

**Kleine
Naturwissenschaftliche
Bibliothek**



LEIPZIG



PÄTZ /RASCHER /SEIFERT

**Kohle – ein Kapitel
aus dem Tagebuch der Erde**

Stratigraphische Zeitskala

Gruppe	System	Abteilung	Beginn Mill. Jahre
Känozoikum (Erdneuzeit)	Quartär	Holozän	
		Pleistozän	1,5
	Tertiär	Jungtertiär	
		Alttertiär	66
Mesozoikum (Erdmittelzeit)	Kreide	Oberkreide	
		Unterkreide	137
	Jura	Malm	
		Dogger	
		Lias	195
	Trias	Keuper	
		Muschelkalk	
		Buntsandstein	235
Paläozoikum (Erdaltzeit)	Perm	Zechstein	
		Rotliegendes	285
	Karbon	Oberkarbon	
		Unterkarbon	350
		Oberdevon	
		Mitteldevon	
	Devon	Unterdevon	405
		Obersilur	
		Untersilur	440
	Silur	Oberordovizium	
		Unterordovizium	500
Präkambrium (Erdfrühzeit)	Proterozoikum	Oberkambrium	
		Mittelkambrium	
		Unterkambrium	570
Präkambrium (Erdfrühzeit)	Archaikum		2000
			2800
			4500

Kohle – ein Kapitel aus dem Tagebuch der Erde

H. PÄTZ, J. RASCHER und A. SEIFERT

Mit 66 Abbildungen



LEIPZIG

**BSB B. G. Teubner Verlagsgesellschaft
Leipzig 1986**

Autoren:

Doz. Dr. sc. nat. Herbert Pätz
Bergakademie Freiberg

Dr. rer. nat. Jochen Rascher

Dr. rer. nat. Andreas Seifert

VEB Geologische Forschung
und Erkundung Freiberg



Pätz, Herbert:

Kohle – ein Kapitel aus dem Tagebuch der Erde / H. Pätz,

J. Rascher, A. Seifert. – 1. Aufl. – Leipzig: BSB

Teubner, 1986. – 152 S.: 66 Abb., 23 Tab.

(Kleine Naturwissenschaftliche Bibliothek; 58)

NE: Rascher, Jochen;; Seifert, Andreas;; GT



ISBN 3-322-00320-5

© BSB B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig, 1986

1. Auflage

VLN 294-375/81/86 · LSV 1419

Lektor: Dipl.-Met. Christine Dietrich

Printed in the German Democratic Republic

Gesamtherstellung: INTERDRUCK Graphischer Großbetrieb

Leipzig, Betrieb der ausgezeichneten Qualitätsarbeit, III/18/97

Bestell-Nr. 666 270 4

00880

Vorwort

Kohlen sind gegenwärtig und in den folgenden Jahrzehnten geschätzter Brennstoff und unentbehrlicher Rohstoff zugleich. Im Weltmaßstab ist vor allem die Steinkohle von großem wirtschaftlichem Interesse. In einigen Ländern spielt aber auch Braunkohle eine wesentliche Rolle.

So ist für die Volkswirtschaft der DDR die Braunkohle als Hauptenergieträger die entscheidende Grundlage, denn über 75 % des Primärenergiebedarfs der DDR werden durch sie abgedeckt. Die geförderte Braunkohle wird dementsprechend überwiegend zur Elektroenergiegewinnung in Großkraftwerken eingesetzt. Sie dient weiterhin in Form von Briketts oder Braunkohlenhochtemperatur-(BHT-) Koks der Wärmeerzeugung in Industrie und Haushalt. Darüber hinaus werden annähernd 10 % der gewonnenen Braunkohle der chemischen Industrie für die Herstellung von Stadtgas, Benzin, Ölen, Rohmontanwachs und verschiedenen Teerprodukten zugeführt.

Neben der großen Bedeutung als Energieträger und Rohstoff ist die Kohle ein wichtiger Anzeiger für geologische Vorgänge und Prozesse bei der Entwicklung der Erdkruste. Gerade die organischen Gesteine reagieren auf bestimmte geologische Bedingungen, wie Druck- und Temperaturänderungen, sehr empfindlich. Wenn man die Gesteinsschichten unseres Planeten als die Seiten eines Tagebuches der geologischen Geschichte bezeichnet, so stellen die Kohlenschichten darin eine Art „geologisches Le-sezeichen“ dar.

Die festen fossilen organischen Stoffe unserer Erde treten in mannigfaltiger Form auf. Außer Kohle kennen wir Torf, Brennschiefer, fein verteilte organische Substanzen in tonigen und sandigen Gesteinen sowie die festen bis halbfesten Erdölbitumina.

Wir beschränken uns jedoch auf die Kohle und schlagen in der vorliegenden Broschüre einige Seiten aus dem Kapitel „Kohle“ des Tagebuches der Erde auf. Uns interessieren die Veränderungen der organischen Substanz im Laufe vieler Jahrmillionen unter dem Einfluß geologischer Vorgänge, die damit im Zusammenhang stehenden Eigenschaften der Kohlen, die Erhaltung und Zerstörung von Kohlenschichten, die Gewinnung der Koh-

len aus dem Schoß der Erde und die damit verbundene Veränderung des Antlitzes unseres Planeten durch den Menschen. Möge das Büchlein helfen, den Nichtfachmann auf das Gestein Kohle aufmerksam zu machen, die Kenntnisse des naturwissenschaftlich Interessierten über Braun- und Steinkohlen zu erweitern und dem Lernenden eine Unterstützung zu sein.

Freiberg, den 1. März 1986

H. Pätz
J. Rascher
A. Seifert

Inhalt

- 1. Kalenderblätter aus der Geschichte der Kohle**
 - 1.1. Wissenswertes über die Geschichte der Kohlennutzung 8
 - 1.2. Die Kohlen im Lichte von Wissenschaft und Technik 11
 - 1.3. Der Internationale Kongreß für Karbonstratigraphie und -geologie (Karbonkongreß) 13
- 2. Rohstofflieferant Pflanze – das Ausgangsmaterial der Kohlen**
 - 2.1. Pflanzengeschichte aus Jahrmlionen 13
 - 2.2. Gespeicherte Lebenskraft der Sonne 17
 - 2.3. Bausteine der Pflanzen 18
- 3. Moore der Urzeit – die Bildungsstätten der Kohlen**
 - 3.1. Ein kurzes Kapitel Moorkunde 20
 - 3.2. „Kohlenmoore“ der geologischen Vergangenheit 24
- 4. Von der Pflanze zum Gestein – die Entwicklungsreihe der Kohlen**
 - 4.1. Biochemische Inkohlungsphase 26
 - 4.2. Geochemische Inkohlungsphase 27
 - 4.3. Kohlenarten – Produkte der Inkohlung 28
 - 4.4. Unterscheidung der Kohlenarten 32
- 5. Geologische Kräfte bilden und zerstören Gesteinsablagerungen – der geologische Rahmen für die Entstehung der Kohlen**
 - 5.1. Geologische Bedingungen für die Entstehung von Kohlenflözen 33
 - 5.2. Regionalgeologische Situation und Anlage von Kohlenbeken 35
 - 5.3. Zur Ausbildung kohlenführender Formationen 39
 - 5.4. Lokale Tektonik und Kohlenlagerstättenbildung 42
 - 5.5. Zerstörung der Kohlenflöze und -lagerstätten 46
- 6. Brennendes Gestein – die Eigenschaften und Verwendung der Kohlen**
 - 6.1. Petrographische Zusammensetzung der Kohlen 52
 - 6.1.1. Makropetrographie der Kohlen 52
 - 6.1.2. Makropetrographie der Kohlenflöze 54
 - 6.1.3. Mikropetrographie der Kohlen 57

- 6.1.4. Inkohlung im Mikrobild – das Reflexionsvermögen des Vitri-
nits 64
- 6.2. Chemische Eigenschaften der Kohlen 66
- 6.2.1. Wassergehalt 67
- 6.2.2. Anorganische Substanz 67
- 6.2.3. Organische Substanz 69
- 6.3. Physikalische Eigenschaften der Kohlen 71
- 6.4. Zur Veredlung der Kohlen 73

7. Kohlenvorkommen der Erde

- 7.1. Wie lange reichen die Kohlenvorräte? 77
- 7.2. Kohlenvorkommen in Raum und Zeit 81
- 7.3. Wichtige Kohlenreviere der Welt 86
- 7.3.1. Kohlenvorkommen der UdSSR 86
- 7.3.2. Kohlenvorkommen der USA und Kanadas 94
- 7.3.3. Kohlenvorkommen Chinas 98
- 7.3.4. Kohlenvorkommen Australiens und Tasmaniens 100
- 7.3.5. Kohlenvorkommen der Bundesrepublik Deutschland 102
- 7.3.6. Kohlenvorkommen Großbritanniens 109
- 7.3.7. Kohlenvorkommen Polens 111
- 7.3.8. Kohlenvorkommen Indiens 113
- 7.3.9. Kohlenvorkommen der ČSSR 114
- 7.3.10. Kohlenvorkommen der DDR 116

8. Rohstoff aus dem Schoß der Erde – Erkundung und Abbau von Kohlenlagerstätten

- 8.1. Kohlenerkundung 123
- 8.2. Abbau der Kohlenlagerstätten 130
- 8.3. Die Kohलगewinnung im Spiegel der Weltbergbaukon-
gresses 134

9. Kulturlandschaften folgen dem Tagebau

- 9.1. Futter und Getreide von Kippen und Halden 142
- 9.2. „Grüne Lungen“ auf den Kippen 143
- 9.3. Baden nicht verboten 144
- 9.4. Braunkohlentagebaue in der Landschaft der Zukunft 145

10. Schwarzes Gold mit lichter Zukunft

Fachworterklärungen

Weiterführende Literatur

Der ist der Herr der Erde,
Der ihre Tiefen mißt
Und jeglicher Beschwerde
In ihrem Schoß vergißt;

Wer ihrer Felsenglieder
Geheimen Bau versteht
Und unverdrossen nieder
Zu ihrer Werkstatt geht.

Er ist mit ihr verbündet
Und inniglich vertraut
Und wird von ihr entzündet,
Als wär sie seine Braut.

Friedrich von Hardenberg
(Novalis)
Bergmannslied 1802

1. Kalenderblätter aus der Geschichte der Kohle

1.1. Wissenswertes über die Geschichte der Kohlenutzung

In seiner Schrift „Von den Steinen“ berichtet der griechische Philosoph Theophrastos aus Eresos (372–288 v. u. Z.) erstmals über die Verwendung der Kohlen als Brennmaterial. Auszugsweise heißt es darin: „Unter den zerbrechlichen Steinen gibt es einige, die, wenn man sie ins Feuer bringt, wie angezündete Kohlen ($\hat{=}$ Holzkohle, d. A.) werden und lange so verbleiben ...“. Obwohl zwischen 1000 und 1280 bei Zwickau, Lüttich, Kerkrade, St. Etienne, Sheffield, Newcastle, in Wales und an anderen Stätten bereits Steinkohlen gefördert und zur Metallerzeugung bzw. -verarbeitung verwendet wurden, gibt es aus dieser Zeit keine schriftlichen Belege über die Kohlen. Nach seiner Ostasienreise (1271–1295) erwähnt der berühmte Reisende Marco Polo die Kohlen. Er berichtet, daß in Cathai ($\hat{=}$ China) schwarze Steine aus den Bergen gegraben werden, die im Feuer wie Holz brennen. Am Abend angezündet, halten sie das Feuer die Nacht hindurch. Deshalb gebrauchte man diese Steine häufig. Die Kunde von schwarzen, brennbaren Steinen, die man in China seit alten Zeiten zu nutzen verstehe, hielten Marco Polos ungläubige Landsleute für ein allzu tolles Stück Seemannsgarn. So waren es wohl zwei Gründe, die nach Marco Polos Reise den massenhaften Verbrauch von Kohlen jahrhundertlang einschränkten: zum einen die lange Unkenntnis der Entstehung und damit verbunden ein nur ungenügendes Wissen über das natürliche Auftreten der Kohlen, andererseits die bis in die Mitte des 18. Jahrhunderts hinreichende „Holzkohletechnik“ in der Eisenindustrie. Von allen Kohlenarten kamen für einen direkten Einsatz zur Feuerung nur die festen Steinkohlen und ihnen ähnliche Braunkohlenarten in Betracht. Man gab jedoch in dieser Zeit dem noch reichlich vorhandenen Holz und der Holzkohle den Vorzug, zumal die Rauchgase der Kohle als Ursache ansteckender Krankheiten angesehen wurden. Mit der sprunghaften Entwicklung der Industrie im 18. Jahrhundert zwang aber der immer fühlbarere Mangel an Holz dazu, das tief eingewurzelte Mißtrauen gegenüber den brennbaren, schwarzen Steinen zu überwinden. Seit 1840 stieg die jährliche Steinkohlenförderung enorm an. Außer der allgemeinen Eisenerzeugung waren es vor allem die Entwicklung

des Eisenbahnwesens und der Schifffahrt, die den Steinkohlenverbrauch rapide in die Höhe trieben. Mit der Entwicklung der chemischen Industrie, speziell der Anilingerwinning aus Steinkohlenteer zur Herstellung von Farben, verbindet sich ein weiterer Förderanstieg. Als Brennstoff und chemischer Rohstoff erlangten auch die Braunkohlen seit dem 19. Jahrhundert zunehmende Bedeutung.

Eine chronologische Übersicht der Stein- und Braunkohlenverwendung vermittelt die nachstehende Tab. 1.

Tabelle 1. Nutzung der Kohlen

Steinkohlen		Braunkohlen	
Antike	in Griechenland Kohlen beim Schmieden		
1100	Steinkohlenbergbau in England		
12. Jh.	Metallindustrie in Westeuropa		
13. Jh.	Heizmaterial in China	1382	Braunkohlenbergbau in der Dölauer Heide bei Halle
15. bis 17. Jh.	Ersatzbrennstoff für Holz beim Schmieden und Ofenheizen	seit dem 16. Jh.	oberbayrische Pechkohle für Heiz- zwecke
1585	Kohleneinsatz bei der Kupfergewinnung	1549	Aufschluß des Köl- ner Reviers
		1580	Abbau am Hohen Meißner bei Kassel (Westerwald)
1619	Eisenverhüttung mit Steinkohle		
1700	Beheizen von Gieße- reiflammöfen	17. Jh.	Kohle von Meuselwitz bei Altenburg zur Schwefelgewinnung genutzt
1782	Dampfmaschine		
		18. Jh.	Braunkohlenfeuerung in Salinen
seit 19. Jh.	durchgängige Rohei- senproduktion in Europa auf Steinkohlen- basis		

Fortsetzung Tabelle 1.

Steinkohlen		Braunkohlen	
Anfang 19. Jh.	Gaserzeugung für Leuchtzwecke		
1833	Entdeckung des Anilins in der Kohle (Ausgangprodukt für Farbherstellung)	1830	Braunkohle als Brennstoff in der Zuckerindustrie
1835	erste Lokomotive auf dem europäischen Kontinent (Koks für Feuerung und Schienenherstellung)		
1840	Teer als Grundstoff für Dachpappenproduktion	1841	Vergasungsversuche mit Braunkohlen
1849	1. Kokshochofen im Ruhrgebiet	1846	Verschmelzungsexperimente mit Braunkohlen
Mitte 19. Jh.	Benzolgewinnung		
1857	industrielle Anilinfarbenherstellung	1856	1. Strangbrikettierung im Raum Halle (Bruckdorf)
1862	Steinkohlenbrikettierung in Zwickau	1858	Brikettierung im Raum Leipzig
		1880	industrielle Verschmelzung
		1882	Elektrokraftwerk
		1897	1. Versuch zur Montanwachsgewinnung
1910	Benzol als Motortreibstoff	1905	industrielle Extraktion z. Montanwachsherstellung
		1913	Großkraftwerk, Benzingewinnung durch Druckhydrierung (Bergius-Verfahren – seit 1927 in den Leunawerken produktionsreif)
		1925	Benzinsynthese nach dem Fischer-Tropsch-Verfahren (Normaldruckverfahren)

Steinkohlen	Braunkohlen
	1950 Braunkohlenhochtemperatur-(BHT-)Koks Kohlenstaubanwendung für Heizung und Chemie
	1980 Hochdruckvergasung

1.2. Die Kohlen im Lichte von Wissenschaft und Technik

Am 25. Januar 1894 schrieb Friedrich Engels an Walter Borgius, Doktor der Philosophie, einen Brief, um auf einige von Borgius gestellte ökonomische Fragen zu antworten. In diesem Brief heißt es an einer Stelle über das Verhältnis von Technik und Wissenschaft wie folgt:

„Wenn die Technik, wie Sie sagen, ja größtenteils vom Stande der Wissenschaft abhängig ist, so noch weit mehr diese vom Stand und den Bedürfnissen der Technik. Hat die Gesellschaft ein technisches Bedürfnis, so hilft das der Wissenschaft mehr voran als zehn Universitäten.“

Die Nutzung der Kohlen als ein Bedürfnis der Technik kann hierfür als beredtes Zeugnis herangezogen werden. So hat man zuerst die Steinkohlen in der Bunt- und Schwarzmetallurgie industriell eingesetzt, ohne die Entstehung der Kohlen selbst richtig erklären zu können.

Um Steinkohlen besser verwenden zu können, untersuchte man ihre Eigenschaften außerordentlich aufmerksam. 1778 war es der Hildesheimer Abt Franz von Beroldingen, der eine begründete Theorie der pflanzlichen Herkunft der Kohlen und ihrer Entstehung in Mooren entwickelte und vertrat. Schon damals erklärte Beroldingen, daß aus Torf die Braunkohle und aus dieser die Steinkohle entstanden sei. Die Geologie der Kohlen entwickelte sich ungeachtet dieser fundamentalen Erkenntnis im wesentlichen über die Nutzung der Steinkohlen. Schon seit 1831 wird die Mikroskopie von Steinkohlen betrieben. Demgegenüber blieb die systematische kohlengeologische Untersuchung der Braunkohlen erst dem 20. Jahrhundert vorbehalten. Eigentlich hätte die Entwicklung der wissenschaftlichen Methoden umgekehrt verlaufen müssen: ausgehend von den Pflanzen, die Torf- und Braunkohlenbildung erklärend, bis hin zur Steinkoh-

lenentstehung. Das technische und somit wissenschaftliche Interesse in dieser Anfangsphase der Kohlegeologie war jedoch vorrangig auf Steinkohlen ausgerichtet.

Die gegenwärtige Kohlegeologie ist eine Spezialdisziplin der Geologie. Sie erlangte ihre Selbständigkeit als Wissenschaft in der ersten Hälfte unseres Jahrhunderts. Diese Wissenschaft befaßt sich mit der Entstehung, den Bildungsbedingungen, dem stofflichen Bestand, der Einteilung (Systematik) und Nutzung der Kohlen sowie der Bildung, dem geologischen Aufbau, der regionalen Anordnung und der Gewinnung von Kohlenlagerstätten aus geologischer Sicht. Nach diesem Inhalt der Wissenschaft Kohlegeologie ist sie ein Bindeglied zwischen der Geologie im allgemeinen und der technologischen Gewinnung und Nutzung der Kohlen.

Gegenstand der Kohlegeologie sind natürlich die Kohlen selbst. Deshalb soll eingangs die Substanz „Kohle“ als Ausgangspunkt aller wissenschaftlichen Untersuchungen begrifflich bestimmt werden. Es gibt, wie bei vielen Dingen, unterschiedliche Auffassungen darüber, was unter „Kohle“ zu verstehen ist. Für unsere Zwecke erscheint die von O. Stutzer 1914 formulierte Definition besonders geeignet:

„Kohle ist ein brennbares, organogenes Gestein, welches durch Anhäufung und Zersetzung pflanzlicher Stoffe entstanden ist.“

Daß auch tierische Reste in untergeordneter Weise zur Kohlenbildung beitragen können, sei nur nebenbei erwähnt.

Unterschiedliche organische Stoffe und Einflußverhältnisse führen naturgemäß auch zu verschiedenen Produkten. Im Prozeß der allmählichen Umbildung der Pflanzensubstanzen zu Kohlen entstehen unterschiedliche Kohlenarten.

Kohlen

Humuskohlen:	Sapropelkohlen (Faulschlammkohlen):
Braunkohlen	Bogheadkohlen (Algenkohlen)
Steinkohlen	Cannelkohlen (Sporenkohlen)
Anthrazite	

Sapropelkohlen kommen gegenüber den Humuskohlen selten vor. Meist treten nur Bänke oder Lagen unterschiedlicher Mächtigkeit in den Humuskohlenflözen auf.

1.3. Der Internationale Kongreß für Karbonstratigraphie und -geologie (Karbonkongreß)

Die Entwicklung der Kohlengeologie als Wissenschaft wird seit 1927 durch den Karbonkongreß beeinflusst. Der 1. Kongreß zur Stratigraphie des Karbons wurde durch die Paläobotaniker Gothan, Jongmans und Renier 1927 nach Heerlen in Holland einberufen. Aus den Heerleener Karbonkongressen ging der Internationale Kongreß für Karbonstratigraphie und -geologie hervor. Zu Beginn der Kongreßgeschichte wurden vorwiegend stratigraphische Fragen, vor allem das Alter der Kohlen, kohlenpetrographische und kohlenogenetische Fragestellungen behandelt. Später folgten noch zusätzlich spezielle paläobotanische, sedimentologische, tektonische, paläozoologische und geochemische Problemkreise als Behandlungsgegenstände. Ebenso bedeutungsvoll wurden gemeinsame Untersuchungen des Kohlenbildungsprozesses durch Kohlen- und Erdölgeologen. Gerade die Abgabe von Gasen während der Umwandlung der Pflanzen zu Kohle hat zur Entwicklung von speziellen Theorien der Erdgasentstehung in Verbindung mit der Kohlenbildung geführt. Die Anwendung von mathematisch orientierten Untersuchungsverfahren in der Kohlengeologie bereicherte in logischer Folge das Programm der Internationalen Karbonkongresse. Über das Kongreßgeschehen vermittelt Tab. 2 einen Überblick.

2. Rohstofflieferant Pflanze – das Ausgangsmaterial der Kohlen

2.1. Pflanzengeschichte aus Jahrmillionen

Die Pflanzen sind das Ausgangsmaterial der Kohlen. Die Entstehung der Kohlen ist somit eng an die Entwicklung der Pflanzenwelt gebunden (Abb. 1, 2).

Die ältesten bisher bekannten Lebensspuren auf unserer Erde stammen aus der Erdfrühzeit (Präkambrium) und sind etwa 3,1 Mrd. Jahre alt. Diese Fossilien erinnern an Bakterien und Blaualgen. Man ordnet sie der Spaltpflanzen- und Algenzeit zu. In diesem Zeitabschnitt entstanden aus dem Bodenschlamm in offenen Gewässern bereits Sapropelkohlen.

Tabelle 2. Die Internationalen Kongresse für Karbonstratigraphie und -geologie (Karbonkongresse)

Nr. des Kongresses	Tagungsort	Zeitpunkt	Wichtigste wissenschaftliche Inhalte
1. (Tagung der Karbonstratigraphen)	Heerlen	7.–11. 6. 1927	Karbonstratigraphie, einheitliche Abgrenzung der Stufen Stefan, Westfal A-D, Namur A-C und Dinant-Visé, Alter der Steinkohlenvorkommen
2.	Heerlen	9.–12. 9. 1935	Karbonstratigraphie, Kohlenpetrographie, praktische Anwendung der Kohlenpetrographie
3.	Heerlen	25.–30. 6. 1951	Paläogeographie, Stratigraphie, Paläobotanik, Tektonik, Sedimentologie, Paläontologie, Angewandte Geologie, Geophysik
4.	Heerlen	15.–20. 9. 1958	Karbon als ein stratigraphisches System
5.	Paris	9.–12. 9. 1963	als neue Problemkreise kamen hinzu: Geochemie, Mikropaläontologie, Gaslagerstätten im Karbon
6.	Sheffield	11.–16. 9. 1967	desgl.
7.	Krefeld	22.–28. 8. 1971	Stratigraphie, Paläontologie, Paläogeographie, Petrographie
8.	Moskau	8.–13. 9. 1975	Kohlengenesse, Mineralogie und Geochemie kohleführender Schichten, Geochemie der Kohle, mathematische Methoden
9.	Urbana (Illinois, USA)	10. 5.–2. 6. 1979	desgl.
10.	Madrid	5.–10. 9. 1983	desgl.

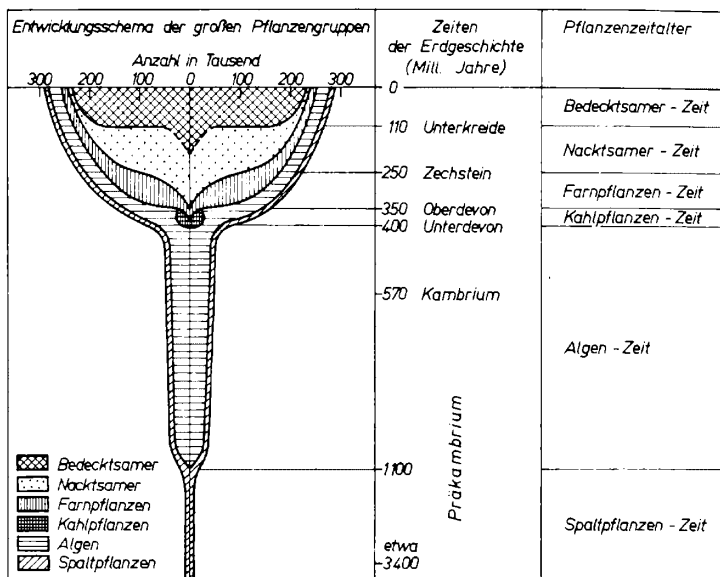
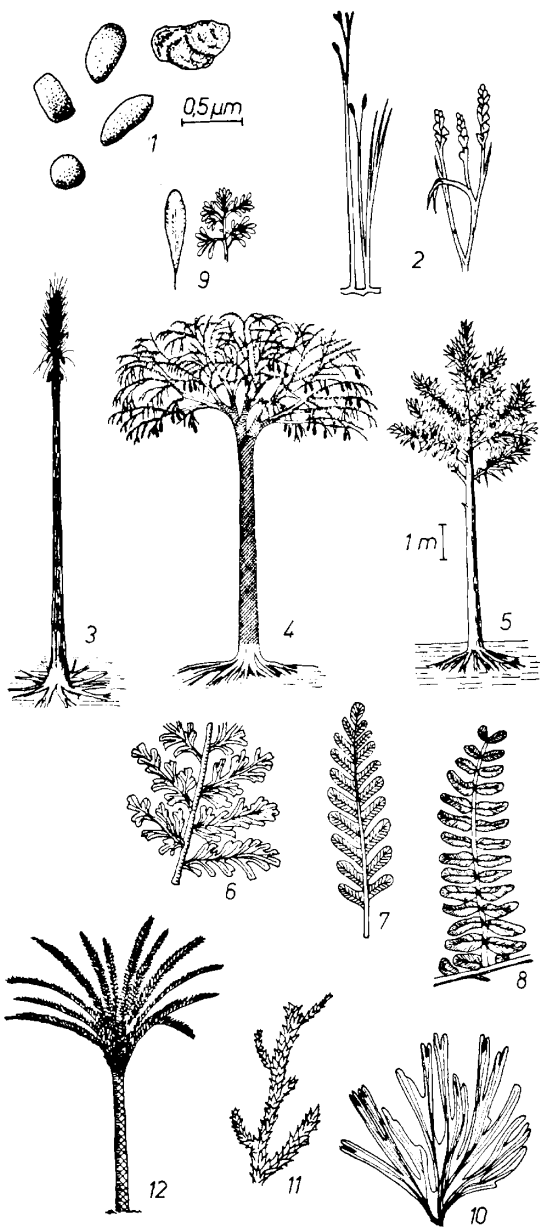


Abb. 1. Entwicklung und Zeitalter der Pflanzenwelt innerhalb der Erdschichte (nach Roselt 1980)

An der Wende Silur/Devon, vor etwa 400–370 Mill. Jahren, kam es weltweit zur Herausbildung und Entfaltung von Landpflanzen. Dieser Entwicklungsabschnitt wird als Kahlpflanzen-(Psilophyten-)zeit bezeichnet. Die Pflanzen bildeten niedrige ($< 0,5\text{ m}$), krautige Bestände am Ufer von Gewässern oder in versumpften Senken, teilweise auch im flachen Wasser. Damit ist die Ablagerung der ältesten Humuskohlen verbunden.

