows and eroded thicknesses for the Carboniferous Ruhr basin, western Germany. – Int. J. Coal Geol. 26: 155–183.

LUBIENSKI, M. 2013: Fossile Pflanzen aus dem Oberkarbon bei Albringhausen (Wetter, Ennepe-Ruhr-Kreis, Nordrhein-Westfalen). – Jahrb. Bochumer Bot. Ver. 4: 15–36.

OBERSTE-BRINK, K. & BÄRTLING, R. 1930: Die Gliederung des Karbonprofils und die einheitliche Flözbenennung im Ruhrkohlenbecken. – Glückauf 66(28): 921–933.

O´KEEFE, J. M. K., BECHTEL, A., CHRISTANIS, K., DAI, S., DIMICHELE, W. A., EBLE, C. F., ESTERLE, J. S., MASTALERZ, M., RAYMOND, A. L., VALENTIM, B. V., WAGNER, N. J., WARD, C. R. & HOWE, J. C. 2013: On the fundamental difference between coal rank and coal type. – Int. J. Coal Geol. 118: 58–87.

PALÄONTOLOGISCHE GESELLSCHAFT 2018: Fossil des Jahres 2018 – *Lepidodendron*. o. O. [Faltblatt].

SCHMIDT, R. & BARTH, U. 2015: Planning and excavation of a special-profile, deep-level face start-up road at Prosper-Haniel colliery. – Mining Report 151(2): 120–128.

SCOTT, A. C. 2002: Coal petrology and the origin of coal macerals: a way ahead? – Int. J. Coal Geol. 50: 119–134.

STACH, E. & ZERNDT, J. 1931: Die Sporen in den Fall-, Gasflamm- und Gaskohlen des Ruhrkarbons. – Glückauf, 67(35): 1118–1124.

STAHL, A. 1949: Erläuterungen zur Geologischen Karte des Rheinisch-Westfälischen Steinkohlengebietes. – Bielefeld.

STOPES, M. C. 1935: On the petrology of banded bituminous coals. – Fuel 14: 4–13.

STREHLAU, K. 1990: Facies and genesis of Carboniferous coal seams of Northwest Germany. – Int. J. Coal Geol. 15: 245–292.

SÜSS, M. P. 2005: Zyklotheme, Zyklen und Sequenzen – Steuernde Faktoren der Sedimentation im Ruhr-Becken. – In: DEUTSCHE STRATIGRAPHISCHE KOMMISSION (Hrsg.): Stratigraphie von Deutschland V – Das Oberkarbon (Pennsylvanium) in Deutschland. Stuttgart. – Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg 254: 161–168.

TAYLOR, G. H., TEICHMÜLLER, M., DAVIS, A., DIESSEL, C. F. K., LITTKE, R. & ROBERT, P. 1998: Organic Petrology. – Berlin & Stuttgart.

TEICHMÜLLER, R. 1962: Zusammenfassende Bemerkungen über die Diagenese des Ruhrkarbons und ihre Ursachen. – Fortschr. Geol. Rheinl. u. Westf. 3: 725–734.

TEICHMÜLLER, M. 1989: The genesis of coal from the viewpoint of coal petrology. – Int. J. Coal Geol. 12: 1–87.

TEICHMÜLLER, M. & TEICHMÜLLER, R. 1979: Diagenesis of Coal (Coalification). – In: LARSEN, G. & CHILINGAR, G. V. (Hrsg.): Diagenesis in Sediments and Sedimentary Rocks. – Developments in Sedimentology 25(A): 207–246.

THOMAS, L. 2013: Coal Geology, 2. Aufl. – Chichester.

WREDE, V. 2000: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Nordrhein-Westfalen 1:25.000, Blatt 4407 Bottrop, 2. Aufl. – Krefeld.

WREDE, V. 2005: Das Oberkarbon (Silesium) am Nordrand des rechtsrheinischen Schiefergebirges (Ruhrkarbon). – In: DEUTSCHE STRATIGRAPHISCHE KOMMISSION (Hrsg.): Stratigraphie von Deutschland V – Das Oberkarbon (Pennsylvanium) in Deutschland. Stuttgart. – Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg 254: 225–253.

Danksagung

Herrn Dr. DIERK JUCH danke ich herzlich für konstruktive Anmerkungen zum Manuskript und Literaturhinweise. Für die Bereitstellung des Fotos von Flöz Wasserbank sei TOBIAS GREILICH gedankt.