Die ersten Wälder mit über 30 m hohen Bäumen entwickelten sich vor etwa 345–280 Mill. Jahren im Karbon während der Farnpflanzenzeit. In einem feuchtwarmen (sub)tropischen Klima wuchsen auf feuchten Torfböden mächtige Moorwälder. Auf nassen Standorten gab es Calamiten (Schachtelhalme). Etwas trockenere Verhältnisse bevorzugten Sigillarien (Siegelbäume) und Lepidodendren (Schuppenbäume), beides Bärlappgewächse. Den trockenen Boden besiedelten die ersten Nacktsamer (Cordaiten). Als Unterholz traten krautige und strauchförmige Farnpflanzen in großer Mannigfaltigkeit auf.

Gleichzeitig mit den Karbonwäldern der Nordhemisphäre hatte sich auf der Südhalbkugel in kühlgemäßigtem Klima eine völlig



andere, artenärmere Flora, die sog. Gondwanaflora mit Sträuchern von *Glossopteris* und *Gangamopteris* (Farnsamer) als Leitformen, entwickelt.

Vom Zechstein bis in die Unterkreide, d. h. vor etwa 250–110 Mill. Jahren, wurden die Floren weltweit einheitlicher ausgebildet. In gleichmäßig feuchtwarmen Klimaten war ein Artenreichtum an Gefäßpflanzen zu verzeichnen, wobei die Nacktsamer (Gymnospermen) vorherrschten. Die Pflanzen besiedelten nun auch die trockenen Lebensräume.

In der Kreidezeit vor etwa 110 Mill. Jahren übernahmen die Bedecktsamer (Angiospermen) die Vorherrschaft und drängten die Nacktsamer und Farnpflanzen stark zurück.

Im Tertiär vor rund 60 Mill. Jahren herrschte nahezu weltweit ein (sub)tropisches Klima, so daß sich auch in Europa immergrüne tropisch-subtropische Regenwaldfloren mit Kampfer- und Zimtbäumen, Magnolien, Palmen und Farnen ansiedeln konnten. In den nördlicheren Regionen traten artenreiche sommergrüne Laub- und Nadelmischwaldfloren mit Kiefern, Fichten, Zypressen, Mammutbäumen sowie Eichen, Platanen, Ulmen, Buchen und anderen Laubbäumen auf. Die geschilderte Entwicklung der Pflanzenwelt ist in den pflanzlichen Einschlüssen der zu unterschiedlichen Zeiten entstandenen Kohlen erhalten geblieben.

2.2. Gespeicherte Lebenskraft der Sonne

„Wir bezeichnen das gesamte Irrmoor mit seinem gewaltigen Vorrat an Brenntorf als Sonnenspeicher. Ja, die heiße Sonne ist die Mutter jedes Grashalms, jeder Blume, jedes Moorstrauches und jeder Beere. Ihnen allen gab sie ihre Wärme, und wenn sie sterbend zerfielen, vererbten sie die Wärme als Düngung den

Abb. 2. 1 *Eobacterium* BARGHORN & SCHOPF aus der Fig Tree Serie des Präkambriums Südafrikas;

2 Urlandpflanzen *Rhynia* (links) und *Zosterophyllum rhenanum* (rechts);

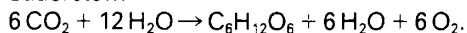
3, 4, 5 *Sigillaria*, *Lepidodendron* (Bärlappgewächse) und Cordaitenbaum;

6, 7, 8 *Sphenopteris*, *Pecopteris* und *Neuropteris*; Farne aus dem Karbon;

9 Farnsamer *Glossopteris* aus der Gondwanaflora;

10, 11, 12 nacktsamige Pflanzen des Mesozoikums: *Ginkgo* (*Baiera münsteriana*), Konifere (*Voltzia coburgensis*), Cycadeenbaum (*Williamsonia gigas*)

nach ihnen wachsenden Pflanzen ...“ Der für diese – von M. Prischwin (1945) so anschaulich geschilderten – Vorgänge und die Entstehung pflanzlicher (phytogener) Substanz überhaupt entscheidende Prozeß ist die *Photosynthese*. Die sich von anorganischen Stoffen ernährenden Pflanzen decken aus Kohlendioxid und Wasser mit Hilfe der Sonnenenergie ihren lebensnotwendigen Bedarf an Kohlenhydraten [z. B. Glukose (Traubenzucker)]. Dabei entsteht der für das tierische Leben notwendige Sauerstoff:



Die durch diesen Prozeß in der Glukose der Pflanze gespeicherte Sonnenenergie – zur Bildung von 1 Mol Glukose sind davon 2862 kJ nötig – steht der Menschheit heute als chemische Energie in den Kohlen zur Verfügung.

2.3. Bausteine der Pflanzen

Die durch die Photosynthese entstandenen organischen Grundstoffe wie Glukose und andere Kohlenhydrate können durch Polymerisation und komplizierte biosynthetische Prozesse in die eigentlichen organisch-stofflichen Pflanzenbausteine (Zellulose, Lignin, Harze, Wachse u. a.) umgewandelt werden.

Diese organisch-stofflichen Bausteine der Pflanzen sind die Ausgangssubstanzen der Kohlen. Sie lassen sich hinsichtlich ihrer genetischen Stellung zu den Kohlen in drei Gruppen einteilen: 1. Gruppe – humose Ausgangssubstanzen, 2. Gruppe – bituminöse Ausgangssubstanzen und 3. Gruppe – inerte (reaktions-träge) Ausgangssubstanzen (Tab. 3).

Die humosen Substanzen haben den größten Anteil am Aufbau der Pflanzen und bilden das Ausgangsmaterial der Humuskohlen. Neben Hemizellulose und Zellulose ist vor allem das Lignin (Holzstoff) zu nennen. Letzteres versteift die elastischen Zellulosefasern in den Zellwänden und tritt in allen verholzten Pflanzen – Bäumen, Sträuchern oder Kräutern – als vorherrschende Substanz auf.

Gerbstoffe spielen bei vielen Gewächsen als Schutz„mittel“ gegen Pilzbefall eine Rolle. Ihre Abkömmlinge konnten noch in den Kohlen nachgewiesen werden.

Die bituminösen Ausgangssubstanzen treten in sehr unterschiedlichen Mengen in den pflanzlichen Gewächsen auf.

Harze werden in Kiefern und einigen anderen Nadelbäumen reichlich produziert, Wachse u. a. in bestimmten Palmen und

Tabelle 3. Organisch-stoffliche Bausteine der Pflanzen als Ausgangssubstanzen der Kohle (nach Roselt 1978)

Eiweiß	
Pektin	
Hemizellulose	Gruppe der <i>humosen</i> Ausgangssubstanzen
Zellulose	
Lignin	
Gerbstoffe	
Alginin	
Sporenin	
Sporopollenin, Pollenin	
Kutin	
Kork (Suberin)	Gruppe der <i>bituminösen</i> Ausgangssubstanzen
Harze	
Balsam- u. Gummiharze	
Wachse	
Fette	
Öle, ätherische Öle	
Latex	
Chitin (Pilze)	Gruppe der <i>inerten</i> Ausgangssubstanzen
Holzkohle (verkohlte humose Substanz)	

Gräsern. Das Suberin ist im Korkgewebe der Pflanzen eingelagert, aus Kutin bestehen die Blattoberhäute, aus Pollenin und Sporenin setzen sich die Exine (äußere „Hüll“schicht) der Pollen und Sporen zusammen.

In den Humuskohlen besitzen die humosen Bausteine gegenüber den bituminösen Substanzen eine Vormachtstellung. Demzufolge treten in den Faulschlamm-(Sapropel-)Kohlen die bituminösen Substanzen (z. B. Wachse, Fette, Alginin, Sporenin) kohlenbildend auf.

Mit Ausnahme des Chitins (als Fungin in den Zellwänden der Pilze) sind die inerten Ausgangssubstanzen keine eigentlichen Bausteine der Pflanzen, sondern entstehen erst nach Absterben der pflanzlichen Organismen (infolge oxydativer Vorgänge, z. B. durch Moorbrände oder Reaktionen mit Säuren). Sie spielen deshalb nur unter besonderen Bedingungen und in bestimmten Kohlen eine Rolle.

3. Moore der Urzeit – die Bildungsstätten der Kohlen

3.1. Ein kurzes Kapitel Moorkunde

Mit dem Auftreten der Landpflanzen an der Wende Silur/Devon konnten in Zeiten feuchtwarmen Klimas unter spezifischen geologisch-geographischen Bedingungen Moore – die Bildungsstätten der Kohlen – entstehen.

Geologische Voraussetzung für die Moorentstehung ist vor allem die Anlage einer weiträumigen Senke, die die pflanzliche Massenvegetation aufnehmen und speichern kann. Des weiteren ist das Vorhandensein eines Wasserüberschusses in Form eines fließenden oder stehenden (stagnierenden) Gewässers, ansteigenden Grundwasserspiegels oder – klimatisch bedingt – reichlichen Niederschlags wesentlich.

Die heutigen Moore als Bildungsstätten von Torfen lassen sich nach geologisch-topographischen Gesichtspunkten unterteilen in

- Flachmoore (weitgehend vegetationsfreie Moorseen, Riedmoore, Waldmoore) mit Torfbildung im wesentlichen im Bereich des Grundwassers und mehr oder weniger eutrophem (nährstoffreichem) Milieu (Ablagerungsbedingungen),
- Hochmoore mit Torfbildung über dem Grundwasserspiegel und meist oligotrophen (nährstoffarmen) Bedingungen (Abb. 3).

Im Flachmoor gedeiht durch nährstoffreiches und zirkulierendes Grundwasser eine üppige Pflanzenwelt. In Abhängigkeit vom Relief des Mooruntergrundes, des Nährstoffgehaltes im Wasser und der Höhe des Grundwasserspiegels siedeln sich verschiedene torfbildende Pflanzengemeinschaften, wie Algen oder Sumpfpflanzen, an. Dementsprechend lagern sich Mudden, Schilf- und Seggentorf ab. In „trockeneren“ Gebieten können Moorwälder (z. B. Erlen, Sumpfyypressen) auftreten und holzreichen Bruchwaldtorf hinterlassen.

Das Hochmoor ist nährstoffarm und bezieht sein Wasser überwiegend aus Niederschlägen. Der Torfboden erhebt sich dadurch und infolge kapillar im Torf aufsteigenden Wassers über den Grundwasserspiegel. Häufig wächst das Moor in der Mitte stärker als am Rande und ist daher uhrglasförmig gewölbt. Die Hochmoore der gemäßigten Breiten werden von einer artenarmen Bleichmoosvegetation [u. a. einige Arten von Sphagnen

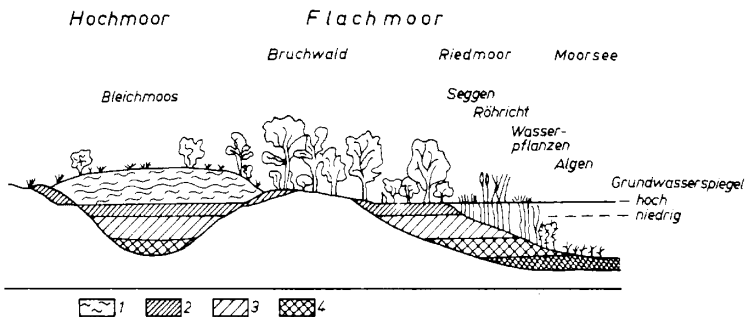


Abb. 3 Schematischer Aufbau eines binnenländischen Flach- und Hochmoores in Europa

1 Bleichmoorstorf; 2 Bruchwaldtorf; 3 Schilf- und Seggentorf; 4 Mudde

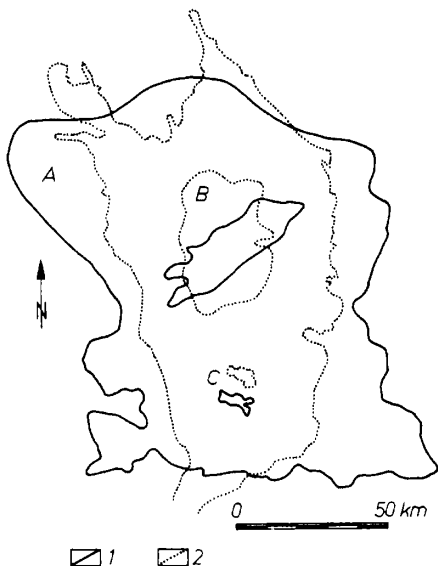


Abb. 4. Vergleich der Flächenausdehnung von „Kohlenmooren“ mit heutigen Mooren

1 „Kohlenmoor“ (Kohlenflözverbreitung); 2 Moor der Gegenwart.
 A Epirogenetisches Braunkohlenflöz (DDR) und subtropisches Riedmoor (Everglades) in Südfloida (USA);
 B Steinkohlenflöze des Saarkarbons (BRD) und Dismal Swamp (Küstenwaldmoor, Ostküste Nordamerikas);
 C Geiseltalflöz (DDR) und Augstamal-Hochmoor (Ostseeküste)

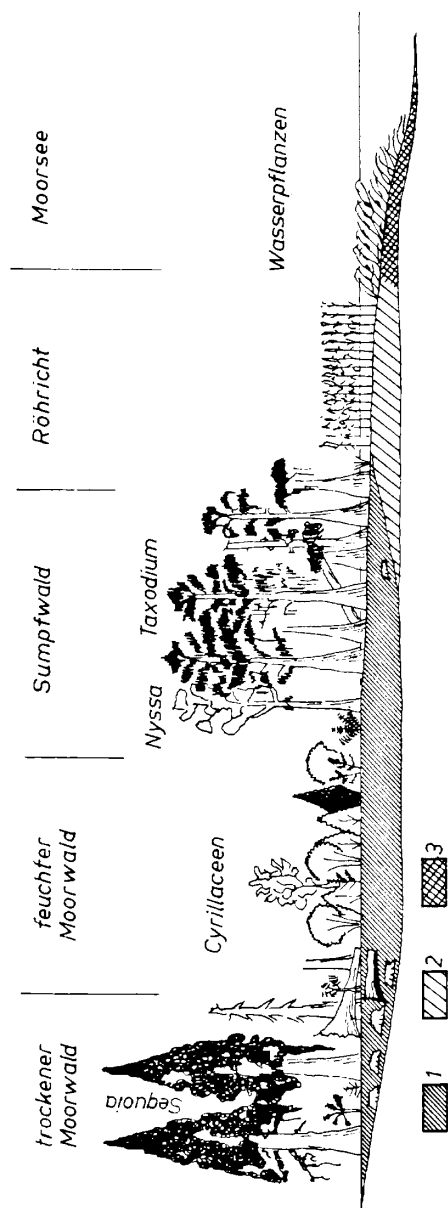


Abb. 5. Moortypen eines jungtertiären (europäischen) „Braunkohlenmoores“ (nach M. Teichmüller 1959)
 1 Waldtorf; 2 Schilf- und Seggentorf; 3 Mudde

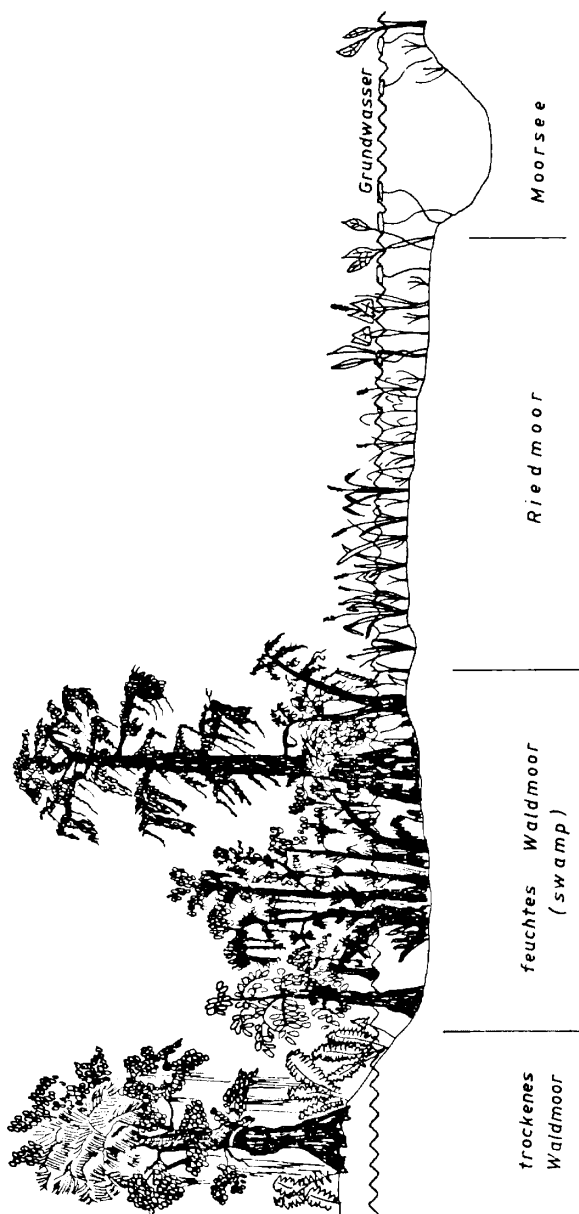


Abb. 6. Moortypen des subtropischen Moores der Gegenwart in Südfiorida (Everglades, nach Mc. Pherson u. a. 1976)

(Torfmoosen)] gebildet. Subtropische Hochmoore sind dagegen mehr bewaldet oder von Gräsern bewachsen.

Überhaupt ist festzustellen: Je wärmer und feuchter das Klima ist, desto üppiger wird der Pflanzenwuchs und desto mehr werden die Ried- und Moosmoore durch baumreiche Moortypen ersetzt.

3.2. „Kohlenmoore“ der geologischen Vergangenheit

Vieles, was wir von den Mooren wissen, läßt sich auf die Bildungsstätten der Kohlen übertragen. Dies gilt nicht nur für die vergleichbare flächenhafte Erstreckung (Abb. 4), sondern betrifft auch den Aufbau dieser Moore. Die erläuterten Typen der rezenten (heute existierenden) Moore findet man – freilich häufig abgewandelt und dem entsprechenden Entwicklungsstand der Pflanzenwelt „angepaßt“ – auch in den „Kohlenmooren“ wieder (Abb. 5).

Beispielsweise konnten in den Braunkohlenmooren des Jungtertiärs folgende vorherrschenden Moortypen nachgewiesen werden:

- Riedmoore mit Riedgräsern und anderen Sumpfpflanzen
- feuchte Moorwälder mit Sumpfyypressen (*Taxodium*), Wasserkiefern (*Glyptostrobus*) und Tupelobäumen (*Nyssa*)
- Buschmoore mit vielen Straucharten und
- trockene waldbestandene Moore mit Mammutbäumen (*Sequoien*), die teilweise Hochmoorcharakter tragen.

Die Moore der Tropen und Subtropen sind für die Rekonstruktion der Bildungsstätten der Kohlen besonders gut geeignet, da die großen Kohlenmoore der Erdgeschichte überwiegend Waldmoore eines tropisch-subtropischen Klimas waren. Gegenwärtig und auch schon in der geologischen Geschichte sind bzw. waren geographisch vor allem zwei Bildungsräume für die Moorentstehung besonders geeignet:

- das Gebiet der Meeresküste, als paralische Fazies in der Geologie der Kohlenlagerstätten bekannt
- der Bereich binnenländischer Becken bzw. der limnischen Fazies.

Beispiele für rezente Küstenmoore sind die Waldmoore Sumatras, die sog. back swamps (Taxodiaceen-Waldmoore) an der nordamerikanischen Ostküste oder die bekannten Everglades von Florida (Abb. 6).

Zu den binnenländischen Moorbildungen gehören die mitteleu-

ropäischen Flach- und Hochmoore im Vorland der Mittelgebirge.

Auf „Kohlenmoore“ vom paralischen und limnischen Typ wird im Kap. 5 noch etwas ausführlicher eingegangen.

4. Von der Pflanze zum Gestein – die Entwicklungsreihe der Kohlen

Der Prozeß, bei dem aus Pflanzensubstanz Kohle entsteht, wird vom Geologen als Inkohlung (Carbonifikation) bezeichnet. Bei der Inkohlung vollzieht sich die Umwandlung der Pflanzensubstanz in nachstehender Reihenfolge:

Pflanzen- → Torf → Braun- → Stein- → Anthrazit
 substanz kohle kohle

Dieser Reifeprozess der Kohlen läuft in zwei Phasen, der biochemischen Phase oder Diagenese und der geochemischen Phase oder Metamorphose, ab (Tab. 4).

Tabelle 4. Entwicklungsreihe der Kohlen

Entwicklungsreihe der Kohlen		Umwandlungsvorgänge		
unveränderte Pflanzen-substanz		Verstoffung	biochemische Phase (Diagenese der Kohlen)	Inkohlung oder Carbonifikation
Torf				
Braunkohle	Weichbraunkohle	geochemische Phase (Metamorphose der Kohlen)		
	Hartbraunkohle			
Steinkohle	geringinkohlte Steinkohle			
	hochinkohlte Steinkohle			
Anthrazit	Semianthrazit Metaanthrazit			

4.1. Biochemische Inkohlungsphase

Dieser erste Abschnitt der Inkohlung beginnt mit der Vertorfung des Pflanzenmaterials im Moor.

Die oberste Schicht eines Moores ist der Lebensraum der unterschiedlichsten Moorpflanzen (Vegetationszone). Abgestorbene Pflanzen und Pflanzenteile werden im Bereich des oberflächennahen Grundwassers, der Oxydationszone, abgelagert. In dieser Zone wirken Luftsauerstoff, Pilze und aerobe (Sauerstoff veratmende) Bakterien sowie chemische Inhaltsstoffe im Grundwasser zerstörend auf die Pflanzensubstanz ein. Als Folgen dieser biologischen und chemischen (biochemischen) Umsetzungen ergeben sich im einzelnen:

- Die Pflanzen werden zersetzt und die Zersetzungsprodukte teilweise zu Kohlendioxid (CO_2) oxydiert.
- In der Pflanzensubstanz erfolgt ein Abbau der Zellulose und Hemizellulose sowie durch bestimmte Mikroben teilweise des Gerüstbaustoffs Lignin.
- Es bilden sich Huminsäuren.

Durch das Aufwachsen immer neuer Generationen von Moorpflanzen verjüngt sich das Moor ständig. Dadurch häufen sich die abgestorbenen Pflanzenmassen übereinander an. Der Einfluß des Luftsauerstoffs nimmt allmählich ab, bis die abgelagerte Pflanzensubstanz schließlich in einen mehr oder weniger sauerstofffreien Bereich (Reduktionszone) gelangt. Damit findet diese erste Etappe der Inkohlung ihr Ende. Die abgestorbenen Pflanzen sind in Torf übergegangen.

Die Umwandlung der Moorpflanzen in Torf verläuft in subtropischen und tropischen Klimaten schneller und intensiver ab als in den gemäßigten Zonen.

Wie bildet sich nun aus dem Torf die Braunkohle? Mit zunehmender Mächtigkeit des im Grundwasserbereich entstehenden Torfes (Wassergehalt 80–90 %) wirkt auf die tieferen Torfschichten ein anwachsender Belastungsdruck. Wird das Torflager durch Sedimente – wie Sand oder Ton – bedeckt, steigt dieser Druck noch mehr an. Dadurch verringert sich der Porenraum des Torfes, und das schwachgebundene Wasser wird herausgepreßt. Die Torfsubstanz verdichtet sich immer mehr (Diagenese) und wandelt sich – in Verbindung mit weiteren chemischen Umsetzungen – in (Weich-)Braunkohle mit Wassergehalten zwischen 40 und 70 % um.

Die enge Verwandtschaft dieser Braunkohle zum Torf ist an zahlreichen eingelagerten Pflanzenresten noch gut zu erkennen.

4.2. Geochemische Inkohlungsphase

Dieser Inkohlungsabschnitt ist die eigentliche Reifephase der Kohlen.

Eine geologisch bedingte Absenkung der Schichtenfolge bewirkt, daß die Braunkohlenlager in Erdtiefen von mehreren Kilometern gelangen können. Die dort vorhandene Erdwärme und der zunehmende Gebirgs(Überlagerungs)druck der Gesteinschichten wandeln die Weichbraunkohle durch (geo)chemische Prozesse zuerst in Hartbraunkohle und anschließend in Steinkohle um. Dieser Vorgang ist auch von der Zeitdauer der Wärmeeinwirkung abhängig. Bei besonders hoher Intensität der Wärmeeinwirkung durch extreme Absenkung der Kohlenlager oder infolge nahegelegener unterirdischer Wärmeherde (z. B. Plutone) entsteht aus Steinkohle Anthrazit. Unter extremen Bedingungen kann sogar reiner Kohlenstoff in Form von Graphit gebildet werden. In den Kohlen vollziehen sich dabei grundlegende strukturelle und chemische Umwandlungen, man spricht deshalb von der Metamorphose der Kohlen.

Diese strukturellen Umwandlungen werden nicht nur durch Belastungsdruck, sondern auch durch tektonischen Druck, wie ihn gebirgsbildende Prozesse hervorrufen, bewirkt. Die Kohlensubstanz wird immer mehr zusammengepreßt und verdichtet. Der Wassergehalt nimmt rapide ab (Hartbraunkohle: $\approx 20\%$, Steinkohle: $\approx 8\%$, Anthrazit: $< 1\%$ Wasser). Bei diesem Vorgang verliert die Kohle an Volumen und schrumpft förmlich zusammen.

Die chemischen Umwandlungen werden hauptsächlich durch erhöhte Temperatur bewirkt und rufen nachstehende Veränderungen hervor:

- Lignin verschwindet, Huminsäuren wandeln sich in unlösliche Humussubstanzen um.
- Die bituminösen Substanzen verändern sich.
- Der Kohlenstoffgehalt nimmt stark zu.
- Sauerstoff- und Wasserstoffgehalt sowie der Gehalt an flüchtigen Bestandteilen nehmen ab, indem Gase (u. a. Schwefelwasserstoff, Methan und Kohlendioxid) entweichen.

Mit steigender Inkohlung gleichen sich die stofflichen Unterschiede des pflanzlichen Ausgangsmaterials immer mehr an und verschwinden im Anthrazitstadium völlig. Aus den heterogenen Pflanzenmassen ist ein ziemlich homogenes organogenes Gestein entstanden (Abb. 7).

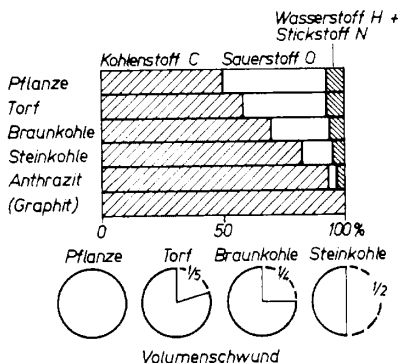


Abb. 7. Chemische und strukturelle Umwandlung der Kohle während der Inkohlung

4.3. Kohlenarten – Produkte der Inkohlung

Die durch den Inkohlungsprozess geprägte Entwicklungsreihe der Kohlen wird seit langem schon zur allgemein üblichen Einteilung der Kohlen genutzt (Tab. 5). Deshalb sei eine kurze Beschreibung der Kohlenarten angeführt.

1. Humuskohlen (aus Torf entstanden)

– Weichbraunkohlen

Weichbraunkohlen sind erdig-weiche, abfärbende, braune, in einzelnen Schichten auch gelbbraune oder schwarze Kohlen mit deutlich erkennbaren Pflanzenresten bzw. etwas festere, durch Gebirgsdruck geschieferte, braune Kohlen.

Vorkommen (Beispiele):

erdige Weichbraunkohlen – Leipziger und Niederlausitzer Braunkohlenrevier (DDR), Kölner Braunkohlenrevier (BRD), Latrobe Valley (Australien)

schiefrige Weichbraunkohlen (Verbreitung und wirtschaftliche Bedeutung gering) – im Alpenvorland der BRD (Pfefferbühl nördl. v. Füssen), Österreichs (Köflach, Steiermark) und der Schweiz (Küßnacht a. Rigi)

– Mattbraunkohlen (Hartbraunkohlen)

Mattbraunkohlen sind feste, matte, schwarzbraune Kohlen. Sie besitzen unter den Braunkohlen die größte Verbreitung und volkswirtschaftliche Bedeutung.

Vorkommen (Beispiele):

Nordböhmisches Braunkohlenrevier (ČSSR)

Moskauer Becken (UdSSR)

Lagerstätten von Norddakota und Montana (USA)

Tabelle 5. Einteilung der Humus- und Sapropelkohlen

Inkohlungs- reihe	Humuskohlen		Sapropelkohlen	
Rezente Ausgangs- stoffe	verholzte pflanzliche Sub- stanz (Lignin, Zel- lulose) und Harze, Wachse		Fette und Eiweißstoffe von	
			niederen Pflan- zen (Algen)	Land- und Sumpf- pflanzen (Sporen, Pollen, Kutikulen)
Torf	Humustorf	Algensapropel (mit Humussub- stanz)	Sporen-, Pollen- sapropel (mit Humussub- stanz)	
Braunkohle	erdige, schiefrige Weichbraunkohle			
	Hart- braun- kohle	Matt- braun- kohle	Boghead- braun- kohle	Cannel- braun- kohle
	Glanz- braun- kohle			
Steinkohle	Flammkohle Gasflammkohle Gaskohle Fettkohle Eßkohle Magerkohle		Bogheadkohle	Cannelkohle
Anthrazit	Semianthrazit Anthrazit Metaanthrazit			

– *Glanzbraunkohlen* (Hartbraunkohlen)

Glanzbraunkohlen sind steinharte, schwarzglänzende, splittrig brechende Kohlen, die mit bloßem Auge nicht von Steinkohlen zu unterscheiden sind.

Vorkommen (Beispiele):

Oberbayerische Pechkohle (BRD)

Teile der Kohlenlagerstätten von Montana (USA)

– *Steinkohlen*

Steinkohlen sind steinharte, schwarze Kohlen. Unter den Kohlen haben sie die größte Verbreitung und volkswirtschaftliche Bedeutung.

Die weitgehende Einteilung der Steinkohlen basiert vorwiegend auf physikalisch-chemischen Parametern, z. B. dem Gehalt an flüchtigen Bestandteilen, dem Heizwert, dem Reflexionsvermögen des mikropetrographischen Gefügebestandteils Vitrinit (s. Kap. 6).

Es werden *geringinkohlte Steinkohlen*

mit den Arten Flammkohle
 Gasflammkohle
 Gaskohle

sowie *hochinkohlte Steinkohlen*

mit den Arten Fettkohle
 Eßkohle
 Magerkohle

unterschieden.

Vorkommen (Beispiele):

Donezbecken, Kusnezbecken, Becken von Ekibastus (UdSSR)

Steinkohlen-Provinz Shanxi (China)

Steinkohlenbecken von Gorný Šlask (Polen)

Westeuropäische Steinkohlenvorkommen (Ruhrgebiet, BRD; Limburg, Niederlande; Charleroi, Belgien; Valenciennes, Frankreich; Staffordshire, Yorkshire, Großbritannien)

Appalachenbecken, Illinoisbecken, Montana (USA)

– *Anthrazite*

Anthrazite sind steinharte, fast metallisch glänzende Kohlen mit den Arten Semianthrazit, Anthrazit und Metaanthrazit.

Vorkommen (Beispiele):

Meist zusammen mit Steinkohlen,

Becken von Südwales (Großbritannien)

Appalachenbecken (USA)

Sutschambecken (Ferner Osten der UdSSR)

2. Sapropelkohlen sind mattbraune bzw. mattschwarze, kompakte, dichte Kohlen mit einer rauen Oberfläche. Ausgangssubstanz dieser Kohlen sind mit Algen oder Sporen angereicherte Faulschlämme, die sich in offenen Gewässern – nicht unbedingt nur in Mooreseen – ablagerten:

Algenkohle (Bogheadkohle)

Sporenkohle (Cannelkohle)

Sapropelkohlen bilden selten eigenständige Flöze, sondern sind

als Bänke oder Lagen in den Humuskohlenflözen enthalten (Ablagerungen in offenen Gewässern vor der eigentlichen Vermooring). Sapropelkohlen sind sowohl aus dem Torf- und Braunkohlen- als auch aus dem Steinkohlenstadium bekannt.

In manchen Ländern wird noch eine 3. Kohlengruppe unterschieden, die Gruppe der *Liptobiolithe* (Harz- und Wachskohlen). Unter bestimmten Bedingungen findet in Humuskohlen eine Auswählersetzung statt, bei der Harze und Wachse angereichert und die Humussubstanzen abgebaut werden. Dadurch entstehen sehr harz- oder wachsreiche Kohlen. Ein Beispiel ist der Pyropisit in Weichbraunkohlenflözen des Altenburg-Zeitzer Reviers

Tabelle 6. Beispiele für die Verwendung der Kohlen (s. S. 51)

Einsatzverfahren	Verwendungszweck/Kohlenprodukte	Kohlenart
Energieerzeugung	Elektroenergiegewinnung (Kraftwerke) Wärmegewinnung (Haushaltöfen, Heizhäuser)	Braunkohle Steinkohle Anthrazit
Verkokung	Koks für Hochöfen, Gießereien, NE-Metallurgie und für die Karbidherstellung	Weichbraunkohle Steinkohle
Verschwelung	Erzeugung von Schwelkoks, Schwelteer, Schwelgas, Paraffin, Benzol, Ammoniak, Schwefel	Braunkohle gering inkohlte Steinkohle Sapropelkohle
Vergasung	Herstellung von Synthesegas (Kohlenmonoxid und Wasserstoff) und von künstlichem Erdgas (Methan)	Braunkohle Steinkohle
Verflüssigung	Erzeugung von Motorkraftstoffen (Benzin) und Chemierohstoffen (als Ersatz für Erdölprodukte)	Braunkohle Steinkohle Sapropelkohle
Elektrodenherstellung	elektrische Leiter	Anthrazit und Koks

(DDR). Der Pyropissit, eine wachsreiche Kohle, enthält über 50 % Bitumen; er war ein begehrter Rohstoff der chemischen Industrie und ist heute bereits abgebaut.

Wegen seines reichen Gehaltes an ölhaltigen und festen Kohlenwasserstoffen war auf der Grundlage des Pyropissits bereits vor 100 Jahren eine (leistungsfähige) Mineralöl- und Paraffinölindustrie entstanden.

4.4. Unterscheidung der Kohlenarten

Bei der Erkundung von neuen Kohlenvorkommen kann der Geologe nicht immer sofort mit bloßem Auge erkennen, welche Kohlen angetroffen worden sind. Die Glanzbraunkohle sieht z. B. der Steinkohle sehr ähnlich. In diesen Fällen sollte er verschiedene Unterscheidungsmerkmale zu Rate ziehen. Zur Festlegung der Kohlenart müssen mindestens zwei Merkmale zutreffen.

<i>1. Unterscheidung</i>	Torf	–	Braunkohle
Rohwassergehalt in %	> 70		< 70
Kohlenstoffgehalt in %	< 60		> 60
wasser- und aschefreie Kohle			
freie Zellulose	vorhanden		nicht vorhanden
schneidbar	ja		nein
Wasser mit der Hand auspreßbar	ja		nein

<i>2. Unterscheidung</i>	Braunkohle	–	Steinkohle
Strich auf einer weißen, rauhen Porzellanplatte	braun		schwarz
Ligninreaktion (Kochen mit verd. Salzsäure)	rotbraune Lösung		farblose Lösung
Huminreaktion (Kochen mit verd. Kalilauge)	tiefbraune Lösung		farblose Lösung
Reflexionsvermögen	0,2–0,6 %		> 0,6 %
Verbrennungswärme	< 24 MJ/kg		> 24 MJ/kg

Außer den genannten Merkmalen existieren noch eine Reihe chemischer, physikalischer und petrographischer Unterschiede zwischen den Kohlen.

3. Unterscheidung

Kohlenpulver wird gekocht

– mit Schulzeschem

Reagenz

– mit Chromsäure

Humuskohle – Sapropelkohle

→ schwarzbraune hellgelbe

Lösung Lösung

→ rotbraune grüne Lösung

Lösung

5. Geologische Kräfte bilden und zerstören Gesteinsablagerungen – der geologische Rahmen für die Entstehung der Kohlen

In den vorangegangenen Kapiteln wurden bereits wesentliche *biologische* und *chemisch-physikalische* Voraussetzungen der Kohlenentstehung behandelt:

- die Pflanzen als Ausgangsmaterial der Kohlen
- die Entwicklung der Pflanzenwelt in der Erdgeschichte und die damit verbundenen petrographischen und chemischen Unterschiede der Kohlen
- der Einfluß des Klimas auf die Torf- und Kohlenbildung
- die Moore als Bildungsstätten der Kohlen
- die chemischen, physikalischen und strukturellen Veränderungen der Pflanzensubstanzen im Verlaufe des Kohlenbildungsprozesses.

Die folgenden Betrachtungen sind dem dazugehörigen geologischen Rahmen, d. h. den geologischen Voraussetzungen und Vorgängen, die zur Entstehung – aber auch Zerstörung – von Kohlenflözen führen, gewidmet.

5.1. Geologische Bedingungen für die Entstehung von Kohlenflözen

Eine entscheidende geologische Bedingung für die Entstehung der Kohlenflöze sind *Senkungen des Untergrundes*. Sie sind im Kohlenbildungsraum vom Bau und den Bewegungsabläufen in der Erdkruste (der Tektonik) abhängig. Diese Senkungsbewegungen von Teilen der Erdkruste schaffen die Voraussetzungen für

- die Moorbildung
- die Ablagerung einer mächtigen Torfschicht

- den Reifeprozeß des Torfes zu Kohlen
- die Erhaltung oder Zerstörung der Kohlenflöze.

Welche kohlenbildenden Prozesse laufen bei der Senkung des Untergrundes ab?

1. Die Einsenkung der Schichten des Untergrundes schafft die Hohlformen (Becken), die zur Aufnahme des Moores und seiner Massenvegetation geeignet sind. Hebungen und Senkungen der Krustenteile haben dabei maßgeblichen Einfluß auf die paläo-(alt-) geographische Situation zur Kohlenbildungszeit, besonders auf die Land-Meer-Verteilung und in diesem Zusammenhang auch auf die klimatischen Verhältnisse dieser geographischen Räume.

2. Damit die abgestorbenen Pflanzen der Moorvegetation nicht durch Fäulnis- und Verwesungsprozesse völlig zersetzt werden, sondern, zu Torf umgewandelt, das Ausgangsmaterial der Kohlen liefern, muß eine wesentliche Voraussetzung erfüllt sein: Das Pflanzenmaterial darf nur unter Wasserbedeckung abgelagert werden, um dem zerstörenden Einfluß des Luftsauerstoffs weitgehend entzogen zu sein (vgl. Abschn. 4.1.).

Eine ständige Durchfeuchtung der Torfschichten wird gewährleistet, wenn neben dem Vorhandensein eines Wasserüberschusses (vgl. Abschn. 3.1.) der Mooruntergrund einer allmählichen Absenkung unterliegt. Diese Senkung bewirkt einen stetigen Anstieg des Wasserstandes im Moor, wodurch die ständig neugebildeten Torfschichten immer im Bereich des oberflächennahen Grundwasserspiegels abgelagert werden. Durch gleichmäßiges langsames Absenken kann die Vegetation des „Kohlenmoores“ fortwährend nachwachsen, wenn zwischen Senkung und Pflanzenaufwuchs ein Gleichgewicht herrscht. Es entstehen mächtige Torfschichten. Gleichzeitig kann sich das Moor immer mehr in der Fläche ausdehnen. Eine zu starke Absenkung führt zur Unterbrechung der Torfbildung. Aus den angrenzenden Gebieten werden Sande und Tone ins Moor eingeschwemmt. Es kommt zur Ablagerung von Sand- und Tonschichten (Zwischenmittel) im Moor.

Infolge langsamer Senkung des Untergrundes oder Hebung der Randbereiche des Beckens wird das „Kohlenmoor“ trockengelegt. Der Torf gelangt über den Grundwasserspiegel in den Bereich der Erosion (Abtragung) und wird zerstört. Mit dem Ende der Untergrundsenkung ist der Abschluß der Torfbildung („Verlandung“ des Moores) verbunden.

3. Nach der Torfbildung ist eine stärkere Absenkung notwen-

dig, um die abgelagerten Torfe mit sandigen oder tonigen Sedimenten zu bedecken. Der nun einsetzende Reifeprozess zur Kohle ist um so intensiver, je tiefer die Torf- bzw. Kohlschichten abgesenkt werden (vgl. Abschn. 4.2.).

Eine weitere wichtige geologische Bedingung für die Ausbildung der Kohlenflöze ist die *Anlage eines Kohlenbeckens*, das kohlenführende Sedimentserien (*kohlenführende Formationen*) enthält. Die geologische Situation in diesen Becken, d. h.

- Mächtigkeit, Aufbau, Ausdehnung, Lagerung der Kohlenflöze
- lithologische (gesteinsmäßige) Zusammensetzung der kohlenführenden Ablagerungen
- Inkohlungsgrad, Rohstoffqualität und Abbaubedingungen

wird durch die tektonischen Verhältnisse innerhalb der Kontinente bestimmt. Die Kohlenbecken mit ihren kohlenführenden Formationen werden großräumig (regionalgeologisch) angelegt. Die Kohlenflöze erfahren meist zusätzlich eine kleinräumige, lokaltektonische Überprägung (Abb. 8).

Dieses tektonische Wechselspiel bildet den geologischen Rahmen für die Entstehung (Genese) von Kohlenlagerstätten und soll im folgenden noch etwas ausführlicher erläutert werden.

5.2. Regionalgeologische Situation und Anlage von Kohlenbecken

Die Anlage von Kohlenbecken ist an den regionalgeologischen tektonischen Entwicklungsablauf der Kontinente gebunden. Die Kontinente lassen sich auf Grund verschiedener tektonischer Entwicklungsstadien in ausgedehnte stabile Kontinentteile (Tafeln) und diese umschließende, schmale, langgestreckte, mobile Gebirgsbildungszonen (Geosynklinalen) untergliedern.

In beiden Bereichen ist die Ausbildung von kohlenführenden Formationen in großen Kohlenbecken möglich. Zwischen dem aufgefalteten Gebirge und der stabilen Tafel existiert ein Übergangsbereich, in dem ebenfalls Kohlenablagerungen auftreten (Abb. 9).

Kohlenbecken des Geosynklinaltyps

Geosynklinalen sind die Geburtsräume der Faltengebirge. Im Frühstadium handelt es sich um längliche, schmale Meeresströ-

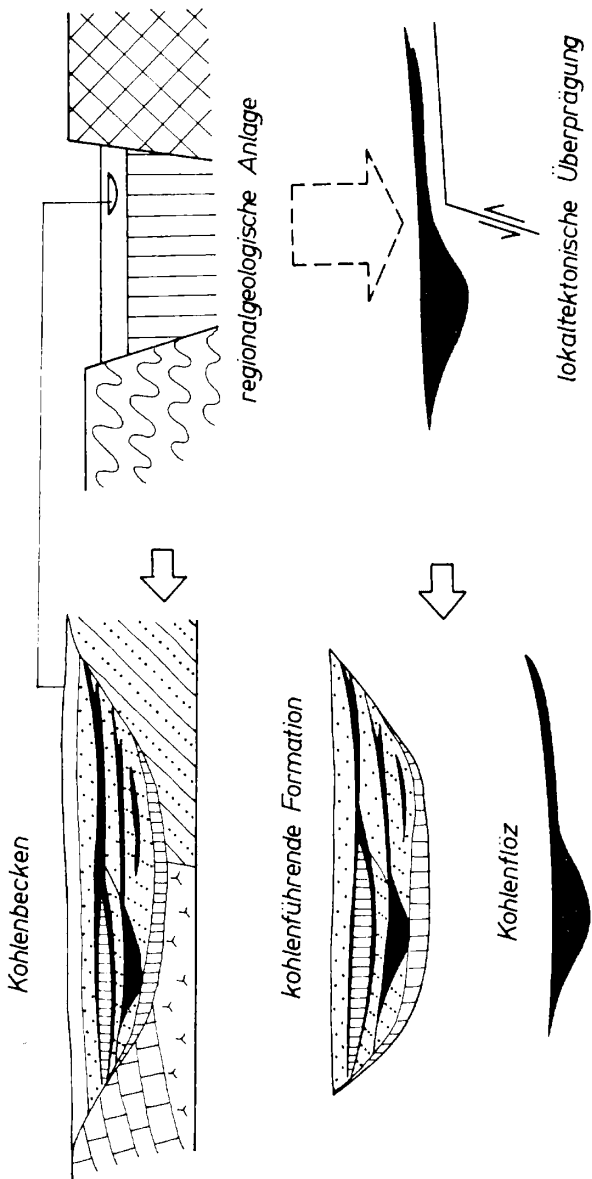


Abb. 8. Geologischer Rahmen für die Entstehung von Kohlenlagerstätten

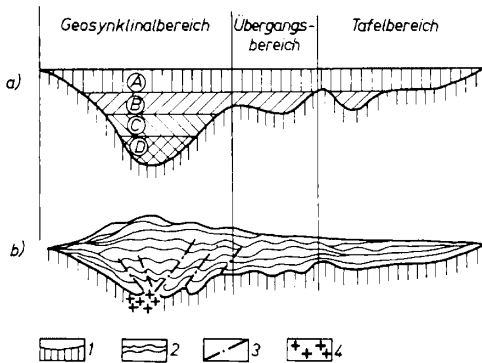


Abb. 9. Kohlenbecken des Geosynklinal-, Übergangs- und Tafeltyps (vereinfacht nach Baumann u. a. 1979)

a) Zunahme der Inkohlung in Abhängigkeit von Absenkung und Typ des Kohlenbeckens;

b) Lagerung der Kohlenflöze nach Beendigung der Kohlen- und Lagerstättenbildung.

A Braunkohle; B geringinkohlte Steinkohle; C hochinkohlte Steinkohle; D Anthrazit.

1 Grundgebirge; 2 Kohlenflöz; 3 tektonische Störung; 4 eingedrungenes Magma

ge, die von sehr mächtigen Sedimenten (bis 10 000 m) angefüllt sind und anschließend verfaltet werden. In ihrem Zentrum treten magmatische Prozesse auf.

Die Kohlenbecken entstehen vorwiegend im Spätstadium der Geosynklinalentwicklung zu Beginn der Auffaltung und Heraushebung der Gebirgszüge. Die kohlenführenden Formationen unterliegen einer starken Bruchfaltentektonik und einem ausgeprägten Magmatismus, so daß die Kohlen durch den Gebirgsdruck und die Wärmebeeinflussung sehr hoch inkohlt werden (hochinkohlte Steinkohlen und Anthrazit). Meist sind die gebirgsbildenden Prozesse so intensiv, daß in den zentralen Teilen der Geosynklinalen die Kohlenbildung sehr erschwert ist.

Deshalb treten Kohlenbecken des reinen Geosynklinaltyps selten auf und machen nur etwa 0,4 % der Weltkohlenvorräte aus.

Beispiele: Pennsylvanisches Becken (USA)

Kohlenbecken der Alpen

Kohlenbecken des Übergangstyps

Diese Kohlenbecken sind noch sehr eng mit der Geosynklinalentwicklung verbunden.

Die in der Geosynklinale gebildeten Faltengebirge werden über den Meeresspiegel herausgehoben und abgetragen. Der Abtragungsschutt sammelt sich in Senken längs der Außenseite der Faltengebirge (*Außensenken*) und innerhalb der Gebirge (*Innensenken* oder *intramontane Becken*). In diesen Senken wird die starke Auffüllung mit Sedimenten immer wieder durch Ausgleichsbewegungen des Untergrundes kompensiert. Die „Kohlenmoore“ bestehen über lange Zeit an der gleichen Stelle. So bilden sich reiche Kohlenlagerstätten, die etwa 34 % des Weltvorrates an Kohle liefern. Als typisches Beispiel seien die oberkarbonischen Steinkohlenbecken Europas genannt, die in den Außen- und Innensenken des variszischen Gebirges entstanden. Sie folgen den Faltenbögen dieses Gebirges und reichen von Großbritannien (Becken von Südwales), Frankreich (Becken von Valenciennes), Belgien (Becken von Liege), BRD (Ruhrbecken, Saar-Lothringen-Becken), DDR (Erzgebirgisches Becken mit Lagerstätten Zwickau – Oelsnitz) bis nach Polen (Becken von Gorný Śląsk). Auch andere berühmte Kohlenbecken gehören diesem Typ an:

Donezbecken, Kusnezbecken (UdSSR)

Appalachenbecken (USA)

Die Kohlenbecken weisen folgende Merkmale auf:

- Mächtigkeit der kohlenführenden Formation 100–4 000 m
- Außensenken:
 - zahlreiche geringmächtige (1–2 m), aber weitverbreitete Flöze in marinen Sedimenten
- Innensenken:
 - wenige mächtige (bis 40 m), aber gering verbreitete Flöze in kontinentalen Sedimenten
- horizontale und flachwellige Flözlagerung, Verwerfungen treten selten auf
- Inkohlungsgrad der Kohlen wechselt (Braunkohle bis Steinkohle)
- Gewinnung der Flöze im Tief- und Tagebau.

Kohlenbecken des Tafeltyps

Nachdem die Faltengebirge durch die Abtragung eingeebnet wurden, bilden sie ein starres Fundament (Grundgebirge), auf

dem sich Sedimente in ruhiger Lagerung absetzen (Deckgebirge). Ist das Fundament stark metamorph, starr und somit stabil, lagert sich darauf nur ein geringmächtiges Deckgebirge ab. Kohlenlagerstätten sind hier selten.

Beispiel: Moskauer Braunkohlenbecken

Ist das Fundament dagegen nur schwach metamorph und längs Tiefenstörungen in einzelne Stücke (Schollen) zerbrochen, verhält es sich labil. Es senkt sich bei Ablagerung von Sedimenten ein und ermöglicht die Kohlenbildung. Es entstehen bedeutende Kohlenlagerstätten. Zu diesen Kohlenbecken gehören auch die Braunkohlenlagerstätten Mitteleuropas. Sie bildeten sich auf der labilen Westeuropäischen Tafel. Dieses Gebiet ist gekennzeichnet

- durch einen in Schollen zerbrochenen Untergrund (Grundgebirge) aus dem schwach metamorphen Rumpf paläozoischer (vor allem varistischer) Faltengebirge
- durch Sedimentgesteine (Deckgebirge) des Meso- und Känozoikums.

Die Kohlenbecken des Tafeltyps liefern über 60 % der Weltkohlenvorräte mit wechselnder Mächtigkeit. Ihre charakteristischen Merkmale sind

- geringe Mächtigkeit der kohlenführenden Ablagerungen (100–300 m)
- geringe Anzahl von Flözen (5–10) in begrenzter Flächenerstreckung
- flache Lagerung der Flöze, teilweise mit Bruchstörungen oder Verwerfungen
- niedriger Inkohlungsgrad (meist Braunkohle)
- Gewinnung der Flöze meist im Tagebau, seltener im Tiefbau.

Zu den Kohlenbecken dieses Typs gehören weiterhin:

Michigan-Becken und Midcontinent-Becken (USA)

Becken von Fushun (China)

Dnepr-Becken, Becken von Kansk-Atschinsk (UdSSR)

5.3. Zur Ausbildung kohlenführender Formationen

Die mit dem tektonischen Entwicklungsablauf der Kontinente verbundenen Kohlenbecken werden infolge Hebungen und Senkungen des Untergrundes mit Sedimenten aufgefüllt. Diese Vertikalbewegungen rufen Meeresvorstöße (Transgressionen) und Meeresrückzüge (Regressionen) hervor, so daß marine bis brak-

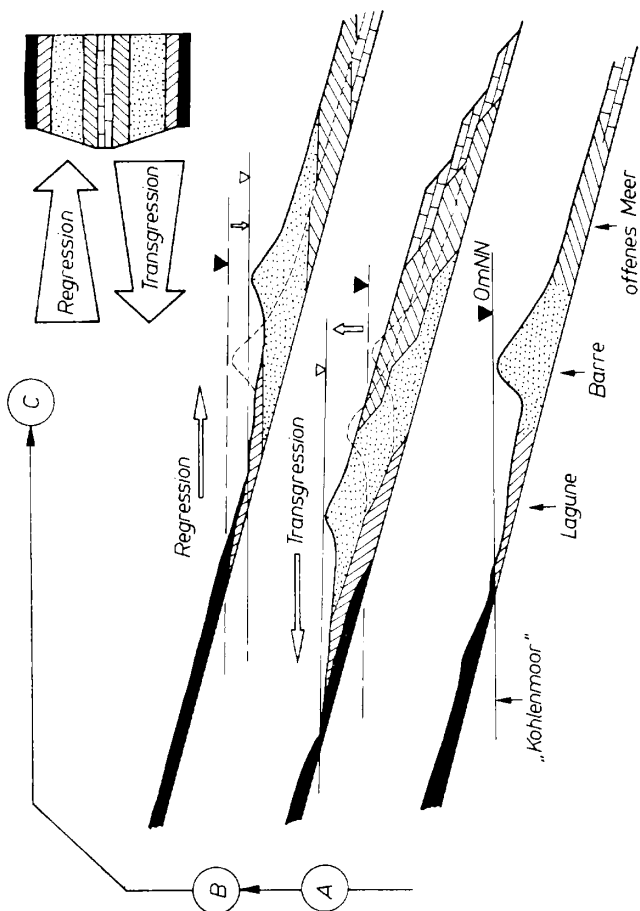


Abb. 10. Die Bildung kohlenführender Ablagerungen im Wechselspiel von Meeresvorstößen und -rückzügen (vereinfacht nach Tatarinow 1975)

A Lagerung der Schichten bei Meeresvorstoß; B Lagerung der Schichten bei Meeresrückzug; C Schichtprofil nach Transgression und Regression

kische (Flachwasser) Sedimente und kontinental-terrestrische Sedimente im Wechsel abgelagert werden können (Abb. 10). In Phasen relativer Sedimentationsruhe, d. h., wenn diese Bewegungen nachlassen, kommt es zur Vermoorung der Küsten-

säume und landeinwärts gelagerter Seebecken mit anschließender Kohlenbildung.

Die sedimentären Schichtenfolgen geben der gesamten kohlenführenden Formation auch ihren Namen. Es lassen sich zwei Typen unterscheiden:

- eine kontinental-(terrestrische) limnische Kohlenformation
- eine marine bis brackische-paralische Kohlenformation.

Die *limnische Kohlenformation* (griech. *limne* $\triangleq$ stehende Gewässer) setzt sich vorwiegend aus Seebecken-Sedimenten und Fluß- (fluviatilen) Sedimenten zusammen. Während die Beckensedimente aus Tonen, Schluffen und Kalken bestehen, bringen die Flußläufe meist sandige Sedimentfracht aus den umgebenden Bergen. Diese Formationen werden oft einige hundert Meter mächtig. Es treten z.T. mächtige Flöze in geringer horizontaler Verbreitung auf.

Typische Vertreter der limnischen Kohlenformation sind die bereits erwähnten Innensenken der variszischen Gebirge. Aber auch in den Kohlenbecken des Tafeltyps kommen limnische Kohlenformationen vor.

Beispiele: Nordwestsächsische Braunkohlenformation im Weißelster-Becken (DDR)
Kohlenbecken im Zentralteil Polens (Lagerstätte Bełchatów)

In der *paralischen Kohlenformation* (griech. *para* $\triangleq$ bei, *hals* $\triangleq$ Meer) werden die Kohlenflöze und andere terrestrische Ablagerungen von Sedimenten der Flachsee und des Strandbereichs begleitet. Durch die Meeresnähe ist ein häufiger Sedimentwechsel (viele geringmächtige Flöze) und auch eine häufige Verlagerung des Vermoorungsgebietes möglich. Die marinen Sedimente sind oft Hunderte von Kilometern weit zu verfolgen. Sie stellen durch die in ihnen vorkommenden Leitfossilien (Muscheln, Korallen, Fischreste) wichtige Leithorizonte für Geologen und Bergleute dar.

Typische Vertreter der paralischen Kohlenformation sind die Außensenken des varistischen Gebirges. Aber auch in den Kohlenbecken des Geosynklinaltyps und des Tafeltyps können paralische Kohlenformationen häufig angetroffen werden.

Beispiele: Niederrheinische Braunkohlenformation (BRD)
Niederlausitzer Braunkohlenformation (DDR)

5.4. Lokale Tektonik und Kohlenlagerstättenbildung

Die Gesamtmächtigkeit der kohleführenden Formationen wird durch die großregionale Einsenkung der Kohlenbecken bestimmt. Die Mächtigkeit der einzelnen Kohlenflöze und die vertikale Wechselfolge der Sedimente hängen demgegenüber mehr von lokaltektonischen Bewegungen ab. Ursachen solcher tektonischer Vorgänge auf engerem Raum können Bruchstörungen, Vertikalbewegungen und Kippungen von Blöcken und Schollen des geologischen Untergrundes, Salzbewegungen (Halokinese) oder subrosive Prozesse (Gesteinsauslaugung) im Untergrund sein.

Die Verbreitungsgebiete abbauwürdiger Kohlenflöze, vom Geologen als Kohlenlagerstätten bezeichnet, erhalten infolge dieser lokaltektonischen Vorgänge einen unterschiedlichen geologischen Aufbau.

Diese Zusammenhänge sind bei den jungen, tertiären Kohlenformationen am besten nachzuweisen. Deshalb sollen beispielhaft die Lagerstättentypen der mitteleuropäischen Braunkohlenbecken näher erläutert werden. Je nach dem, wie und welche geologischen Vorgänge auf die Lagerstättenbildung einwirken, lassen sich folgende Lagerstättentypen unterscheiden (Abb. 11).

Tektonischer Lagerstättentyp

Infolge tektonischer Bewegungen an altangelegten Störungszonen sinken Grundgebirgsschollen grabenartig ein. Diese tektonischen Gräben bzw. Becken werden mit nur kurz transportierten Abtragungsmassen (Tone, Sande) aufgefüllt. Da die Senkungsbewegungen jedoch nicht gleichmäßig, sondern ruckartig erfolgen, kommt es zu häufigen Unterbrechungen der Torfbildung. Von den Grabenrändern her werden Tone in die vorherrschenden Waldmoore eingetragen. Flözbänke und Zwischenmittel wechseln im Meter- bis Dezimeterbereich. Außerdem kann das Flöz durch Verwerfungen noch nachträglich gestört werden.

Die gebildeten Kohlen sind asche- und xylitreich. Sie werden nur für energetische Zwecke genutzt.

Die Gewinnung der Flöze im Tagebau wird durch den ständigen Wechsel von Kohlen- und Nebengesteinsschichten sowie die an den Beckenrändern steilgelagerten Flöze erschwert. Es handelt sich meist um limnische Braunkohlenformationen.

Beispiel: Braunkohlenlagerstätten der Oberlausitz (Becken von Berzdorf, Becken von Zittau)

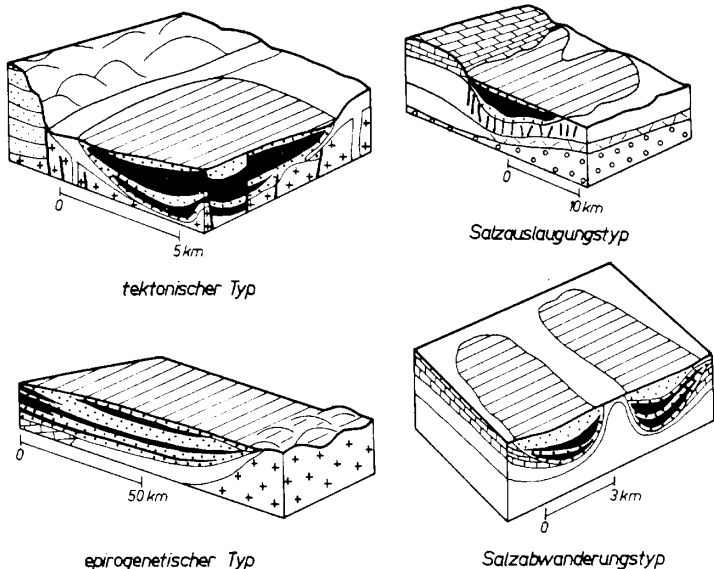


Abb. 11. Die vier Lagerstättentypen der mitteleuropäischen Braunkohlenbecken

Epirogenetischer Lagerstättentyp

Unter Epirogenese versteht man langsame, sich über lange Zeiträume erstreckende Hebungen und Senkungen von größeren Erdkrustenteilen ohne Zerstörung des Gesteinsgefüges. Es entstehen großräumige Becken. Die kohleführenden Formationen mit drei bis vier Kohlenflözen lagern sich weitspannig und gleichmäßig ab. Sie sind durch einen zyklischen Aufbau (Sande – Schluffe – Tone – Kohle) und dem Wechsel limnischer und mariner Schichten gekennzeichnet. Ursache dafür ist das zeitweilige Vorrücken des Meeres (Transgression) während starker Senkungsphasen bzw. sein Rückzug (Regression) bei Stillstands- und Hebungsphasen.

Die im Küstenbereich entstehenden Braunkohlenflöze weisen ruhige Lagerung und große Verbreitung auf. Der zyklische Sedimentationswechsel wird auch durch den zyklischen petrographischen Aufbau der Flöze belegt:

Die Vermoorung setzt mit einer eutrophen Auenwaldvegetation

ein. Darüber lagern ehemalige Waldmoortorfe. Unter zunehmend oligotrophen Bedingungen und verlangsamter Absenkung entstehen ziemlich trockene, hochmoorähnliche „Kohlenmoore“. In Gebieten stärkerer Senkungen und hohen Grundwasserstandes können Riedmoorkohlen zwischengelagert sein. Ruckartige Senkungsvorgänge, häufig entlang altangelegter Störungszonen, führen zu Meereseinbrüchen und der Ablagerung von tonig-schluffigen Zwischenmitteln.

Derartige Zyklen wiederholen sich mehrfach. Anhand dieser Flöze lassen sich die ursächlichen Zusammenhänge zwischen den Qualitätseigenschaften der Kohlen und der ursprünglichen Moorvegetation sehr gut erkennen (Abb. 12). Die Flöze weisen sehr gute Kohlenqualitäten auf (Brikettierkohle, Kokskohle). Der Lagerstättentyp ist für einen Abbau im Tagebau mittels Förderbrücken besonders geeignet.

Beispiele: Niederlausitzer Braunkohlenrevier

Halle-Leipziger Braunkohlenrevier (Weißelsterbecken südlich Leipzigs)

Epirogenetische Bewegungen spielen bei den nachfolgend genannten Lagerstättentypen ebenfalls eine große Rolle. Sie werden aber durch weitere Senkungsursachen „überlagert“, so daß diese Typen selbständig angesehen werden können.

Subrosiver (Auslaugungs-) Lagerstättentyp

Infolge großflächiger Auslaugung salzführender, sulfatischer oder karbonatischer Schichten des Untergrundes durch unterirdische Wässer entstehen Senken- und Kesselstrukturen. Die durch die Subrosion verursachte gleichmäßige Absenkung wird durch kohleführende Sedimente kompensiert. Es bilden sich außergewöhnlich mächtige Kohlenflöze.

Die Kohlen sind als Brikettier- und Schwelkohlen einsetzbar. Wenn salinare (salzführende) Tiefenwässer in die Flöze eindringen, mindert die Versalzung der Kohlen die Rohstoffqualität erheblich (vgl. Abschn. 6.2.). Der Abbau im Tagebaubetrieb wird durch die steil zum Beckenzentrum einfallenden Schichten erschwert.

Beispiel: Halle-Leipziger Braunkohlenrevier (Geiseltal)

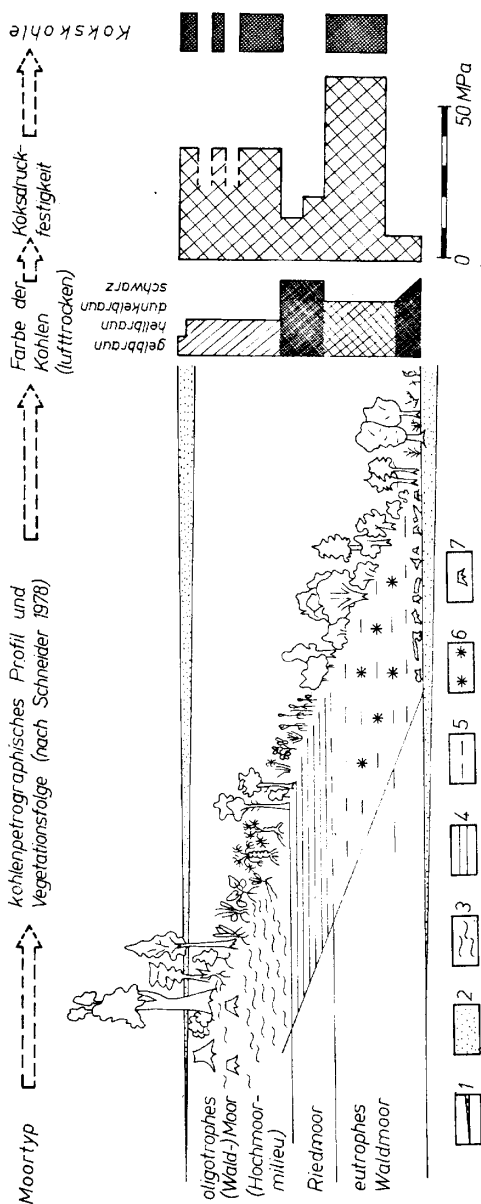


Abb. 12. Zusammenhang zwischen Moortyp, petrographischer Kohlenausbildung und Kohlenqualität in einem epirogenetisch gebildeten Weichbraunkohlenflöz

1 bitumenreiche Braunkohle; 2 tonig-sandiges Zwischenmittel; 3 flaserige Kohle; 4 stark geschichtete Kohle; 5 schwach geschichtete Kohle; 6 ungeschichtete Kohle; 7 Stubben und Stämme

Im eutrophen Waldmoor wird der untere Teil von Nadel- und der obere von Laubwald gebildet

Halokinetischer (Salzabwanderungs-) Lagerstättentyp

Dieser Typ ist an die Verbreitung von mehreren 100 m mächtigen Salzgesteinsserien im Untergrund gebunden. Bei Druckentlastung an Störungszonen oder ungleichmäßigem Auflastdruck verhalten sich Salzgesteine plastisch, sie beginnen zu „fließen“. Sie wandern in die Gebiete des geringsten Druckes und bilden dadurch Aufwölbungen, sog. Salzkissen, die als Salzdiapire (Salzstöcke) schließlich die überlagernden Schichten durchbrechen. Die Schichten um den Diapir werden gleichzeitig eingesenkt. Es entstehen langgestreckte Salzstockrandsenken, die sich mit kohleführenden Sedimenten füllen. Es treten drei und mehr Flöze in einer Randsenke auf. Ihre Mächtigkeit nimmt vom Beckenzentrum (insgesamt häufig mehr als 100 m Kohle) zum Rand schnell ab.

Neben hochwertigen Brikettier-, Extraktions- und Schwelkohlen treten hier auch minderwertige Salzkohlen, besonders in der Nähe des Salzdiapirs, auf.

Die mechanische Beanspruchung der eingesunkenen Nebengesteinsschichten des Salzstocks führt zur Entstehung von Klüften, Auflockerungszonen im Gesteinsverband, die dem Grundwasser als Migrations- (Wander-) Bahnen dienen. Dadurch können mineralreiche („salzige“) Tiefengewässer bis in Oberflächennähe aufsteigen. Bei der Gewinnung der Flöze aus den Randsenken von Salzdiapiren müssen deshalb die hydrogeologischen Verhältnisse genau bekannt sein.

Beispiel: Magdeburger Braunkohlenrevier
(Egelter, Oscherslebener Mulde)

5.5. Zerstörung der Kohlenflöze und -lagerstätten

Die gleichen geologischen Kräfte, die zur Entstehung der Kohlenflöze führen, können auch ihre Zerstörung bewirken.

Unmittelbar nach Ablagerung des Pflanzenmaterials als Torf und seiner Umbildung in Kohle setzen diese Vorgänge ein. Ihre Ursachen und Erscheinungsformen sind äußerst vielfältig. Häufig ist damit eine Verschlechterung der Rohstoffeigenschaften der Kohlen verbunden.

Am Beispiel der mitteleuropäischen Braunkohlenbecken vom Tafeltyp sollen einige dieser Prozesse erläutert werden.

Tektonische Beeinflussung der Braunkohlenflöze

Die Einwirkung endogener (durch erdinnere Kräfte bedingter) tektonischer Vorgänge auf die Braunkohlenflöze führt zur Zerblockung der Flözkörper. Verwerfungen und Schichtüberschiebungen schaffen einen komplizierten geologischen Bau der ursprünglich horizontal gelagerten Braunkohlenflöze. Damit sind Erschwernisse des Abbaus und der Nutzung dieser Kohlen verbunden. Im Bereich der Störungen treten erhöhte Aschegehalte auf. Die Kohlenqualitäten wechseln horizontal sehr rasch und sind bei der Erkundung mittels Bohrungen nur schwer zu erkennen (Abb. 13).

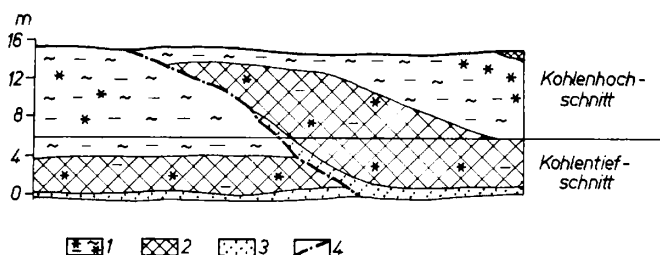


Abb. 13. Auswirkung endogener Tektonik auf die Rohstoffqualität eines Braunkohlenflözes (vereinfacht nach Hahmann 1979)

1 Kokskohle: ungeschichtete, schwach geschichtete und flasrige Kohle;
2 Kesselkohle: geschichtete Kohle, vergelt, und ungeschichtete Kohle, xylitisch; 3 Schluff; 4 endogen-tektonische Überschiebung

In einigen Fällen können tektonische Kräfte aber auch die Qualität der Kohlen verbessern. Dies tritt dann auf, wenn durch gebirgsbildende Vorgänge eine Erhöhung des Inkohlungsgrades der Flöze erfolgt (z. B. „Pechkohlen“ $\triangleq$ Glanzkohlen in Bayern $\rightarrow$ tektonischer Druck infolge Auffaltung der Alpen).

Beeinflussung der Braunkohlenflöze durch Erosion

Heraushebung einzelner Gebiete des Kohlenbeckens – z. B. infolge tektonischer Vorgänge – führen dazu, daß die Kohlen in den Bereich der Abtragung gelangen. Fließendes Wasser, Wind oder „wandernde“ Inlandeisgletscher tragen die Kohlenschichten und ihr Nebengestein ab und schaffen flözfremde Flächen.

Die Erosion ist bereits im „Kohlenmoor“ anzutreffen. Flußläufe

schneiden sich in die abgelagerten Torfschichten ein und zerstören sie. Das abgetragene Material kann im Wasser transportiert und an anderer Stelle wieder als allochthone (vom Bildungsort entfernt befindliche, bodenfremde) Torflage abgesetzt werden. Die daraus entstehenden Kohlen weisen meist sehr hohe Aschegehalte auf. Klimatisch bedingte Trockenperioden führen zu intensiven Abbauvorgängen in den trockenliegenden Torfen, die teilweise oder vollständig zersetzt werden.

Beeinflussung der Braunkohlenflöze durch Subrosion

Die zur Anlage von Kohlenbecken führenden Auslaugungsvorgänge in wasserlöslichen Gesteinen (Gips, Kalkstein, Anhydrit, Salz u. ä.) der Zechstein- und Buntsandsteinschichten wirken auch nach der Kohlenbildung weiter. Durchbiegen der Kohlenflöze, in einigen Fällen sogar „Abreißen“ der Schichten, sind die Folgen. Der Abbau dieser Flözeinmuldungen mit den steilgestellten Flanken ist schwierig. Auf kurze Entfernungen wechseln auf der Abbauebene kohleführende und kohlefreie Flächen. Das starke Gefälle der Schichten wirkt rutschungsbegünstigend. In den Mulden sammelt sich das Grundwasser und erfordert eine ständige intensive Entwässerung der Sedimente.

Beeinflussung der Braunkohlenflöze durch glazigene (eisbedingte) Vorgänge

Im Pleistozän rückten die skandinavischen Gletscher nach Süden vor und breiteten sich als geschlossene Inlandeismasse über weite Teile Mitteleuropas aus. Das Inlandeis drang auf dem heutigen Territorium der DDR bis auf die Linie Görlitz–Bad Schandau–Gera–Erfurt vor.

Die glazigenen Prozesse bestimmen viel stärker als alle bisher geschilderten Einflußgrößen die industrielle Nutzung der Braunkohlenflöze und ihrer Lagerstätten:

Das Eis schürfte während seines Vorrückens den kohleführenden Untergrund auf und schuf wannenartige Ausräumungs- (Exarations-) Formen. Am Boden tiefreichender Gletscherspalten schnitten sich steilufrige, schmale Erosionsrinnen bis zu 500 m tief in den Untergrund ein. Im Vorland der Gletscher trugen die abfließenden Schmelzwässer die anstehenden Sedimente ab (Abb. 14).

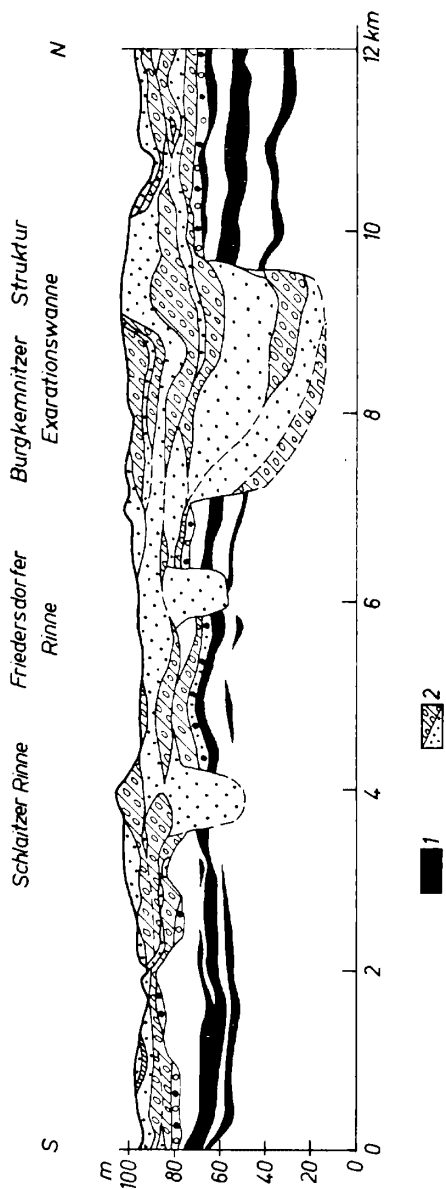


Abb. 14. Pleistozäne Rinnen und Wannen (Bitterfelder Braunkohlenrevier der DDR, vereinfacht nach Eißmann 1975)
 1 Braunkohle; 2 Quartärschichten mit eiszeitlichen Ablagerungen

Die ursprünglich zusammenhängenden Kohlenflöze wurden durch derartige glazigene Vorgänge in einzelne Vorkommen (Kohlenfelder) „zerschnitten“. Erosionsrinnen und Exarationswannen bestimmen häufig die heutigen Umrisse der Braunkohlenlagerstätten.

Im Bereich der Eisrandlage oder vor Hindernissen (z. B. vor tektonisch angelegten Hügelsketten) wurden die Kohlenflöze aufgestaucht, verschuppt oder verfaltet („glazigene Tektonik“, Abb. 15). Das Eis riß quadratkilometergroße Erdschollen mit Kohlenflözen aus dem natürlichen Schichtverband und transportierte sie mehrere Kilometer weit.

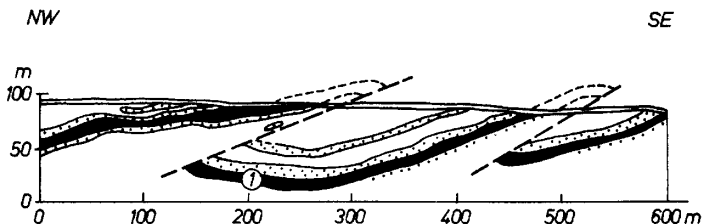


Abb. 15. Glazigene Stauchung (Schuppenbildung) eines Braunkohlenflözes (1)

Infolge der Eisbedeckung entstand ein Dauerfrostboden, der bis in die Teufenlage der Flöze reichte. Bei teilweisem Auftauen kam es in druckentlasteten Gebieten zum „Aufstieg“ ganzer Flözteile in die überlagernden Sedimente und zur Bildung von Mollisol- (Aufauboden-) Diapiren (Abb. 16).

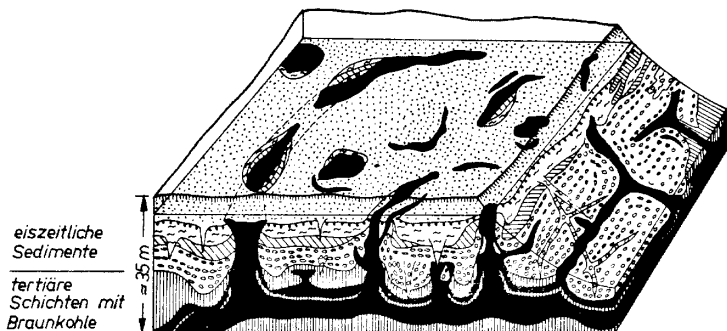


Abb. 16. Verschiedene Formen des Mollisoldiapirismus (nach Eißmann 1978)

Insgesamt gesehen, wurden die Verwertungseigenschaften der Braunkohlen durch die glazigenen Vorgänge stark vermindert:

- der ursprüngliche Wasser- und Aschegehalt erhöhte sich teilweise beträchtlich, wodurch die Brikettierfähigkeit der Kohlen herabgesetzt wird
- die Braunkohle in oberflächennaher Lage konnte durch hinzutretende Luft teilweise oder völlig zersetzt werden, wodurch sich ihre chemischen Eigenschaften veränderten
- das Gefrieren und Auftauen der Flöze führte zu einer Zerstörung der Kohlenstruktur und damit zu minderwertigen Kohlenqualitäten.

Der Abbau der Flöze wird durch glazigene Einflüsse auf die Lagerstätten erschwert:

- es treten Schwierigkeiten bei der Entwässerung des Gebirges auf, da die Grundwasserleiter über Erosionsrinnen miteinander in Verbindung stehen
- Flözverschuppungen und -verfaltungen machen den Einsatz großer Gewinnungsgeräte unrentabel
- Kohle- und Begleitschichten wechseln unregelmäßig auf kurzen Entfernungen.

6. Brennendes Gestein – die Eigenschaften und Verwendung der Kohlen

Die Brennbarkeit der Kohlen ist eine wesentliche und sehr entscheidende Eigenschaft des organischen Gesteins Kohle. Darüber weiß die Menschheit schon seit der Antike Bescheid, wie wir bereits im Zusammenhang mit der Geschichte der Kohlenutzung berichteten. Weitaus wertvollere Eigenschaften der Kohlen konnten erst nach und nach entdeckt werden. Gerade diese Eigenschaften sind es aber, die heute den Gebrauchswert der Kohlen bestimmen.

In unserem Jahrhundert werden die Kohlen nicht nur als energetischer Brennstoff, sondern im zunehmenden Maße auch als Wertstofflieferant eingesetzt (s. Tab. 6, S. 31). Um Wertstoffe auch mit technologischem Erfolg aus der Kohle zu gewinnen, müssen die Geologen, Chemiker, Kohlenveredler das petrogra-

phische Bild, die chemische Zusammensetzung, die physikalischen und veredlungstechnologischen Eigenschaften der Kohlen genau kennen.

Die rohstofflichen Eigenschaften der Kohlen werden durch die lagerstättenbildenden Vorgänge und die Inkohlung geprägt. Die Kohlen jeder Inkohlungsstufe können aber auf Grund lagerstätteneigener Verhältnisse (z. B. Vorherrschen einzelner Moortypen) zusätzlich noch in sich differenzierte Eigenschaften aufweisen.

Betrachten wir zuerst diese Kohleneigenschaften etwas näher, und kommen wir dann noch einmal auf den Veredlungsprozeß, d. h. auf eine der technischen Meisterleistungen des Menschen, zurück.

6.1. Petrographische Zusammensetzung der Kohlen

Es wird zwischen makro- und mikropetrographischen Kennzeichen der Kohlen unterschieden.

Zu den makropetrographischen Kennzeichen gehören alle kohlenpetrographischen Merkmale, die mit bloßem Auge erkennbar sind; die mikropetrographischen Merkmale werden mit Hilfe des Mikroskops bestimmt.

6.1.1. Makropetrographie der Kohlen

Vor uns liegen verschiedene Torf-, Braunkohlen-, Steinkohlen- und Anthrazitproben. Welche Unterschiede fallen sofort auf?

1. Gewicht

Getrockneter Torf ist sehr leicht. Von der Braun- über die Steinkohle bis zum Anthrazit werden die Proben als Folge der Verdichtung der Kohlensubstanz während der Inkohlung immer schwerer.

2. Festigkeit

Torf ist eine lose Substanz, die sich in der Hand auseinanderbröckeln läßt. Weich- und Mattbraunkohlen können mit der bloßen Hand noch zerbrochen werden, Steinkohle und Anthrazit hingegen nicht, denn sie sind steinhart und spröde, soweit sie nicht durch tektonische Einflüsse geklüftet und dadurch aufgelockert worden sind.

3. Farbe

Die Farbtiefe nimmt inkohlungsabhängig zu: während die Torfe

und Weichbraunkohlen in unterschiedlichen Brauntongestufen vorkommen, ist die Steinkohle schwarz bis metallisch glänzend. Manchmal sind beim Anthrazit Anlauffarben wie bei Metallen festzustellen.

Anthrazit erscheint bei der Betrachtung mit dem bloßen Auge als homogenes schwarzes Gestein. Anders bei der Steinkohle: sie enthält schwarzglänzende und matte Lagen. Außerdem kommen Lagen eines stumpfschwarzen, zuweilen seidig-faserigen Materials von holzkohlenähnlicher Beschaffenheit im Sinne einer „fossilen“ Holzkohle (Fusit) vor. Anorganische Einlagerungen, wie Schwefelkies, Kalkspat oder Tonstein, heben sich von der schwarzen Kohlensubstanz deutlich ab. Diese Beobachtung läßt sich eigentlich bei allen Kohlenarten machen.

An dunkelbraunen bis schwarzbraunen Mattbraunkohlen ist noch etwas mehr erkennbar; in die mattbraune Grundmasse der Kohle (makroskopisch dichte Grundsubstanz, im mikroskopischen Bild aus feinstem Pflanzendetritus bestehend) sind schwarzglänzende Xylite (mit Humuskolloiden getränkte – vergelte – fossile Hölzer) und Fusit eingebettet. Manchmal deuten schwache Umrißformen von Pflanzenresten noch auf das pflanzliche Ausgangsmaterial hin.

Durch eine enorme Mannigfaltigkeit makroskopisch erkennbarer kohlenpetrographischer Merkmale zeichnet sich die Weichbraunkohle aus. Sie verlangt vom Geologen ein geübtes Auge und gute botanische Kenntnisse. Neben unterschiedlichen Brauntongestufen, die von gelbbraun bis schwarzbraun reichen, sind es vor allem die pflanzlichen Gewebereste, die das Bild der Kohle so interessant gestalten. Der teilweise erhebliche Anteil dieser pflanzlichen Gewebereste (Laubblätter, Nadeln, Wurzelreste, Gräserreste, Rindenreste, Pflanzenstengel) kann in den Weichbraunkohlen eine Schichtung hervorrufen.

In die Grundmasse eingelagerte Holzreste der ehemals im Moor wachsenden Bäume und Sträucher in unterschiedlichster Größe (von kleinen Bruchstücken, Ästen bis zu Stämmen und Stubben), schwarzglänzende Humusgele, Fusit, Samen, Früchte und Zapfen ergänzen das wechselvolle Bild der Weichbraunkohle.

Diese zu beobachtenden Merkmale sind noch einmal in Tab. 7 zusammengefaßt.

Worin sind nun die Ursachen für diese unterschiedliche petrographische Zusammensetzung der Kohlen zu suchen?

– Die Unterschiede werden durch das pflanzliche Ausgangsmaterial, d. h. durch die Zusammensetzung der torfbildenden Pflanzengemeinschaften bedingt. Aus den im Moor vorhande-

Tabelle 7. Makroskopisch erkennbare kohlenpetrographische Merkmale

Weichbraunkohlen	Mattbraunkohlen	Glanzbraunkohlen und Steinkohlen
Farbe (unterschiedliche Brauntönen von Gelbbraun bis Schwarzbraun)	dunkelbraune bis schwarzbraune Farbe	schwarze Farbe Glanz
Gewebeführung/Grundmasse Schichtung	Grundmasse	Mattigkeit
Gewebereste (Laubblätter, Nadeln, Rindenreste)		
Xylit (fossiles Holz)	Xylit	
Humusgel (ausgefällte Humuskolloide)	Humusgel	
Retinit (fossiles Harz)		
Fusit (fossile Holzkohle)		
anorganische Einlagerungen, z. B. Schwefelkies, Eisenspat, Kalkspat, Quarz, Dolomit		

nen unterschiedlichen Torfschichten (z. B. Bruchwaldtorf mit sehr viel Holzresten, Blättern, Stengeln; Gräserntorf mit zarten Grasblättern ohne Holzreste) entstehen in der biochemischen Phase der Inkohlung unterschiedlich zusammengesetzte Kohlenschichten. Außerdem können die jeweiligen Verrotfungsbedingungen (wie z. B. Klima, Säure- und Basenangebot, Grundwasserstand) eine Rolle spielen.

- Durch den Inkohlungsprozeß wird die pflanzliche Ausgangssubstanz chemisch und strukturell zunehmend gleichartig, wodurch das makropetrographische Bild der Kohle, insbesondere der Steinkohle und des Anthrazits, immer einheitlicher erscheint.

6.1.2. Makropetrographie der Kohlenflöze

Nun sollen nicht nur die Kohlenproben, sondern das gesamte Kohlenflöz betrachtet werden.

Das Kohlenflöz setzt sich aus einer Folge makroskopisch erkennbarer Kohlenlagen zusammen, die der Kohlengeologe als *Lithotypen* bezeichnet (Abb. 17).

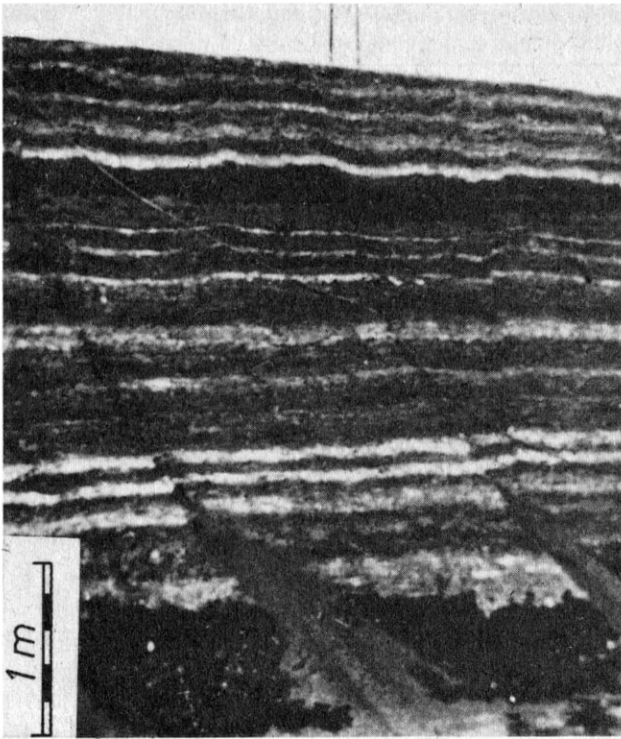


Abb. 17. Wechsellagerung brauner und gelbbrauner Lithotypen in einem Weichbraunkohlenflöz (Weißelsterbecken, DDR)

Diese Lithotypen werden durch die bereits beschriebenen und in Tab. 8 dargestellten kohlenpetrographischen Merkmale charakterisiert. Da die sichtbaren petrographischen Merkmale der Braun- und Steinkohlen mit steigendem Inkohlungsgrad anzahlmäßig weniger werden, gibt es für beide Kohlenarten getrennte Lithotypen-Klassifikationen (Tab. 8).

Die durchschnittliche Mächtigkeit der einzelnen Lagen, d. h. der Lithotypen, liegt

- bei Torfen im Meterbereich
- bei Weichbraunkohlen im Dezimeterbereich
- bei Hartbraunkohlen im Zentimeterbereich und
- bei Steinkohlen im Millimeterbereich!

Aus den bis zu mehreren Metern mächtigen Torfschichten ent-

Tabelle 8. Makropetrographische Lithotypen-Klassifikation der Humuskohlen

Kohlenart (Inkohlungsstufe)	Lithotypen	Symbol als Kurz- bezeichnung
Weichbraunkohle (DDR-Klassifikation)	Gelbe Kohle	GEK
	Braune Kohle	BK
	Schwarze Kohle	SWK
	Ungeschichtete Kohle	UGK
	Schwachgeschichtete Kohle	SGK
	Geschichtete Kohle	GK
	Flasrige Kohle	FK
	Schwach flasrige Kohle	SFK
	Xylit-Kohle	XK
Mattbraunkohle (ČSSR-Klassifikation)	Detritische Kohle	D
	Xylit-detritische Kohle	XD
	Xylodetritische Kohle	X = D
	Detrit-xylitische Kohle	DX
	Xylitische Kohle	X
	Gelitische Kohle	G
	Fusitische Kohle	F
Glanzbraunkohle und Steinkohle (internationale Klassifikation)	Glanzkohle	Vitrain
	Halbglanzkohle (Streifenkohle)	Clarain
	Mattkohle	Durain
	Faserkohle	Fusain

stehen während der Inkohlung nur millimeterstarke Steinkohlenlagen. Auch daran kann man erkennen, welche gewaltigen stofflichen und strukturellen Umwandlungen zuerst die organische Substanz und später die Kohlen selbst erfahren!

Die unterschiedlichen Lithotypen (Tab. 8) besitzen sehr abweichende petrographische, physikalische, chemische und damit verwertungstechnologische Eigenschaften. Durch den sehr unterschiedlichen Anteil der einzelnen Lithotypen am Flözaufbau und den damit vorherrschenden Eigenschaften wird die Nutzung jedes Flözes bestimmt. Dieser Zusammenhang zwischen Petrographie und Kohlenverwertung ist bei Braunkohlen sehr gut nachweisbar. So bestehen verschwelungswürdige Flöze vorrangig aus bitumenreichen gelben Kohlen. Im Falle von Steinkohlenflözen wird dieser Zusammenhang infolge inkohlungsbedingter Veränderungen der Kohleneigenschaften nicht so deutlich

sichtbar. Mit der Erfassung des makropetrographischen Bildes der Kohlen werden demzufolge gleichzeitig ihre stofflichen und verwertungstechnologischen Unterschiede erfaßt.

6.1.3. Mikropetrographie der Kohlen

Die mikropetrographischen Untersuchungen der Kohlen, die mit Hilfe ausgereifter, international meist einheitlicher Methoden durchgeführt werden, sind aus der Kohlengeologie nicht mehr wegzudenken. Es gibt moderne mikropetrographische Nachschlagewerke wie das „Internationale Lexikon für Kohlenpetrologie“ oder Stachs „Lehrbuch der Kohlenpetrologie“. In diesen Büchern werden die Untergliederung der Kohlengemengteile, ihre petrographische Beschreibung, chemische Kennzeichnung und ihre praktische Bedeutung ausführlich behandelt.

Untersuchungsverfahren

In West- und Mitteleuropa arbeitet man vorwiegend mit dem *Auflichtmikroskop* und Immersionsobjektiv (zwischen Kohleprobe und Objektiv befindet sich Öl oder Glycerin) (Abb. 18). Es werden dazu Kohlenanschliffe als Stückproben oder in Form sog. Körnerpräparate angefertigt.

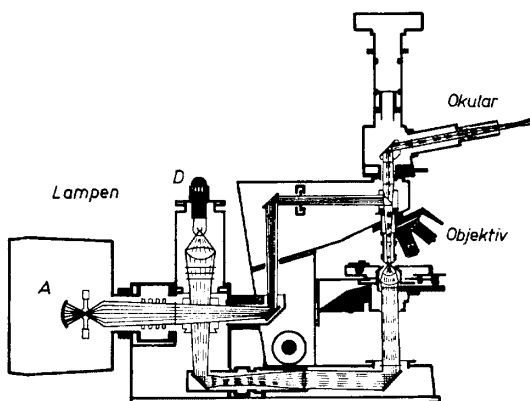


Abb. 18. Schema des Strahlenverlaufs im Durchlicht (D)- und Auflicht-(A)-Mikroskop

In der UdSSR und in den USA verwendet man häufig das *Durchlichtmikroskop*, um Kohlendünnschliffe zu analysieren.

Bei der mikropetrographischen Untersuchung werden *Macerale* – das sind die kleinsten Grundbestandteile der Kohlen (die „Minerale“ der Kohlen) – und *Mikrolithotypen*, d.h. Maceralvergesellschaftungen von $> 50 \mu\text{m}$ Größe, bestimmt.

Macerale der Kohlen

Es ist üblich, die Macerale der Kohlen in 3 Gruppen einzuteilen (Tab. 9). Die *Inertinitgruppe* („intert“ $\triangleq$ reaktionsträge, z. B. bei

Tabelle 9. Wichtige Macerale der Braun- und Steinkohle (nach ILKP, 1971, 1975)

Maceralgruppe	Maceral	Maceral	Maceralgruppe
Huminit	Textinit Ulminit Attrinit Densinit Gelinit	Telinit Vitrodetrinit Collinit	Vitrinit
Liptinit		Alginit Sporinit Resinit Cutinit	Liptinit (Exinit)
Inertinit		Fusinit Sclerotinit	Inertinit
BRAUNKOHLE		STEINKOHLE	

der Verkokung der Kohlen) enthält u. a. den Fusinit (fossile Holzkohle) und den Sclerotinit [fossile Pilzreste wie Pilzsporen, Pilzhypen (Zellfäden), Pilzmyzele (Gewebe)] (Abb. 19).

In die *Liptinit-* oder *Exinitgruppe* (bituminöse Gemengteile) gehören die Reste von Algen (Alginit), Sporen (Sporinit), Harzkörpern (Resinit) und Kutikulen (Blattoberhäute, Cutinit). Diese Bestandteile sind bei der Verkokung und Schwelung der Kohlen die hauptsächlichsten „Teer- und Gasbildner“.

Die Macerale der *Huminit-/Vitrinitgruppe* (humose Gemengteile) bilden die Hauptbestandteile der Humuskohlen. Sie bedin-

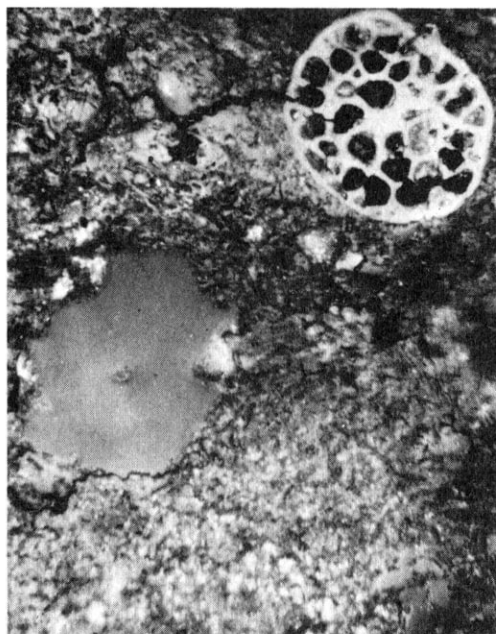


Abb. 19. Die drei Maceralgruppen der Braunkohle (Anschliff unter Öl, 400×)
 Inertinit (Pilzspore – rechts); Liptinit (Harzkorn – Bildmitte links); Huminit (detritische Grundmasse)

gen daher wichtige Veredlungseigenschaften, z. B. ist der Vitrit Träger der Verkokbarkeit der Steinkohlen. Sie werden nach der Ausbildungsform des humosen Ausgangsmaterials (Pflanzenge-
 webe, Pflanzendetritus, Humuskolloide) untergliedert (Tab. 10).

Mikrolithotypen der Kohlen

Die Steinkohlen setzen sich aus millimeterdünnen Lagen (Streifen) zusammen, die aus verschiedenen Maceralen aufgebaut sind. Diese Streifenarten werden als Mikrolithotypen bezeichnet. Sie können sowohl Macerale nur einer Maceralgruppe (monomaceralisch), von 2 Gruppen (bimaceralisch) oder auch von 3 Gruppen (trimaceralisch) enthalten (Tab. 11). So besteht beispielsweise der Clarit (Abb. 20) aus Vitrit (im Bild die graue

Tabelle 10. Die Macerale der Huminit-/Vitrinitgruppe in ihrem Werdegang

Humoses Ausgangsmaterial	Pflanzengewebe (Pflanzenzellen)	Feinster Pflanzendetritus	In Pflanzen ausgefällte Humuskolloide (Gele)
Braunkohle	<i>Textinit</i> (unvergelte Pflanzenzellen) <i>Ulminit</i> (vergelte Pflanzenzellen)	<i>Attrinit</i> (unvergelter Detritus) <i>Densinit</i> (vergelter Detritus)	<i>Gelinit</i>
Steinkohle	<i>Telinit</i> (Pflanzenstruktur zeigender Vitrinit)	<i>Vitrodetrinit</i> (detritischer Vitrinit)	<i>Collinit</i> (glatter, strukturloser Vitrinit)

Tabelle 11. Die wichtigsten Mikrolithotypen der Steinkohlen

Mikrolithotyp	Maceral-Anteil	Zusammensetzung
Vitrit Inertit (Fusit)	Vitrinit > 95 % Inertinit > 95 %	monomaceralisch
Clarit	Vitrinit + Liptinit > 95 %	bimaceralisch
Durit	Inertinit + Liptinit > 95 %	

Grundsubstanz) und aus Liptinit (im Bild langgestreckte dunkle Sporen).

Mit etwa 40–50 % ist der Vitrinit wichtigster Bestandteil der Steinkohlenflöze der Erde. Es folgen

Durit mit $\approx 30\%$

Clarit mit $\approx 20\%$ und

Inertit (meist Fusit) mit $\approx 5\text{--}10\%$.

Die Braunkohlen weisen im Mikrobereich ebenfalls eine größere petrographische Vielfalt auf. Darin liegen die Ursachen, daß bisher noch keine international verbindliche Mikrolithotypen-Klassifikation erarbeitet worden ist. Am Beispiel der DDR-Nomenklatur läßt sich aber zeigen, daß die Mikrolithotypen-Analyse von Weichbraunkohlen bis zur praktischen Anwendungsreife geführt werden kann. Wie bei den Maceralen werden die Mikrolith-

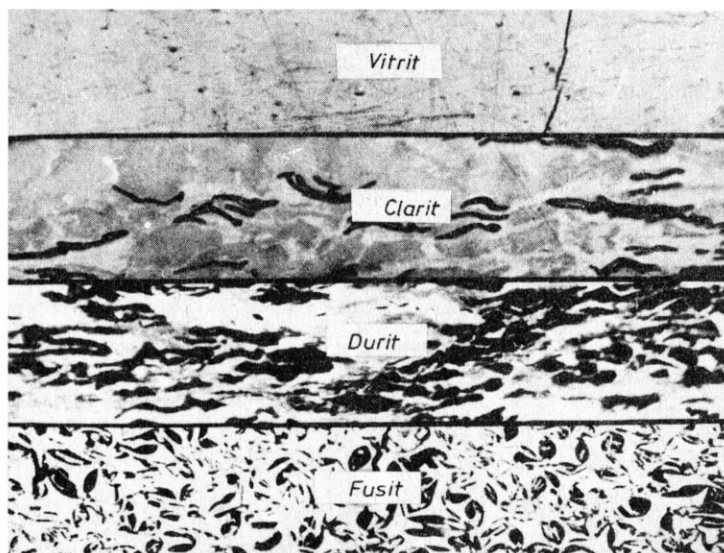


Abb. 20. Die vier Mikrolithotypen der Steinkohle (Anschnitt unter Öl, 360×; nach Stach u. a. 1975)

Tabelle 12. Weichbraunkohlen-Mikrolithotypen und ihre Eignung für die Braunkohlenhochtemperatur-(BHT-) Verkokung (nach Süss & Sontag)

Mikrolithotypen- gruppe	Mikrolithotyp	Eignung für BHT-Koks	Verko- kungs- klasse
Textit (gut erhaltenes Pflanzengewebe)	Eu-Textit	ungeeignet	I
Detrit (poröse Grundmasse, Detritus)	Medio-Textit	} bedingt geeignet	II
	Gelo-Textit		
	Texto-Detrit	} geeignet	III
	Eu-Detrit		
Gelit (homogenisierte, vergelte Bestand- teile)	Gelo-Detrit	} ungeeignet	I
	Texto-Gelit		
	Detro-Gelit		
Liptit (Bitumit)	Eu-Gelit		
Inertit			

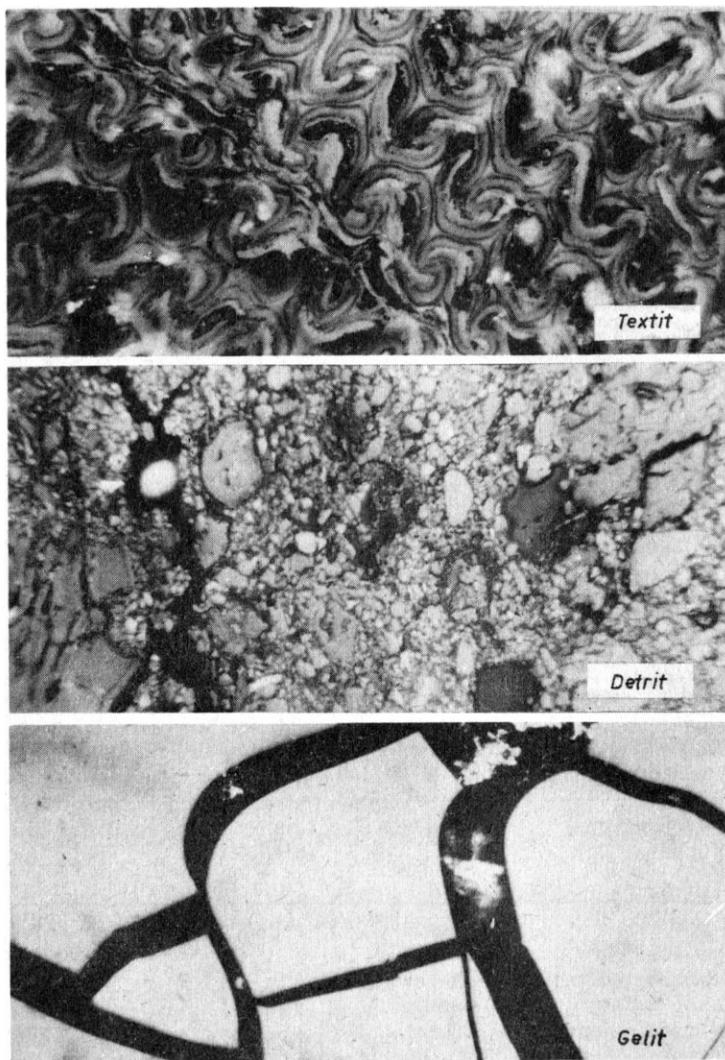


Abb. 21. Mikrolithotypen der Braunkohle (Anschliff unter Öl, 400×)

thotypen in 3 Gruppen eingeteilt (Tab. 12): in die huminitische Gruppe mit *Textit*, *Detrit* und *Gelit* sowie in die Gruppen *Liptit* und *Inertit* (Abb. 21).

Bei den Textiten und Detriten werden verschiedene Vergelungsstufen (Anteile an Humuskolloiden) unterschieden. Die Gelitgruppe enthält neben reinen Gelausfällungen (Eu-Gelit) auch total vergelten Textit und Detrit. Mit steigender Vergelung ist eine Zunahme veredlungungünstiger Eigenschaften verbunden, denn der Gelit fügt sich nur schlecht in den Brikettkornverband ein und verursacht durch seine Schrumpfrisse einen schnellen Zerfall der Briketts. Für die Einschätzung der Brikettierfähigkeit bzw. Verkokbarkeit von Weichbraunkohlen werden deshalb Klassen der brikettier- bzw. verkokungsgünstigen, -ungünstigen und -feindlichen Mikrolithotypen zusammengefaßt (s. Tab. 12). Auf Grund dieser Klasseneinteilung gelang es Sontag und Süss, die für die Braunkohlenverkokung (Braunkohlenhochtemperaturkoks – BHT-Koks) günstigsten Lithotypen und Flözbereiche mikropetrographisch eindeutig abzugrenzen (Abb. 22). Die quantitative mikropetrographische Analyse (QMA) ist als

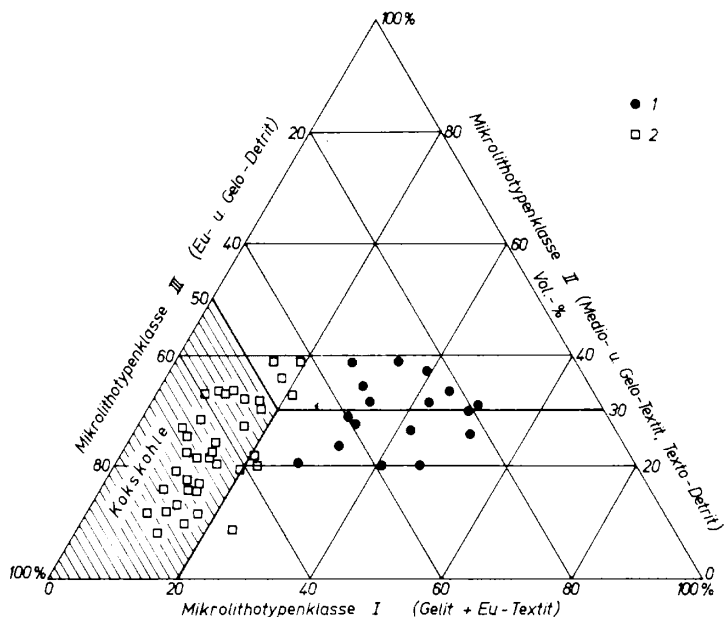


Abb. 22. Kokskohlendiagramm für Braunkohlenhochtemperatur-(BHT-) Koks (nach Süss & Sontag 1973)

1 Kohlenproben unteres Flözdrittel; 2 Kohlenproben mittleres und oberes Flözdrittel ($\hat{=}$ Kokskohle)

Verfahren zur Kennzeichnung von Brikettier- und Verkokungseigenschaften der Braunkohlen der DDR unentbehrlich und findet sowohl in der Braunkohlenerkundung als auch in der Braunkohlenveredlung ihre praktische Anwendung.

Außerdem können auf diesem Wege auch die torfbildenden Pflanzen bestimmt werden. Zur paläobotanischen Untersuchung dieser Gewebe- und Blattreste sowie von Pollen und Sporen sind jedoch mikroskopische Analysen im durchfallenden Licht besser geeignet.

Wichtigste mikropetrographische Bestandteile eines „Durchschnitt-Weichbraunkohlenflözes“ sind

unvergelter Detrit $\approx 50\%$

vergelter Detrit $\approx 20\%$

Textit $\approx 15\%$

Gelit $\approx 10\%$

Liptit und Bitumit je $0,5\%$

anorganische Bestandteile, wie Quarz, Ton, Schwefelkies $\approx 4\%$.

6.1.4. *Inkohlung im Mikrobild – das Reflexionsvermögen des Vitrinites*

Im Verlaufe der Inkohlung ist mikropetrographisch ein zunehmendes Verdichten und Angleichen, d. h. eine Homogenisierung der Macerale und Mikrolithotypen, vor allem der humosen, zu beobachten. Dies beginnt in der biochemischen Phase mit der Vergelung der Kohlen, d. h. einer vom Moortyp und anderen Faktoren abhängigen kolloidchemischen Ausfällung von Gelen in Hohlräumen der Kohle und in der Pflanzensubstanz selbst. Im Übergangsstadium Mattbraunkohle zu Glanzbraunkohle werden unter Einwirkung erhöhter Druck- und Temperaturverhältnisse die noch unvergelt vorliegenden Humussubstanzen der Braunkohle in einen Gelzustand überführt (*Vitrinitisierung* oder *Collinitisierung* der Kohlen).

Makroskopisch läßt sich dieser Vorgang am besten daran erkennen, daß mit steigender Inkohlung die Kohlen immer dunkler (schwarz) und glänzender werden. Bei der Untersuchung mit dem Auflichtmikroskop hingegen erscheinen die Kohlenmengenteile immer heller, weil das Licht stärker reflektiert wird.

Da sich diese Erscheinung der Kohlen mikrophotometrisch exakt messen läßt, wurde die Bestimmung des Reflexionsvermögens der Vitrinite zu einem der wichtigsten mikropetrographischen

Untersuchungsverfahren der Steinkohlen und Anthrazite. Dafür seien zwei Beispiele genannt:

1. Bestimmung des Inkohlungsgrades

Für die Verwendung und den Handel mit Steinkohlen wird der Inkohlungsgrad ermittelt. Hauptparameter der Steinkohlenklassifikationen sind bisher der Gehalt an flüchtigen Bestandteilen und der Heizwert. Obwohl viele nationale und Handelsklassifikationen noch auf diesen chemischen Parametern basieren,

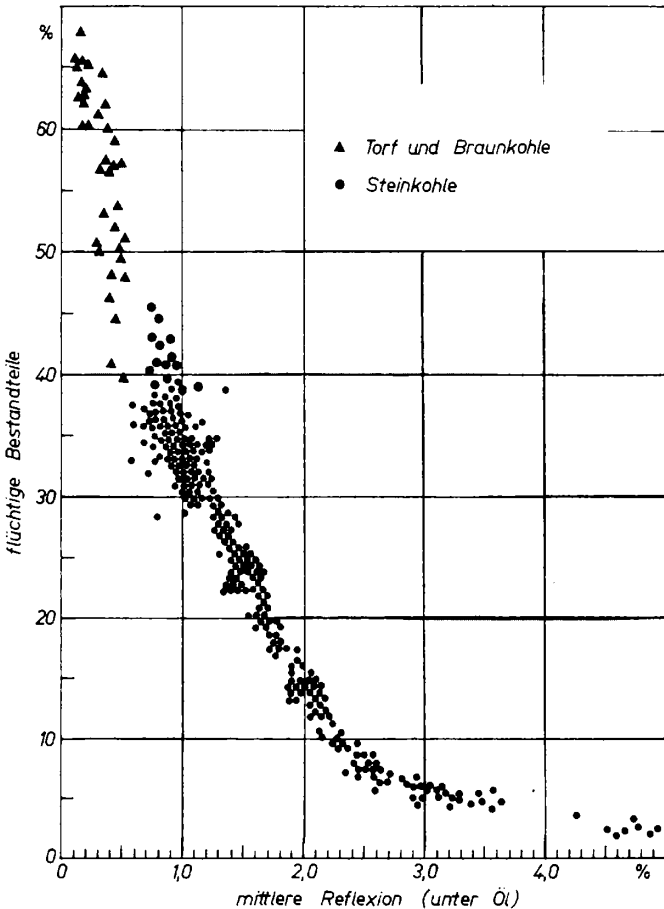


Abb. 23. Beziehung zwischen dem Gehalt an flüchtigen Bestandteilen von Vitrain und der Vitrinit-Reflexion (nach M. Teichmüller 1970)

setzt sich heute mehr und mehr die Bestimmung des Reflexionsvermögens an Vitrit durch.

2. Zusammensetzung von Kohlenmischungen

Steinkohlen für die Koksherstellung werden häufig als Kohlenmischung auf der Grundlage der chemischen Klassifikationsparameter angeboten. Die Koksqualität ist aber weniger von chemischen, sondern mehr von inkohlungsbedingten petrographischen Kennziffern abhängig.

Die verschiedenen Inkohlungsstufen der an der Mischung beteiligten Kohlen lassen sich aber nur mit Hilfe des Reflexionsvermögens ermitteln. Sind sie bekannt, dann können über die enge korrelative Beziehung zwischen dem Gehalt an flüchtigen Bestandteilen des Vitrits und der Vitritreflexion (Abb. 23) die einzelnen Steinkohlensorten und damit die Qualität des zu erwartenden Kokes bestimmt werden.

In mehreren kohlefördernden Industrieländern wird mit Hilfe der Vitritreflexion sogar die Koksfestigkeit vorausberechnet (Stach u. a. 1975).

Mit Zunahme der Inkohlung steigt nicht nur die Reflexion des Vitrits, sondern auch die des Liptinit. An der Grenze Gaskohle zu Fettkohle (bei 1,2 % Vitritreflexion) nimmt die Reflexion des Liptinit sprunghaft zu. Dieser „Inkohlungssprung“ wurde von Stach, dem Altmeister der Kohlenpetrographie, erstmals beschrieben. An der Grenze Fettkohle zu Eßkohle (bei 1,6 % Reflexion) weisen Sporinit und Vitrit die gleiche Reflexion auf. Es bedarf großer Erfahrungen, um aus dem gleichen Reflexionswert für Vitrit und Exinit auf den Ausgangsstoff zu schließen.

6.2. Chemische Eigenschaften der Kohlen

Die chemischen Eigenschaften der Kohlen lassen sich am einfachsten anhand ihrer chemischen Grundzusammensetzung erläutern (Tab. 13). Hauptbestandteil und Träger der Veredlungsei-

Tabelle 13. Chemische Zusammensetzung der Kohlen

Organische Substanz	Anorganische Substanz	Wasser
Kohlenstoff C	Asche A	W
Wasserstoff H	(einschließlich des anorganischen Schwefels)	
Sauerstoff O		
Stickstoff N		
verbrennlicher Schwefel S		

enschaften ist die organische Substanz, der verbrennbare Anteil der Kohlen. Asche und Wasser hingegen sind unverbrennliche Nebenbestandteile oder Ballaststoffe der Kohlen.

6.2.1. *Wassergehalt*

Mit dem Wassergehalt ist das in der Kohle grob gebundene Wasser gemeint. Es ist jedoch zu bemerken, daß auch die anorganische Substanz in geringen Mengen Kristallwasser enthält und in feinsten Porenräumen der organischen Substanz außerdem noch Kapillarwasser vorkommt.

Der Wassergehalt ist sehr stark inkohlungsabhängig. So führen Weichbraunkohlen 50–60 %, Hartbraunkohlen 15–20 % sowie Steinkohlen und Anthrazit 5–8 % Wasser.

6.2.2. *Anorganische Substanz*

Die anorganische (mineralische) Substanz der Kohlen wird in der Praxis über den Aschegehalt (Glührückstand) bestimmt. Der überwiegende Teil der Asche stammt von den Sedimenten, die ins Moor eingeschwemmt oder eingeweht bzw. nachträglich ins Flöz eingebracht worden sind. Der primäre Anteil der in den Pflanzen vorkommenden Mineralsubstanzen ist demgegenüber verschwindend gering. Mit 60–80 % aller mineralischen Bestandteile sind die Tonminerale (Kaolinit, Illit, Montmorillonit) am meisten beteiligt. Außerdem kommen noch Karbonate [Calcit, Kalkspat, Siderit (Eisenspat), Ankerit (Eisendolomit)], Eisensulfide [Pyrit, Markasit (Eisenkies)] und Quarz in den Kohlen vor.

Auf Grund dieser mineralischen Bestandteile sind – neben Spurenelementen – folgende Elemente in der Asche vorhanden:

Si, Al, Fe, Ca, Mg, S, Ti, P, Mn, K, Na.

Von der Höhe des Aschegehalts und der Aschezusammensetzung hängt im entscheidenden Maße der Verwendungszweck der Kohlen ab. Kohlen mit niedrigem Aschegehalt sind meist hochwertig und können einer weiteren Veredlung (Brikett- und Koksherstellung) zugeführt werden. Die Nutzung aschereicher Kohlen ist schwieriger und mit einem höheren Aufwand verbunden. So können aschereiche Braunkohlen nur für energetische Zwecke eingesetzt werden. Bei aschereichen Steinkohlen gelingt es mit Hilfe der Schweretrennung, die Berge – das sind mineralische Bestandteile in Form von Gesteinsbeimengungen – aus

der Kohle herauszuwaschen und dadurch eine bessere – asche-arme – Qualität zu erzielen. Je geringer der Aschegehalt derartiger Kohlen, desto höher ihre „Heizkraft“ (Verbrennungswärme, Tab. 14). Auch die Aschezusammensetzung kann die Nutzung der Kohlen beeinflussen. So gibt es Weichbraunkohlen mit Alkaliegehalten in der Asche von einem und mehr Prozent („Salzkohlen“). Dadurch können sich bei der Verbrennung dieser Kohlen aggressive Verbindungen bilden, die selbst Metalle angreifen. Außerdem kommt es infolge Erniedrigung des Ascheschmelzpunktes zu Verschlackungserscheinungen im Feuerraum.

Die Aschegehalte sind nicht inkohlungsabhängig und in den einzelnen Lagerstätten auch verschieden.

Beispiele:

Braunkohlen	Asche (A^d) (bezogen auf wasserfreie Kohlen-substanz)
Latrobe Valley (Australien)	1– 3 %
Niederrheinisches Revier (BRD)	4– 6 %
Niederlausitzer Revier (DDR)	7–10 %
Steinkohlen	
Kusnezkecken (UdSSR)	2– 6 %

Viele Länder der Erde verfügen aber nicht über Kohlen dieser hohen Qualität. Ihre Industrie muß mit wesentlich größeren Ascheanteilen zurechtkommen.

Beispiele:

	A^d
Braunkohlen von Megalopolis (Griechenland)	35–37 %
Braunkohlenlagerstätte Maritza-Ost (Bulgarien)	18–33 %

Ein unerwünschter Begleiter der Kohlen ist der *Schwefel*; bei der Kohlenverbrennung entsteht Schwefeldioxid, das die Umwelt belasten kann, wenn die Rauchgase nicht genügend gereinigt werden. Der meiste Schwefel ist an mineralische Aschebestandteile – besonders an Pyrit und Markasit (Schwefeleisen) – gebunden. Er tritt als Sulfid-, Disulfid- und Sulfatschwefel auf. Ein Teil des Schwefels kann aber auch direkt in der organischen Substanz vorhanden sein (organischer Schwefel).

Sehr viele Kohlenlagerstätten der Erde weisen niedrige Schwefelgehalte von 0,1–1,5 % (bezogen auf wasserfreie Kohle) auf.

Beispiele:

Niederlausitzer Braunkohlenrevier (DDR)
Tungusker Steinkohlenbecken (UdSSR)

Es kommen aber auch Kohlenflöze mit einem Gesamtschwefel-

gehalt von 3–6 % (bezogen auf wasserfreie Kohlen) und höher vor.

Beispiele:

Leipziger Braunkohlenrevier (DDR)	3–4 %
Moskauer Becken (UdSSR)	–6 %
Bereiche des Irkutsker Beckens (UdSSR)	–12 %

6.2.3. Organische Substanz

Die Elementarzusammensetzung (s. Tab. 13), die Verbrennungswärme, der Gehalt an flüchtigen Bestandteilen (Tab. 14) und an Bitumen sowie die Schwelteerausbeute sind die chemischen Merkmale, die die Eigenschaften der organischen Substanz und damit auch die Qualität der Kohlen bestimmen.

*Tabelle 14. Chemische Eigenschaften der Kohlen
(ergänzt nach Baumann u. a. 1979)*

Kohlenart	Flüchtige Bestandteile $V^{daf} \%$ ¹	Kohlenstoff $C^{daf} \%$	Wasserstoff $H^{daf} \%$	Verbrennungswärme (oberer Heizwert) MJ/kg
Torf	70...63	53...62	5,7... 6,5	21,0...24,0
Braunkohle	62...40	63...76	5,0... 6,7	25,0...31,0
Steinkohle	46... 8	76...96	3,4... 6,0	32,0...36,5
Anthrazit	10... 1	89...96	1,3... 3,0	34,0...35,5
Sapropelkohle	60...35	63...83	7,2...10,0	38,0...41,5

¹ daf $\hat{=}$ bezogen auf wasser- und aschefreie Kohle

Die chemischen Eigenschaften sind wesentlich vom pflanzlichen Ausgangsmaterial abhängig und werden durch den Inkohlungsgrad beeinflusst. So liegt beispielsweise die wesentlich höhere Verbrennungswärme der Sapropelkohlen im sapropelitischen Ausgangsmaterial begründet (s. Tab. 14).

Während der Inkohlung erfuhren die Kohlen einen Reifeprozess, der sich bei den Humuskohlen chemisch in einer Zunahme des Kohlenstoffs und Heizwertes und in einer Abnahme der flüchtigen Bestandteile, des Sauerstoffs und Wasserstoffs ausdrückt (s. Tab. 14 u. Abb. 24). Mit diesen chemischen Merkmalen lassen

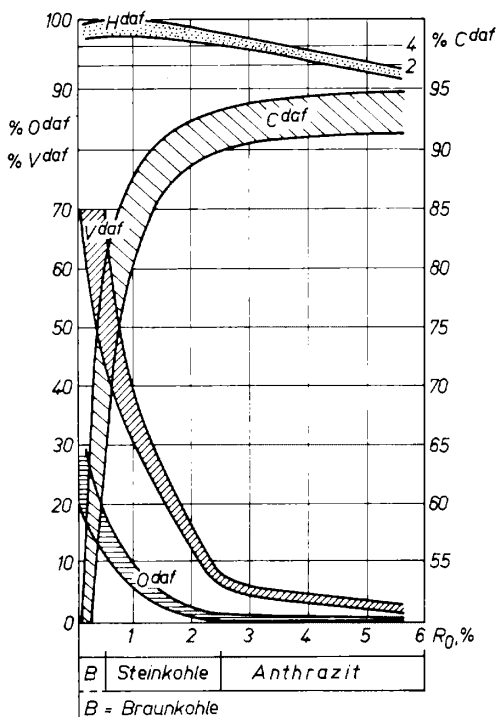


Abb. 24. Änderung wichtiger chemischer Eigenschaften der Kohlen im Verlaufe der Inkohlung (aus Stach u. a. 1975)
 V flüchtige Bestandteile; C Kohlenstoffgehalt; O Sauerstoffgehalt; H Wasserstoffgehalt; R_0 Reflexionsvermögen (alle Angaben bezogen auf wasser- und aschefreie Kohle)

sich in der Praxis die Qualitätseigenschaften der Kohlen gut charakterisieren.

Die chemischen Bausteine der organischen Substanz sind noch nicht genug bekannt, da sie der normalen chemischen Analyse schwer zugänglich sind. Säuren- und Laugenaufschlüsse zerstören die primäre chemische Struktur der Kohlen schnell. Trotzdem wissen wir heute, daß die Kohlen eine kolloidale bis makromolekulare Struktur aufweisen sowie aus Huminsäuren und deren Salzen (Humine, Humate) bestehen (Abb. 15).

Die Braunkohlen enthalten in unterschiedlichen Anteilen sauerstoffhaltige funktionelle Gruppen wie Carboxyl-, Carbonyl-, Hydroxyl- und Methoxylgruppen.

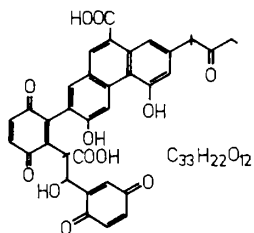


Abb. 25. Huminsäuremodell nach Kröger

Relativ viele Kohlenmoleküle sind durch Wasserstoffbrückenbindungen miteinander verknüpft. Im Verlaufe der Inkohlung verändern sich diese hydroaromatischen Strukturen tiefgreifend. Die O_2 - und CH_2 -Brücken werden durch Abgabe von CO_2 und H_2O allmählich abgebaut, während der Gehalt an aromatischem Kohlenwasserstoff zunimmt.

Dieser strukturchemische Umwandlungsprozeß durchläuft im Fettkohlenstadium eine besondere Phase.

Durch das Verschwinden der nichtaromatischen Bestandteile, vor allem des Sauerstoffs, geht die Festigkeit der Kohlen stark zurück, während die Plastizität und Verkokbarkeit ein Maximum erreichen (Kokskohlenstadium). An der Grenze Fett- zur Eßkohle wird in verstärktem Maße Wasserstoff in Form von Methan abgegeben (Inkohlungssprung). Die Verknüpfung und Vernetzung der Makromoleküle sind durch eine weitere Aromatisierung und Ringkondensation gekennzeichnet, die sich bis ins Anthrazitstadium verstärkt fortsetzen.

6.3. Physikalische Eigenschaften der Kohlen

Zwei physikalische Eigenschaften haben wir bereits kennengelernt: die Farbe und die mikroskopische Struktur der Kohlen (siehe Makro- und Mikropetrographie). Weitere physikalische Kennwerte zeigt die folgende Übersicht:

Strukturkennwerte:

Schüttdichte	Porosität	Härte	elektronenmikro-
Rohdichte	Permeabilität	E-Modul	skopisches Bild
Reindichte	Porenverteilung		Röntgenbeugung

Thermische Kennwerte:

Wärmeleitfähigkeit
Wärmeausdehnung
spezifische Wärme

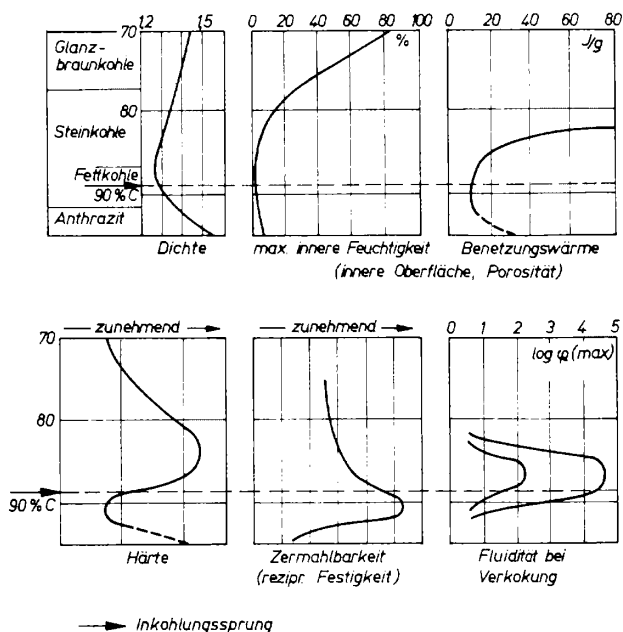


Abb. 26. Physikalische Veränderungen der Kohlen im Verlaufe der Inkohlung (aus Stach u. a. 1975)

Die physikalischen Eigenschaften sind ebenso inkohlungsabhängig wie die chemischen (Abb. 26). Dabei fällt auf, daß Dichte, Porosität, Härte sowie von den chemischen Parametern der Wassergehalt an der Grenze Fettkohle zur Eßkohle ihr Minimum durchlaufen und danach wieder ansteigen.

Eine physikalische Eigenschaft soll noch etwas näher vorgestellt werden: die Dichte der Kohlen. Der Strukturkennwert „Dichte“ wird als Schüttdichte, Reindichte oder Rohdichte angegeben. Die Schüttdichte ist fast schon ein technologischer Parameter, der dem Geologen und Kohlenveredler Auskunft über die Körnung der Kohlen gibt. Die Reindichte erreicht als Dichte der organischen Substanz folgende Werte (in kg/m^3):

Torf 1,0; Braunkohle 1,2; Steinkohle 1,25–1,4; Anthrazit 1,4–1,6.

Die Rohdichte schließt organische und anorganische Substanz ein. Es besteht ein enger Zusammenhang zwischen Aschege-

haltsanstieg und Rohdichtezunahme. Dieser Anstieg geht mit einem merklichen Abfall des Wassergehalts, des Heizwertes und des Anteils an organischen Substanzen einher.

6.4. Zur Veredlung der Kohlen

Die im Tagebau oder unter Tage gewonnene Rohkohle stellt noch kein verkaufsfähiges Produkt dar. Das Fördergut ist teilweise mineralisch verunreinigt oder enthält als zusätzlichen Ballaststoff sehr viel Wasser, besonders im Falle von Weichbraunkohlen.

Erst die Weiterverarbeitung und Veredlung zu Briketts, Koks, Brennstaub, Elektroenergie, Wärmeenergie, Dampf, gasförmigen und flüssigen Produkten macht die Kohle so wertvoll (Abb. 27). Die bei der Kohlenveredlung anfallenden Grundstoffe, wie Benzen, Ammoniak, Schwefelsäure und Teer, sind unentbehrlich für die chemische und pharmazeutische Industrie sowie für die Baustoffindustrie. Aber nicht jede Kohle läßt sich ohne weiteres brikettieren oder verkoken. Die unterschiedlichen chemischen und physikalischen sowie petrographischen Eigenschaften der einzelnen Kohlenarten setzen der Verwertung na-

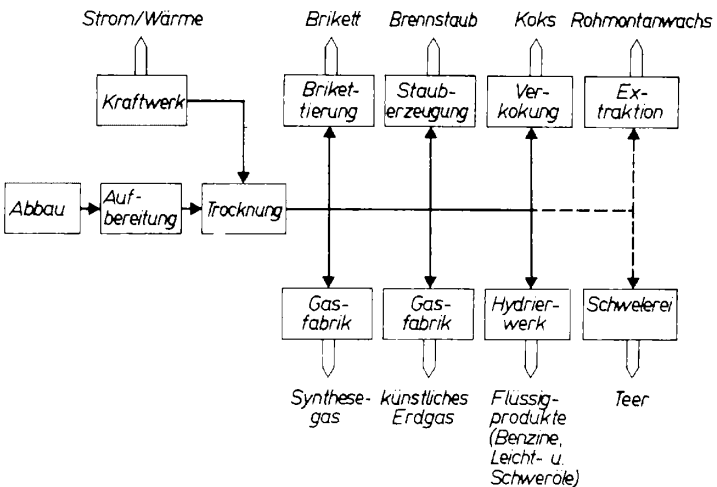


Abb. 27. Schema der Kohlenverwertung (verändert nach Wolfrum 1983)

türliche Grenzen, da jedes Veredlungsverfahren ganz bestimmte Ansprüche an den Rohstoff Kohle stellt.

Die Einschätzung der jeweils erforderlichen Kohlensorten erfolgt deshalb auf der Grundlage chemischer, physikalischer und petrographischer Kennwerte. Die Richtwerte sind in den einzelnen Ländern verschieden und werden meist durch staatliche Standards geregelt.

Zur Qualitätseinschätzung von Steinkohlenkoks sind beispielsweise Asche- und Schwefelgehalte, das Backvermögen bzw. die Dicke der plastischen Schicht sowie der Gehalt an flüchtigen Bestandteilen oder die Vitrinitreflexion besonders geeignet.

Braunkohlensorten werden ebenfalls auf der Grundlage chemischer und petrographischer Richtwerte unterschieden. Ein Beispiel sind die in der DDR industriell genutzten Weichbraunkohlensorten (Tab. 15).

Betrachten wir nun die Veredlungsverfahren etwas näher.

Tabelle 15. Industrielle Weichbraunkohlensorten (DDR)

Kohlensorte	Kohlenchemische u. petrographische Richtwerte (bezogen auf wasserfreie Kohlen)
Kokskohle	< 8 % Asche, < 1,2 % Schwefel, wenig Xylit, wenig Gelit
Schwelkohle	< 15 % Asche, > 15 % Schwelteer, gelbe, ungeschichtete Kohlen
Extraktionskohle	< 15 % Asche, > 14 % Bitumen, sehr viel Wachs im Bitumen, gelbe, ungeschichtete Kohlen
Brikettierkohle	< 15 % Asche (alttertiäre Flöze) < 10 % Asche (jungtertiäre Flöze) > 22,6 MJ/kg Heizwert, wenig Gelit
Kesselkohle	> 15 % Asche (alttertiäre Flöze) > 10 % Asche (jungtertiäre Flöze)

Aufbereitung

Die Kohlenverwertung beginnt mit der Aufbereitung des Fördergutes. Die in ganz unterschiedlich großen Stücken gewonnenen Kohlen werden gebrochen, gemahlen und anschließend gesiebt. In der Förderkohle sind häufig auch Anteile von Nebengestein – vom Bergmann als Berge bezeichnet – enthalten, die man nach Möglichkeit von der Kohle trennen will. Bei Braunkohlenflözen handelt es sich dabei um unverfestigte Tone, Schluffe und Sande. Anders hingegen verhält es sich bei den Steinkohlen, da

die Berge aus festen Ton- und Sandsteinen bestehen. Kohle und Berge lassen sich jedoch meist mit ökonomisch vertretbarem Aufwand voneinander trennen. In Setzmaschinen wird das Fördergut gewaschen, d. h., in einem mit Wasser gefüllten U-Rohr schwimmt die Kohle oben, und die schwereren Berge sinken nach unten. Die gewaschene Stückkohle kommt als Grob- oder Nußkohle in den Handel und dient meist der Elektroenergiegewinnung.

Die Trocknung spielt nur bei der Verwertung von Braunkohlen eine wichtige Rolle. Dadurch wird der störende Wassergehalt stark reduziert (z. B. werden Weichbraunkohlen von 55 % Wasser auf 15 % Wasser getrocknet). Für die Steinkohle ist nur die Trocknung der gewaschenen Kohle erwähnenswert, wenn diese zu Briketts verarbeitet werden soll.

Brikettierung

Bei der Aufbereitung der Steinkohlen fallen mehr als 50 % Feinkohle und Kohlenstaub an. Aus diesem Material werden unter Zugabe von erhitztem, flüssigem Bindemittel (Pech) Briketts gepreßt. Hierfür eignet sich besonders der Kohlenstaub anthrazitischer Kohlen, da dieser sehr raucharm verbrennt.

Für die Braunkohlen, insbesondere die Weichbraunkohlen, hat die Brikettierung eine überragende Bedeutung. Die getrocknete Kohle wird, im Gegensatz zur Steinkohle, auf Stangpressen ohne Bindemittel zusammengepreßt. Den Zusammenhalt bewirken die Wasserstoffbrückenbindungen zwischen den Kohlemolekülen (siehe Abschn. 6.2.).

Durch die Brikettierung entstehen aus den „weichen“ Kohlen feste Kohlenstücke. Diese sind die Grundlage für weitere Veredlungsstufen, z. B. für die Verkokung oder Schwelung.

Stauberzeugung

In den letzten Jahren hat die industrielle Bedeutung von Kohlenstaub zugenommen. Der Brennstaub wird vor allem in den Drehrohröfen der Zement- und Kalkindustrie eingesetzt. Er soll im großen Umfang Erdöl ersetzen.

Verkokung

Wichtigstes Veredlungsprodukt der Kohlen ist nach wie vor der Koks. Er wird in großen Mengen in der metallurgischen Industrie benötigt. Für die Steinkohlenverkokung kommen nur hochwertige Fein- und Stückkohlen zum Einsatz (Tab. 16). Bei der Verkokung wird das Einsatzgut in luftdicht verschlossenen Öfen erhitzt. Die Kohle kann so nicht verbrennen, sondern nur entgasen und zusammenbacken. Neben Koks entstehen noch weitere nützliche Produkte, wie Stadtgas, Teer, Benzol, Ammoniak.

Auch asche- und schwefelarme Weichbraunkohlen können, wenn sie die entsprechenden petrographischen Eigenschaften besitzen (Abschn. 6.1.3.), zu Braunkohlenkoks verarbeitet werden (z. B. BHT-Koks aus Weichbraunkohlen nach Rammler und Bilkenroth).

Tabelle 16. Anteil der Kokskohlen an der Gesamtkohlenförderung im Ruhrgebiet (BRD) 1981

Kohlensorte	Kohlenart	Anteil an der Förderung (%)
Hochwertige Kokskohle	Fettkohle	61
Schwach kokende bis kokende Steinkohle	Flammkohle bis Gaskohle	28
Schwach kokende Steinkohle	Eßkohle	3
nichtkokende Kohle	Magerkohle und Anthrazit	8

Schwelung

Sapropelkohlen, Braunkohlen und gering inkohlte Steinkohlen, die mehr als 12 % Teer enthalten, können verschwelt werden. Der technische Prozeß ist mit der Verkokung vergleichbar, läuft aber bei niedrigeren Temperaturen ab. Durch die Schwelung der Kohlen werden volkswirtschaftlich wichtige chemische Rohstoffe, wie Teer, Leicht- und Mittelöle, Schwelgas, Rohphenole und Ketone, gewonnen.

Extraktion

Ein spezielles Veredlungsverfahren ist die Montanwachsgewinnung durch Niederdruckextraktion mittels Benzol oder Toluol.

Dafür eignen sich nur bitumen- und wachsreiche Braunkohlen. Seit mehr als 85 Jahren wird im östlichen Harzvorland und früher auch im Zeitzer Braunkohlenrevier dieser begehrte Rohstoff für die Herstellung von Kohlepapier, Schuh- und Fußbodenpfliegemitteln, zum Einsatz in der Gummiindustrie sowie für die Plastikverarbeitung genutzt. In der DDR werden über 80 % der Weltproduktion an Montanwachs hergestellt.

Vergasung und Verflüssigung (Hydrierung)

Die Gewinnung brennbarer Gase sowie flüssiger Kohlenwasserstoffe (u. a. Benzin) aus Kohlen ist seitens der technischen Problemlösung nicht neu (vgl. Tab. 1).

Diese – heute weiterentwickelten – Veredlungsverfahren gewinnen aber zunehmend an Bedeutung. Braun- und Steinkohlen sollen in naher Zukunft Erdöl- und Erdgasprodukte weitgehend ersetzen. In vielen hochentwickelten Industrieländern (z. B. auch in der DDR und der BRD) existieren bereits Pilotanlagen. Der Zeitpunkt, die neuen Verfahren im großen Umfang volkswirtschaftlich rentabel einzusetzen, hängt im entscheidenden Maße von der weiteren technischen Vervollkommenung dieser Verfahren sowie vom Erschöpfungsgrad der Erdölvorräte ab.

7. Kohlenvorkommen der Erde

7.1. Wie lange reichen die Kohlenvorräte?

Von jeher haben sich alle Förderländer mineralischer Rohstoffe darum bemüht, die Lebensdauer des jeweiligen Rohstoffs so exakt wie nur möglich zu ermitteln. Dies gilt auch für die Kohlenvorräte.

Aus den Tab. 17 und 18 läßt sich ablesen, daß sowohl die Menge der geologisch nachgewiesenen als auch der davon wirtschaftlich gewinnbaren Vorräte ausreichen würde, um die Kohlenversorgung der einzelnen Länder weit bis ins kommende Jahrtausend hinein zu sichern.

Tabelle 17. Vorräte, Förderung und Gewinnungsarten der wichtigsten kohlefördernden Länder – Braunkohlen (Stand 1980)

Land	Kennwerte				
	geolog. Vorräte (gesamt)	wirtsch. gewinn- bare Vorräte	För- derung 1979	Gewinnung im	
				Tiefbau	Tagebau
	in Mrd. t		in Mill. t		
UdSSR	3 316,0	129,0	161,1	42,0	119,1
USA	2 313,3	116,1	37,2	–	37,2
Kanada	375,4	4,3	5,0	–	5,0
Australien	213,1	33,9	31,9	–	31,9
BRD	56,0	35,0	130,6	0,4	130,2
DDR	46,0	25,0	256,0	–	256,0
China	40,5	40,5	–	–	–
Polen	40,0	24,0	38,1	0,2	37,9
Jugoslawien	21,6	16,9	41,7	18,1	23,6
ČSSR	8,8	2,9	96,2	14,5	81,7
Ungarn	8,6	4,0	22,7	15,2	7,5
Türkei	5,1	2,7	14,1	3,5	10,6
Bulgarien	5,1	3,7	27,9	5,2	22,3
Griechenland	5,0	2,7	23,6	–	23,6
Rumänien	3,3	1,5	22,4	(10,4)	(12,0)
Indien	2,2	1,6	3,3	–	3,3
Spanien	1,7	0,6	10,6	3,5	7,2
Österreich	0,2	0,13	2,7	1,9	0,8
Frankreich	0,1	0,06	2,5	1,6	0,9

Außerdem ist aber erkennbar, daß zwischen den geologisch nachgewiesenen und wirtschaftlich gewinnbaren Vorräten große Unterschiede bestehen können. Die mehr oder weniger vollständige wirtschaftliche Nutzung der geologisch vorhandenen Kohlenvorräte hängt weitgehend vom Bedarf sowie dem Entwicklungsstand und der ökonomischen Rentabilität der Gewinnungs- und Verarbeitungstechnologien ab. Hierbei sind die klimatischen und geographischen Bedingungen für die Erschließung der Lagerstätten und Vorkommen ebenso wichtig wie die Transportwege zwischen den Fördergebieten und Verbraucherzentren.

Es gibt zahlreiche Untersuchungen zur Lebensdauer der Kohlenvorräte, die in ihren Ergebnissen aber recht unterschiedlich aus-

Tabelle 18. Vorräte, Förderung und Gewinnungsarten der wichtigsten kohlefördernden Länder – Steinkohlen einschließlich Anthrazit (Stand 1980)

Land	Kennwerte				
	geolog. Vorräte (gesamt)	wirtsch. gewinn- bare Vorräte	För- derung 1979	Gewinnung im	
				Tiefbau	Tagebau
	in Mrd. t		in Mill. t		
UdSSR	2610,0	104,0	496,5	360,0	136,5
USA	1286,4	107,2	666,9	216,9	450,0
China	1425,0	99,0	663,2	628,2	(35)
Australien	548,8	25,4	83,6	38,6	45,0
BRD	230,3	23,9	93,3	93,3	–
Großbritannien	190,0	45,0	120,6	107,6	13,0
Polen	144,0	27,0	201,0	201,0	–
Indien	111,9	12,6	105,0	75,0	(30)
Kanada	99,0	1,6	18,4	(5,4)	(13)
Südafrika	92,5	25,3	95,6	71,6	24,0
Mongolei	15,0	9,0	0,8	–	0,8
ČSSR	11,2	2,7	28,5	28,5	–
Vietnam	3,0	1,0	8,0	2,0	6,0
Spanien	2,9	0,4	11,5	11,5	–
Rumänien	1,7	0,1	7,5	7,5	–
Frankreich	1,6	0,6	18,6	17,3	1,3
Türkei	1,5	0,2	7,2	7,2	–
Bulgarien	1,2	0,03	0,3	0,3	–
Ungarn	0,8	0,2	3,0	2,6	0,4
Jugoslawien	0,1	0,07	0,4	0,4	–

fallen. Allgemein kann davon ausgegangen werden, daß selbst bei steigender Menge der verbrauchten Kohlen die gegenwärtig und zukünftig gewinnbaren Vorräte völlig ausreichen würden, um die Menschheit über viele Generationen hinweg bis ins vierte Jahrtausend mit Kohlen versorgen zu können. Dies setzt natürlich eine bedarfsgerechte Verteilung der Kohlen über internationale Handelsbeziehungen voraus. Andererseits würde die Nutzung von Kernenergie und Erdwärme die Lebensdauer der Kohlenvorräte erheblich verlängern und der Veredlung der Kohle einen breiteren Raum gewähren.

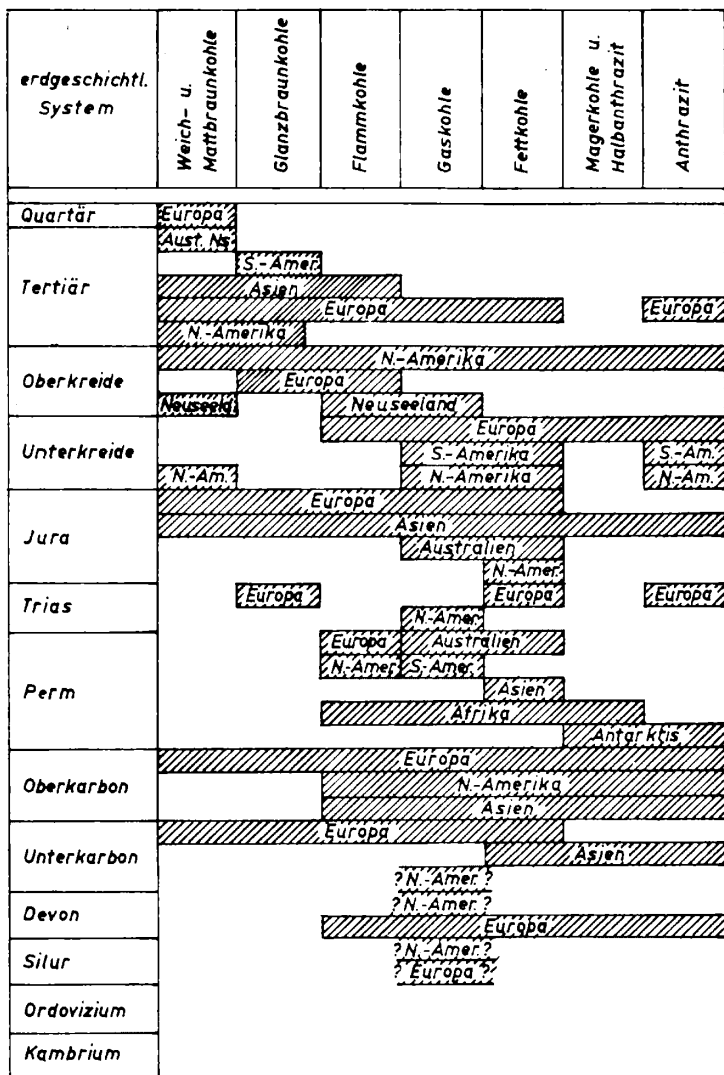


Abb. 28. Verteilung der Kohlenvorkommen auf die Kontinente nach dem Inkohlungsgrad und ihr Auftreten innerhalb der Erdgeschichte (nach Simon & Hopkins 1973)

7.2. Kohlenvorkommen in Raum und Zeit

Die Kohlenvorkommen sind in Raum, d. h. auf den Kontinenten, und Zeit, d. h. in den Epochen der Erdgeschichte, unregelmäßig verteilt (Abb. 28 u. 29).

Die großen Kohlenvorkommen liegen nördlich des Äquators, vor allem in Asien, es folgen Amerika und Europa. Australien und Afrika besitzen dagegen geringe Kohlenvorräte (Abb. 30). Günstige paläoklimatische und paläogeographische Verhältnisse auf der Nordhalbkugel in Verbindung mit intensiven gebirgsbildenden Vorgängen, die zur Ausbildung großer Kohlenbecken führten, sind die Ursachen für die räumliche Verteilung.

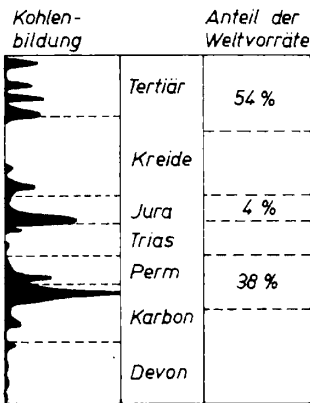


Abb. 29. Kohlenbildungszeiten in der Erdgeschichte (verändert nach Lotze 1957)

Diese Bedingungen waren jedoch in der Geschichte der Geologie unseres Planeten nicht ständig vorhanden. Es lassen sich drei Maxima der Kohlebildungszeiten unterscheiden, nämlich Oberkarbon/Perm, Jura und Tertiär (Abb. 29). In Epochen intensiver Gebirgsbildungen (z. B. in Europa im Karbon: variszisches Gebirge, im Tertiär: Alpen) wurden große Kohlenmengen abgelagert. Demgegenüber zeichnen sich Zeiten relativer tektonischer Ruhe (Unterkarbon, Trias, Oberkreide) durch minimale Kohlenbildung aus.

Im folgenden Kapitel sollen geologisch und wirtschaftlich interessante Kohlenvorkommen der Erde näher vorgestellt werden. Wie vielfältig die Kohlenausbildung in den verschiedenen Ländern der Erde ist, zeigen die qualitativen und inkohlungsabhängigen Parameter des Rohstoffs Kohle (Tab. 19). Wassergehalt,

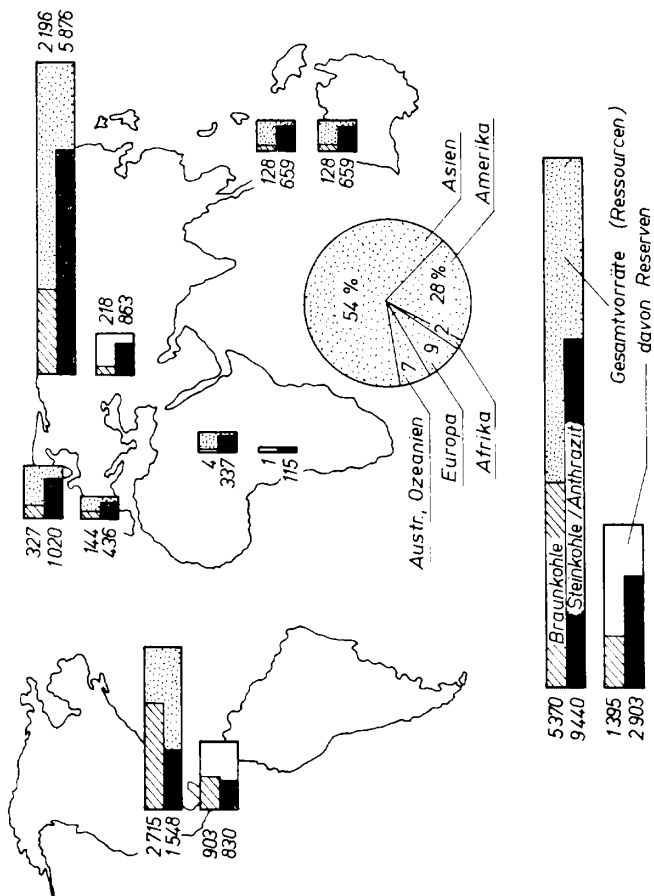


Abb. 30. Weltkohlenvorräte und ihre Verteilung auf die Kontinente (Angaben von 1982 in Mrd.t; nach Matwejew u. a. 1984)

Kohlenstoffgehalt, Gehalt an flüchtigen Bestandteilen, Gelinit bzw. Vitrinit charakterisieren den Inkohlungsgrad; Aschegehalt, Schwelteerausbeute, Verbrennungswärme und Gesamtschwefel deuten auf die unterschiedlichen Nutzungsmöglichkeiten der Kohlen hin.

Tabelle 19. Qualitätsparameter einiger ausgewählter Kohlenproben

Land	Revier	Kohlen- art ¹	Wasser W_i in %	Asche A^d in % ²	Verbren- nungswärme (oberer Heizwert) Q_s^{daf-3} in MJ/kg	Flüchtige Best.- Teile V^{daf} in % ³	Kohlen- stoff C^{daf} in % ³	Schwel- teer T_{sk}^{daf} in % ³	Gesamt- schwefel S_t^d in % ²	Gelinit bzw. Vitrinit in %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
UdSSR	Moskauer Becken	Mbrk.	32,6	24,9	28,14	49,4	73,1	10,7	3,6	14,4
	Mittelasien	Mbrk.	28,4	11,6	29,61	43,8	76,0	8,6	4,1	20,6
	Kusnez- becken	Steink.	8,0	15,5	34,12	40,5	81,5	—	0,5	—
	Donez- becken	Anth.	5,0	25,0	35,59	19,0	87,0	—	3,0	—
USA Kanada	Norddakota	Mbrk.	37,0	6,4	29,24	41,8	74,0	6,9	—	—
	Saskatche- wan	Mbrk.	33,2	6,2	28,77	42,9	75,3	7,7	—	—
	Rocky- Mountains-Pr.	Stk.	13,7	8,3	32,83	38,5	80,2	9,5	0,4	—
	Ostprovinzen	Stk.	1,1	1,3	—	33,4	84,0	—	—	70,4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
China	Südwest Nordwest	Hbrk. Stk.	33,3 9,0	13,4 12,5	27,58 —	51,4 36,0	71,8 81,3	9,9 6,4	1,4 0,8	13,0 47,5
Austra- lien	Latrobe Val- ley Neusüdwaies	Wbrk. Stk.	60,2 2,2	3,2 5,1	27,40 —	48,3 45,4	69,9 82,8	— 18,2	0,3 0,8	— 70,0
BRD	Rheinland Bayern Ruhrgebiet Saargebiet	Wbrk. Gbrk. Stk. Stk.	61,6 9,9 2,1 2,8	7,9 13,5 1,1 20,0	26,87 31,52 — 35,29	54,4 53,5 25,9 28,8	71,2 72,4 87,3 82,0	10,6 15,7 — —	— — — 2,0	— — — —
Großbri- tannien	— Südwaies	Stk. Anthr.	14,3 0	3,1 2,1	33,05 34,79	38,7 7,8	79,4 83,9	11,2 —	— —	— —
Polen	Konin Gorný Slask	Wbrk. Stk.	57,2 17,8	9,8 8,3	26,79 31,28	55,2 40,8	69,2 76,2	13,0 11,5	0,3 —	3,6 —
Indien	Maharashtra Chanda- Wardha-Valley	Hbrk. Stk.	17,0 8,0	24,7 19,8	30,72 —	35,1 30,0	79,1 —	6,9 15,2	0,4 0,4	— —

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ČSSR	Nordböh. Becken	Gbrk.	22,2	8,5	30,87	35,0	74,8	18,9	1,1	83,1
	Kladno- Rakovnik	Stk.	21,7	8,4	32,53	33,6	80,2	7,8	—	—
DDR	Niederlausitz Halle—Leip- zig	Wbrk. Wbrk.	58,3 53,6	5,0 11,2	25,65 29,38	54,8 62,8	65,2 68,7	9,2 10,2	0,8 4,6	7,4 4,3
	Magdeburg Zwickau	Wbrk. Stk.	42,2 4,0	8,8 2,3	30,55 —	62,5 33,7	72,2 82,3	26,2 —	1,8 —	8,1 —

¹ Wbrk. ≙ Weichbraunkohle

Hbrk. ≙ Hartbraunkohle

Mbrk. ≙ Matbraunkohle

Gbrk. ≙ Glanzbraunkohle

Stk. ≙ Steinkohle

Anthr. ≙ Anthrazit

² d ≙ bezogen auf wasserfreie
Kohle.

³ daf ≙ bezogen auf wasser- und
aschefreie Kohle.

7.3. Wichtige Kohlenreviere der Welt

7.3.1. Kohlenvorkommen der UdSSR

Hinsichtlich der Vorratsmenge an Kohlen steht die UdSSR an erster Stelle in der Welt. Obwohl die gegenwärtigen absoluten Zahlen je nach Autorenangaben zwischen 4 000 und 7 000 Mrd. t schwanken, reichen die Stein- und Braunkohlenvorräte selbst bei enormer Steigerung der Förderung (1980: 716,4 Mill. t) noch mehrere tausend Jahre.

Eine Wichtung der einzelnen Reviere zeigen die für 1981 erreichten Fördermengen an:

Revier	Mill. t	Revier	Mill. t
Donezbecken	213	Becken von Irkutsk u. Zisbajkalisches Kohlenrevier	37
Kuznezckbecken	149	Becken von Kansk- Atschinsk	36
Ekibastusbecken	72	Petschorabecken	29
Karagandabecken	49	Moskauer Becken	23

Alle übrigen Lagerstätten der UdSSR erbrachten eine Jahresförderung an Braun- und Steinkohlen von reichlich 100 Mill. t.

Diese Verhältnisse werden sich in der zweiten Hälfte der achtziger Jahre grundlegend ändern. Die Zentren der Kohlenförderung werden sich nicht mehr im europäischen Teil der UdSSR befinden, sondern in den östlichen Landesregionen. Die größten Steinkohlenressourcen liegen in Sibirien. Dabei handelt es sich um das riesige Gebiet östlich des Jenissej, zwischen der Unteren Tunguska im Norden und der Steinigen Tunguska im Süden, sowie um das Lenabecken und das Gebiet der Taimyr-Vorsenke im Norden Mittelsibiriens.

Betrachtet man nur die wirtschaftlich bedeutendsten Kohlenlagerstätten der UdSSR, dann handelt es sich hierbei im wesentlichen um Steinkohlen karbonen und permotriassischen sowie um Braunkohlen meso-känozoischen Alters. Der nachfolgende Überblick soll einige Kohlenvorkommen, deren Ausbildung von dieser Regel abweicht, vorstellen.

So sind aus dem Alaj sowie aus dem turkmenischen Bergland Linsen und Nester von Kohlen silurischen Alters halbanthrazitischen Inkohlungsgrades als erste Kohlenbildungen auf der Erde überhaupt bekannt. Der hohe Inkohlungsgrad muß als eine Folge der intensiven tektonischen Beanspruchung dieser Kohlen

betrachtet werden. Das größte Kohlenbecken der Erde ist das Lena-Becken. Die kohlenführenden Schichtenfolgen stammen aus dem Jura und der Unterkreide. Westlich des Flusses Lena liegen im Tafelbereich des Beckens Braunkohlen geringer Inkohlungsstufe. Der Beckenteil östlich der Lena gehört zum Faltungsgebiet des Werchojansker Gebirges, so daß sich in diesem Gebiet durch Gebirgsaufaltungen der Inkohlungsvorgang bis zur Steinkohlenbildung vollziehen konnte. Wenn die stratigraphisch jüngsten neogenen Kohlenbildungen der UdSSR in der Moldauischen SSR und im Süduralsbecken Braunkohlen darstellen, dann ist diese geringe Inkohlung auf die Tafelausbildung zurückzuführen. Demgegenüber seien die Steinkohlen Sachalins mit Inkohlungsstufen von Flamm- bis Magerkohle als eine Besonderheit hervorgehoben. Junges Alter und hohe Inkohlung benötigen als Erklärung ein erhöhtes Wärmeangebot, das nur die Folge junger tektonischer Einflüsse auf Sachalin gewesen sein kann.

Gegenwärtig liefern zwar die oberkarbonischen und permischen Steinkohlenlagerstätten den höchsten Anteil am Gesamtfördergut. Es ist aber unschwer zu erkennen, daß künftig den mesozoischen Stein- (Irkutsker und Zisbajkal-Becken) und Braunkohlen (Becken von Kansk-Atschinsk) eine analoge Bedeutung zukommen wird, wie dies in West- und Mitteleuropa für die Glanz-, Matt- und Weichbraunkohlen tertiären Alters der Fall ist. Die nachfolgend vorgestellten Kohlenreviere sollen dazu einige Beispiele liefern (Abb. 31).

Das Moskauer Braunkohlenbecken

Schon 1722 bekannt, wird dieses Vorkommen aber erst seit 1855 systematisch abgebaut. Das Becken hat mit einer Jahresförderung von etwa 25 Mill. t für die Energieversorgung der zentralen und westlichen Teile des europäischen Teils der UdSSR eine sehr große Bedeutung.

Das Moskauer Becken erstreckt sich in einem nach Osten offenen Bogen bei einer Breite von mehreren 100 km auf eine Entfernung von rund 1000 km im Bereich des südlichen und westlichen Randes einer großen Einsenkung, der Moskauer Syneklise (Abb. 32).

Die Schichten sind kaum tektonisch gestört und lagern sehr ruhig. Wegen der Verkarstung einer Gipsfolge in oberdevonischen Ablagerungen sind die Flöze der drei unterkarbonischen

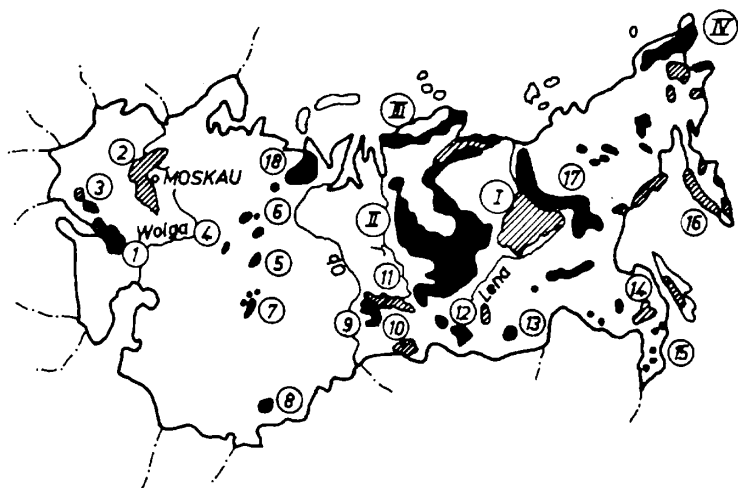


Abb. 31. Die bedeutendsten Stein- und Braunkohlenreviere der UdSSR

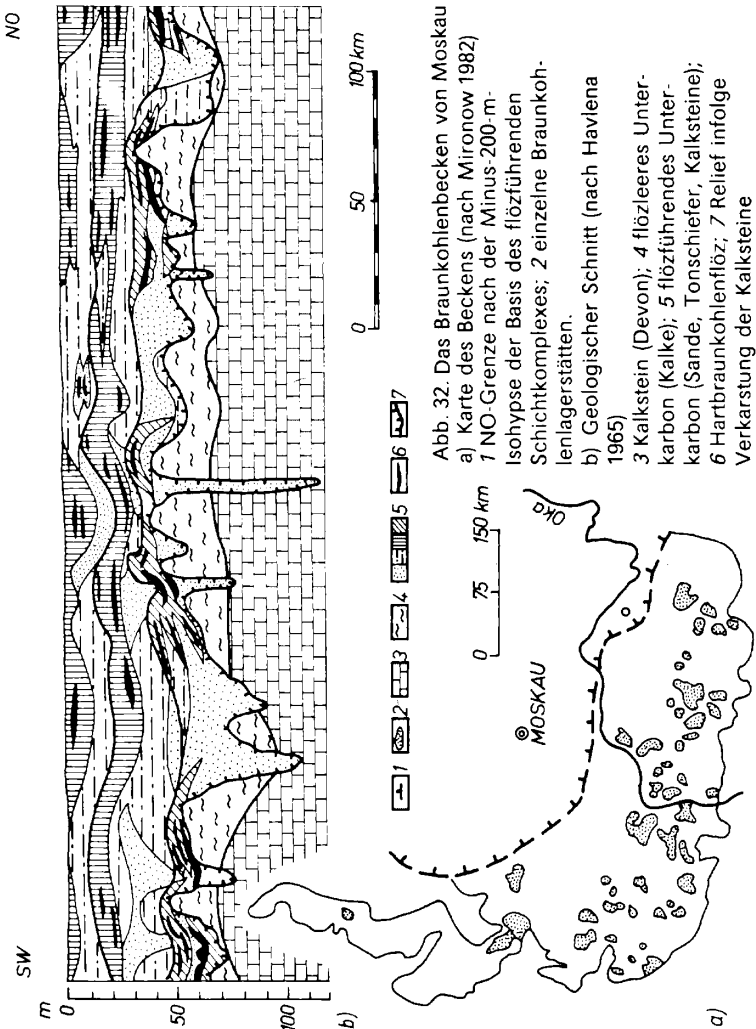
a) Fördergebiete

1 Donezbecken: Steinkohle; 2 Moskauer Becken: Braunkohle; 3 Dneprbecken: Braunkohle, 21 m Mächtigkeit, bis 140 m Abraum; 4 Süduralbecken: Braunkohle, 42 Einzellagerstätten, bis 380 m Abraum; 5 Tscheljabinskbecken: Braunkohle, 40–60 m Abraum; 6 Serowbecken: Braunkohle, 10–90 m Kohlengesamtmächtigkeit, bis 160 m Abraum; 7 Kasachstan, Ekibastusbecken: Steinkohle; 8 Mittelasienbecken: Stein- und Braunkohlen, zahlreiche Lagerstätten, drei Flöze mit 28,5 m Gesamtkohlenmächtigkeit; 9 Kusnezskbecken: Steinkohlen; 10 Minusinskbecken: Steinkohlen; 11 Becken von Kansk-Atschinsk: Braunkohlen, Steinkohle; 12 Becken von Irkutsk: Steinkohle; 13 Lagerstätten im Baikargebiet: Steinkohlen; 14 Lagerstätten im Amurgebiet und auf Sachalin: Steinkohlen; 15 Lagerstätten im Gebiet des Fernen Ostens: Steinkohle; 16 Kamtschatkarevier: Braun- und Steinkohlen; 17 Jakutisches Revier: Steinkohle von Jakutien bis zum Eismeer; 18 Petschorabecken: Steinkohle

b) Zukünftige Reviere (Höffigkeitsgebiete)

I Lenabecken: Braunkohle; II Tungusisches Becken: Steinkohle; III Tajmyrbecken: Steinkohle; IV Tschuktschen-Anadyr-Becken: Stein- und Braunkohle

Kohlenzyklen außerordentlich aufgesplittet bzw. linsenförmig ausgebildet, so daß der Abbau der Kohlen im Tiefbau recht kompliziert ist. Die Teufenlage der Flöze schwankt zwischen 10 und 180 m. Ihre Mächtigkeit erreicht 4–6 m, häufig beträgt sie aber nur 0,5–1,0 m. Es treten sowohl Humuskohlen (Mattbraunkoh-



len) als auch Sapropelkohlen auf. Letztere zeichnen sich durch ihren Reichtum an gut erhaltenen Sporen und Algen aus. Die Inkohlung dieser Kohlen ist – trotz ihres karbonen Alters – nicht über das Braunkohlenstadium hinausgegangen. Da das Becken auf einer bereits im Paläozoikum (Erdaltzeit) verfestigten geologi-

schen Tafel liegt, kam es nicht zu der für andere Kohlenbecken typischen Absenkung und Überlagerung mit kilometermächtigen Deckschichten. Es fehlte damit eine wesentliche Voraussetzung zur Umwandlung in Steinkohlen: entsprechender Druck und höhere Temperatur.

Das Steinkohlenbecken von Donez (Donbas)

Das Donezbecken (Fläche rund 60 000 km²) stellt tektonisch den südlichen Teil der Dnepr-Donez-Senke dar, die zwischen dem kristallinen ukrainischen Massiv und dem Massiv von Woronesh als Tafelinnensenke ausgebildet ist: im Karbon lagerten sich in diesem Gebiet 10 000–12 000 m mächtige Schichten mit eingeschalteten Kohlenflözen ab. In Richtung Nordwesten wurden diese limnischen Bildungen zunehmend marin beeinflusst. Dies verdeutlichen die vielen eingelagerten Kalkbänke. Das Vorkommen ist demnach zu den paralischen Kohlenbecken zu rechnen. Im Zeitraum Neokom bis Alb (Unterkreide) wurden die Schichten durch tektonische Bewegung stark aufgefaltet. Innerhalb des Beckens entstanden Sattel- und Muldenstrukturen und zahlreiche Störungen. Außerdem setzten vulkanische Vorgänge ein. Das eigentliche Faltungsgebiet lag im Südwesten. In Richtung Nordosten klingt die Stärke der Faltung allmählich aus, und die Schichten sind weitgehend horizontal auf dem festen Untergrund des Tafelgebietes gelagert (Abb. 33). Entsprechend dieser Druck- und Temperaturverteilung liegen die Kohlen des Donezbeckens als Braunkohle im Tafelbereich bis zu Anthraziten im südwestlichen Beckenteil vor.

Im unteren Oberkarbon wurden mehr als 300 abbauwürdige,

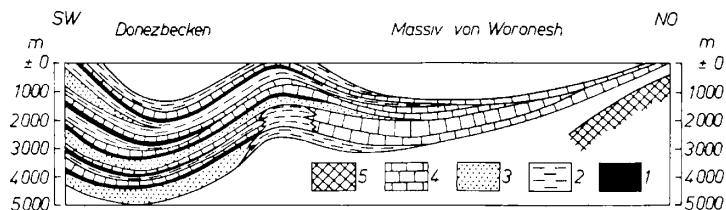


Abb. 33. Profil durch das Donezbecken (Verzahnung der limnischen Kohle-Sandstein-Folge mit paralischen Kalksteinschichten; nach Krascheninnikow 1957)

1 Kohlenflöz; 2 Tonschiefer; 3 Sandstein; 4 Kalkstein; 5 kristalline Gesteine

z. T. sehr geringmächtige Kohlenflöze ausgebildet. Es handelt sich meist um Humuskohlen; Sapropelkohlen sind nur untergeordnet in Linsen und dünnen Lagen bekannt geworden. Die Kohlen werden vielfältig industriell genutzt. Über 20 % der Vorräte sind verkockbare Steinkohlen. Die Gesamtvorratsmenge des Donezbeckens wird mit 241 Mrd. t angegeben. Davon entfallen 66 Mrd. t auf den Teufenbereich zwischen 1200 und 1800 m. Bis zu einer Teufe von etwa 1800 m rechnet man mit einer Kohlenmenge von etwa 20 Mill. t pro km².

Das Steinkohlenbecken von Ekibastus

Das in der Nähe von Pawlodar (Kasachstan) gelegene Becken von Ekibastus ist eine Mulde mit einer Grundfläche von 160 km² und der größten Teufe von etwa 1700 m. Die unterkarbonen Steinkohlenflöze erreichen jedoch nur etwa 600–900 m Tiefe und streichen am ellipsenförmigen Beckenrand an der Oberfläche aus. Sie können im Tagebaubetrieb sehr effektiv gewonnen werden, wobei zahlreiche Schaufelradbagger aus der DDR eingesetzt sind.

Das Becken von Ekibastus stellt – im Gegensatz beispielsweise zu den Becken von Donez und Moskau mit vielen Einzellagerstätten – auf Grund seiner relativ kleinen Fläche und günstigen, ungestörten Lagerung der Kohlenflöze eine einzige Lagerstätte dar (Abb. 34).

Die Gesamtmächtigkeit aller Flöze schwankt zwischen 170 und 190 m. Die Vorräte der Lagerstätte werden mit 7–12 Mrd. t angegeben. Bei jährlichen Jahresfördermengen von 100 Mill. t dürften diese Kohlen für eine Lebensdauer des Reviers von 70 bis 80 Jahren ausreichend sein.

Die Kohlen werden auf Grund ihres hohen Aschegehalts (einige Flöze über 40 %) vorzugsweise als Kesselkohlen in Wärmekraftwerken zur Elektroenergieerzeugung eingesetzt. Gegenwärtig befindet sich ein Kraftwerkskomplex im Bau, der nach seiner Fertigstellung 20 000 MW Leistung erbringen soll.

Das Steinkohlenbecken von Kusnezsk (Kusbass)

Das Becken von Kusnezsk ist ein Zwischengebirgs- oder intramontanes Becken. Seine Flächenausdehnung beträgt rund 26 000 km². In West-Ostrichtung weist dieses Becken zwischen

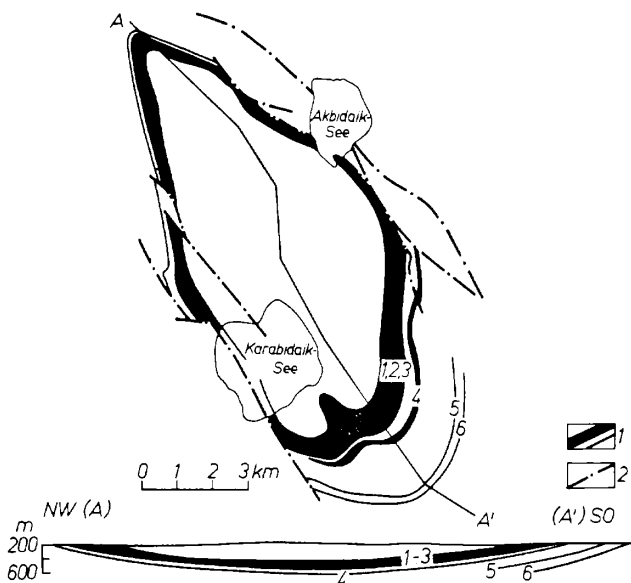


Abb. 34. Geologischer Bau (schematisch) des Beckens von Ekibastus (aus Mironow 1982)
 1 Kohlenflöz 1–6; 2 tektonische Störung

den Gebirgszügen des Altai und Salair eine typische schüsselartige Anlage mit einer über 9000 m mächtigen Sedimentfüllung auf. Die bedeutsamsten Kohlenflöze liegen in den Permokarbonfolgen. Die Gesamtmächtigkeit aller Kohlenflöze beträgt mehr als 230 m. Die Gesamtvorratsmenge dieses Beckens wurde mit rund 900 Mrd. t berechnet. Davon entfallen etwa 850 Mrd. t auf paläozoische Steinkohlen, von denen 305 Mrd. t hochqualitative Kokskohlen darstellen. Im Becken lagern außerdem noch 56 Mrd. t Braunkohlen jurassischen Alters.

Mit 36 % aller Steinkohlenvorräte der UdSSR bis zu einer Teufentiefe von 600 m bietet dieses Kohlenbecken günstige Gewinnungsmöglichkeiten.

Von den sibirischen Kohlenvorkommen hat das Becken von Kusnezsk für die Eisen- und Stahlindustrie im Ostural sowie im Gebiet von Kusnezsk selbst eine überragende volkswirtschaftliche Bedeutung.

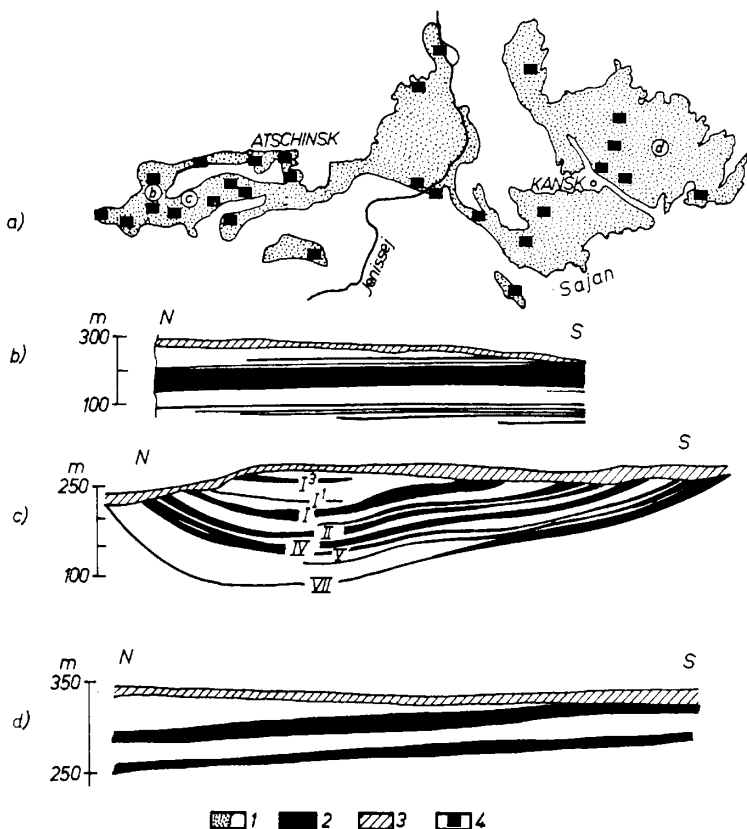


Abb. 35. Geologischer Bau des Beckens von Kansk-Atschinsk (nach Mironow 1982)

a) Karte des Beckens; b) geologischer Schnitt im Raum Itat; c) Schnitt durch die Lagerstätte Nasarowka; d) Schnitt durch die Abansker Lagerstätte;

1 Verbreitung der kohlenführenden Schichten (Jura); 2 Kohlenflöze; 3 Deckgebirge; 4 einzelne Lagerstätte

Das Becken von Kansk – Atschinsk

Geographisch liegt dieses Becken südlich der Angaramündung in den Jenissej. Es gliedert sich in den westlichen Teil von Atschinsk und in den östlichen Bereich von Kansk. Dieser geogra-

phischen Gliederung entsprechen auch die geologischen Bauelemente: es handelt sich um selbständige Zwischengebirgssenkungen. Die einzelnen Teilbecken besaßen eine unterschiedliche geologisch-tektonische Entwicklung. Damit verband sich eine Wärmeeinwirkung unterschiedlicher Stärke auf die abgelagerten organischen Substanzen, so daß Braun- und Steinkohlen dicht nebeneinander auftreten.

Die Kohlenflöze liegen in jurassischen Schichten (Lias, Dogger). Es handelt sich im wesentlichen um Braunkohlen in relativ oberflächennaher Lagerung. Die Mächtigkeit aller Flöze zusammen – es handelt sich um 2–27 an der Zahl – beträgt rund 70 m, stellenweise 90 m (Abb. 35).

Im Bezirk von Sajan–Partisan (Südwestteil des Beckens von Kansk) werden Steinkohlen vom Typ Gaskohle abgebaut. Die hohe Inkohlung in diesem Teilbecken ist auf tektonische Beeinflussung der Kohlen bei der Entstehung des unmittelbar angrenzenden Sajan-Gebirges zurückzuführen.

Die derzeitigen Vorräte an Kohlen werden mit 133 Mrd. t angegeben. Ihre ökonomisch effektive Gewinnung im Tagebau hat zum besonders schnellen Aufschluß dieses Kohlenreviers in der Gegenwart geführt. Es wird jedoch noch mit etwa 300 Mrd. t prognostischer Vorräte gerechnet. Die gewonnenen Kohlen dienen derzeit vorrangig zur Stromerzeugung. Künftig sollen hier aus jeweils 4 t Kohle 1 t Flüssigbrennstoff erzeugt werden; entsprechende Versuchsanlagen sind inzwischen installiert worden. Damit ist das Kohlenbecken von Kansk–Atschinsk für die weitere Erschließung Sibiriens von enormer wirtschaftlicher Bedeutung.

7.3.2. Kohlenvorkommen der USA und Kanadas

Die USA standen und stehen auch gegenwärtig mit 730 Mill. t Steinkohlenförderung im Jahre 1980 an erster Stelle aller Länder der Erde. Demgegenüber betrug die Braunkohlenförderung 1980 nur 43 Mill. t; das Land hat damit den 6. Platz in der Reihenfolge der Braunkohlenförderländer inne. Hinsichtlich der gesamten Kohlenvorräte folgen die USA mit 25,9 % auf dem 2. Platz nach der UdSSR.

Kanada als flächenmäßig größtes Land des nordamerikanischen Subkontinents verfügt mit 3,4 % aller Kohlenvorräte der Welt über verhältnismäßig große Stein- und Braunkohlenvorkommen. Diese Vorräte werden gegenwärtig aber noch nicht umfassend



Abb. 36. Die bedeutendsten Stein- und Braunkohlenreviere der USA und Kanadas

USA

Steinkohlen:

1 Appalachenrevier, 1400 km lang, 80 % aller Vorräte tiefer als 300 m, hauptsächlich Anthrazit; 2 Illinoisbecken; 3 Midcontinentbecken von Iowa bis Texas; 4 Michiganbecken; 5 Rocky-Mountains-Provinz von Montana bis New Mexico, gewaltige Vorräte, im Tagebaubetrieb gewinnbar

Braunkohlen:

6 Montanarevier; 7 Norddakotarevier

Kanada

Steinkohlen:

8 Rocky-Mountains-Provinz in Alberta und British Columbia; 9 Ostprovinzen

Braunkohlen:

10 Provinzen von Saskatchewan und Ona Kawana

genutzt, sondern statt dessen Kohlen aus den USA importiert. Die Hauptgründe dafür sind große territoriale Transportwege zwischen den Förder- und den Nutzerindustrien. Erst mit zuneh-

memdem Bedarf an Kokskohlen stieg das Interesse an einheimischen Steinkohlen in den vergangenen 20 Jahren wieder an. Braunkohlen dienen nur zur Energiegewinnung in Kraftwerken.

Altersmäßig konzentrieren sich die Steinkohlenlagerstätten im Osten der USA und Kanadas auf das Karbon. Die großen Kohlenbecken des Westens im Vorland der Rocky Mountains weisen dagegen vor allem in den stratigraphischen Systemen Jura, Kreide und Tertiär Stein- und Braunkohlen auf. Während sich die anthrazitischen Steinkohlen auf USA-Territorium vorwiegend auf das Appalachenbecken im Osten konzentrieren, kommen Steinkohlen unterschiedlichen Inkohlungsgrades in den Staaten des Midcontinentgebietes und mittleren Westens vor. Hartbraunkohlen sind in Alaska, Arizona, Colorado, New Mexico, Montana, Washington und Wyoming bekannt. Demgegenüber liegen die Hauptvorkommen an Weichbraunkohlen in den Staaten Montana, Norddakota und Texas (Abb. 36).

An der Wende Devon/Karbon wurde das Appalachen-Gebirge, zeitlich etwas früher als das variszische Gebirge in Europa, aufgefaltet (Abb. 37). In seinen westlichen Vorsenken entstanden ausgedehnte Kohlenvorkommen mit hochinkohlten, verkockbaren und häufig anthrazitischen Flözen, die in westlicher Richtung stärker marin beeinflusst sind (Einlagerung von Kalkschichten). Die Kohlenlagerstätten des westlichen Nordamerikas bildeten sich im wesentlichen im Zusammenhang mit der Herausbildung des Felsengebirges (Rocky Mountains) während der Oberkreide und des Tertiärs. In den Innen- und Vorsenken des Gebirges lagerten sich mächtige limnische Schichtserien mit Kohlenflözen ab. Infolge unterschiedlich starker tektonischer und vulkanischer Beeinflussung weisen die Kohlen Inkohlungsgrade von Braunkohlen bis Anthrazit auf. Die Flöze im östlichen Vorland des Felsengebirges liegen meist horizontal in Oberflächennähe. Mit Annäherung an das Gebirge nimmt die Verfaltung der kohlenführenden Schichten – und damit der Inkohlungsgrad – zu.

Bis zum Jahr 2000 soll der Anteil der Kohlegewinnung nach dem Tagebauprinzip auf 90 % ansteigen, wobei die Steinkohlenförderung hierbei besonders effektiv sein wird. Ungeachtet der zu erwartenden günstigen ökonomischen Effekte muß man sich aber künftig mit der Lösung zweier Probleme beschäftigen:

- Das Abraum-Kohleverhältnis verschlechtert sich zunehmend, d. h., die Tiefe der Tagebaue wird anwachsen.
- Die Entfernungen zwischen den Gewinnungszentren im Westen der USA und den traditionellen Verbraucherregionen

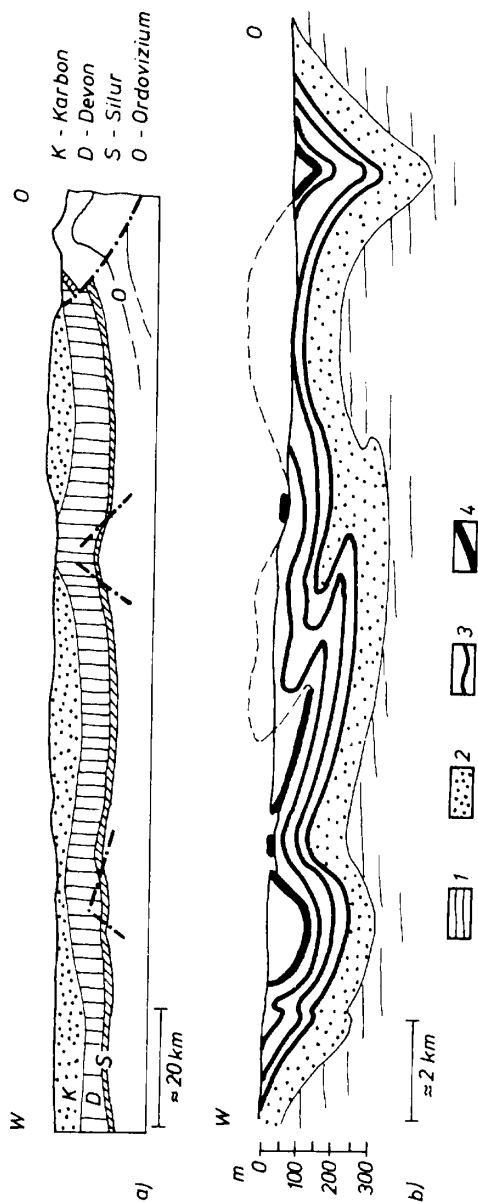


Abb. 37. Schematisches Profil durch das Appalachen-Kohlenbecken im Bereich des Appalachenplateaus (vereinfacht nach Allison und Palmer 1984) und geologischer Schnitt durch das Beavermeadow-(Anthrazit-)Becken in Pennsylvania (Appalachenrevier; nach Dannenberg)
 1 Schiefer (Unterkarbon); 2 Pottsville-Schichten (Oberkarbon); 3 Oberkarbon mit Kohlenflözen (Anthrazit); 4 Hauptflöz „Mammut“ (6–9 m mächtig)

werden künftig größer sein, falls nicht neue Nutzerbereiche in Lagerstättennähe entstehen.

Die günstige Vorratssituation und das Bestreben, künftig den Erdöl-Erdgas-Einsatz durch verstärkte Kohlennutzung mengenmäßig zu verringern, bieten der Kohlenindustrie der USA und Kanadas eine langfristige Entwicklungsperspektive.

7.3.3. Kohlenvorkommen Chinas

Hinsichtlich der gegenwärtigen Förder- und Vorratsmengen an Stein- und Braunkohlen nimmt China den 3. Platz in der Welt-rangliste ein. Alle nach der UdSSR, den USA und China folgen-

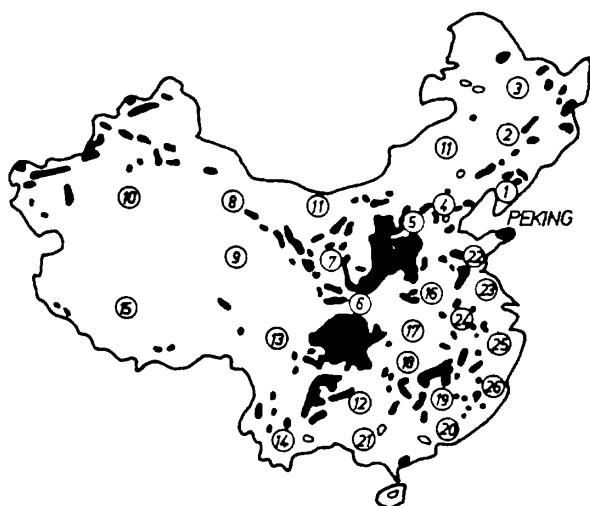


Abb. 38. Die bedeutendsten Stein- und Braunkohlenreviere Chinas
 1–3 Nordostrevier mit den Becken von Liaoning, Kirin und Heilongjiang: Stein- und Braunkohlen
 4–5 Nordrevier mit den Becken von Choren und Shangsi: Steinkohlen
 6–11 Nordwestrevier mit den Becken von Shenchü, Ningsia, Kansu, Shanghai, Sangking, innere Mongolei: Stein- und Braunkohlen
 12–15 Südwestrevier mit den Becken von Kweihow, Szechwan, Yunnan; Tibet: Stein- und Braunkohlen
 16–21 Zentral- und Südrevier mit den Becken von Honan, Hupek, Hunan, Guangji, Kwangtung, Kwangai-Huang: Stein- und Braunkohlen
 22–26 Ostrevier mit den Becken von Shangdu, Kiangsu, Anhwei, Sheiking, Fukien: Steinkohlen

den Kohlenförderländer weisen sowohl bei der Förderung als auch vorratsmäßig einen deutlichen Abfall hinsichtlich ihres prozentualen Anteils am Weltaufkommen an Kohlen auf.

Das Land verfügt über ausgedehnte Steinkohlenvorkommen. Die Braunkohlen sind nur mit 1 % an den Gesamtvorräten beteiligt (Abb. 38) und liegen vor allem in Yunnan und in Manchuria.

Die Braunkohlen von Yunnan erreichen bis zu 200 m Mächtigkeit. Die chinesischen Braunkohlenflöze wurden zum überwiegenden Teil im Tertiär abgelagert.

Die Steinkohlenvorkommen im östlichen Landesteil sind meist permokarbonen Alters, während die nordwestlich gelegenen Lagerstätten vor allem in Trias und Jura entstanden. Tertiäre Steinkohlen treten im Südwest- und Nordostrevier auf (Abb. 39).

Gegenwärtig wird die größte Menge der geförderten Kohlen im Norden Chinas, in den Revieren Choren und Shangsi, gewonnen. Mit 95 % hat der Tiefbau als Gewinnungstechnologie das absolute Übergewicht in den annähernd 1600 Kohlengruben. Die Gewinnung im Tagebau ist zwar mit nur 5 % recht schwach entwickelt, hat aber für den Abbau eines 100 m mächtigen Steinkohlenflözes im Becken von Liaoning eine enorm große ökonomische Bedeutung für das gesamte Land.

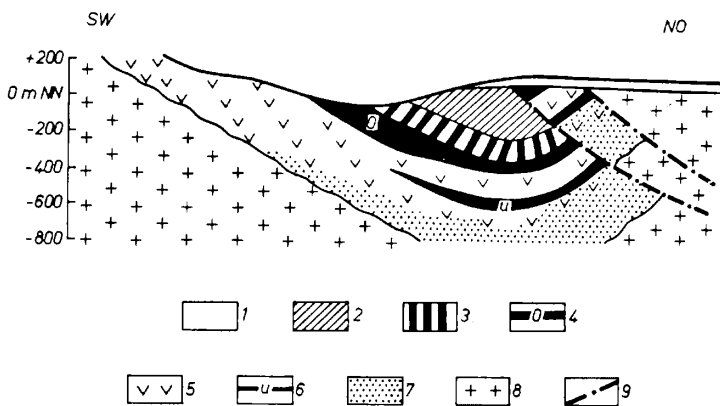


Abb. 39. Profil durch die Lagerstätte Fushun (aus Matwejew 1966)

1 Quartär;

2–4 obere Fushun-Folge (Alttertiär): 2 Tonsteine und Mergel; 3 Brandschiefer; 4 Oberes Kohlenflöz;

5–6 untere Fushun-Folge (Alttertiär): 5 Tuffe und Basalte; 6 Unteres Kohlenflöz; 7 Kreide; 8 Granitgneis; 9 Störung

Bis 1990 soll sich die jährliche Förderung verdoppeln. Deshalb ist eine Konzentration des Kohlenabbaus auf acht Reviere vorgesehen. Mit der Konzentration wird eine Modernisierung der Bergbautechnologie einhergehen. Vor allem ist die Anlage neuer Tagebaue vorgesehen. So soll z. B. bei Huolu im Revier von Shangsi ein Betrieb mit 20 Mill. t Jahresförderung Braunkohlen entstehen.

Die Kohlenlagerstätten Chinas bilden besonders für die Entwicklung der Energiewirtschaft und Metallurgie die entscheidende Grundlage.

7.3.4. Kohlenvorkommen Australiens und Tasmaniens

Zwischen 1960 und 1980 hat sich Australiens Steinkohlenförderung vervierfacht und die Braunkohlengewinnung verdoppelt. Dieser gewaltige Aufschwung der Kohlenindustrie Australiens hat dieses Land zu einem führenden „Kohlenland“ im Weltmaßstab werden lassen. So nahm Australien 1980 mit 84 Mill. t oder 3 % der Weltsteinkohlenförderung den 9. Platz und mit 33 Mill. t oder 3,4 % Anteil in der Weltbraunkohlengewinnung den 8. Platz unter allen Förderländern ein.

Die Steinkohlenlagerstätten konzentrieren sich im wesentlichen auf das variszische Faltengebiet des Ostaustralischen Berglandes sowie auf die Australischen Alpen und das Bergland Tasmaniens (Abb. 40).

Das Becken von Collie liegt im Bereich des Tafelrandbeckens im Westen Australiens. Entsprechend dieser geologischen Position muß man auch die altersmäßige Stellung der Kohlenflöze sehen. Die 2 – 12 m mächtigen Kohlenflöze mit insgesamt 2 Mrd. t Vorrat sind im Perm, Jura und Tertiär entstanden. Der Lagerstättenabbau erfolgt vorrangig im Tiefbaubetrieb, wobei mit Gewinnungsverlusten von 30–50 % gerechnet werden muß.

In den ostaustralischen Becken von Bowen, Sidney und Gunnedah sowie auf Tasmanien liegen die abbauwürdigen Flöze dagegen in permischen und triassischen Schichten.

Queensland ist das australische Steinkohlenhauptförderrevier. Seine wirtschaftliche Bedeutung wird durch die vorherrschende Tagebautechnologie bei der Steinkohlengewinnung ständig zunehmen, zumal dadurch die Abbauverluste auf 5 % abgesenkt werden können. Gegenwärtig werden 50 % der geförderten australischen Steinkohlen exportiert; dieser Anteil soll noch steigen. Hierfür liefern neue Tagebaue in Queensland die besten



Abb. 40. Die bedeutendsten Stein- und Braunkohlenreviere Australiens und Tasmaniens

Steinkohlen:

1 Queensland mit den Lagerstätten Bowen, Callide, Burrum, Roma, Darling Downs, West Moreton; 2 Neu Südwaless mit den Revieren Fair North Coast, Ashford, Oaklands: über 30 Flöze, Gesamtkohlenmächtigkeit bis zu 30 m; 3 Tasmanien mit Fingal; 4 Südaustralien mit Leigh Creek; 5 Westaustralien mit dem Colliiecken; 60 % der Steinkohlenvorräte sind verkokbar

Braunkohlen:

6 Victoria, Latrobe Valley: 70–150 m mächtige Kohlenführung, vereinzelt bis 400 m mächtige Flöze; 7 Südaustralien mit Coober Pedy Lake Phillipson: z. Z. noch nicht erkundet, sehr weit von den Verbraucherzentren entfernt, teilweise Salzkohlen

Voraussetzungen.

Die beiden Braunkohlenreviere Australiens, die Becken von Victoria und in Südaustralien, haben wegen der enorm großen Vorratsmengen und der sehr günstigen Lagerungsbedingungen der tertiären Flöze die Fachwelt in Erstaunen versetzt und eine übertragende wirtschaftliche Bedeutung für die Energieerzeugung erlangt. Seit 1978 sind in Latrobe Valley (Bundesstaat Victoria) die beiden Großtagebaue Yallourn und Morwell in Betrieb. Ihre gemeinsame Förderkapazität beträgt 30 Mill. t Braunkohle im Jahr. Die Kohlen dienen hauptsächlich zur Elektroenergieerzeugung. Nur ein geringer Teil wird brikettiert. Im Tagebau Morwell liegt unter 12–15 m Abraum das obere Kohlenflöz mit 90–135 m Mächtigkeit. Ein 15–23 m starkes Zwischenmittel trennt dieses

Flöz vom 50 m mächtigen Unterflöz. Seit 1980 befindet sich auch der Tagebau Loy Yang in seiner ersten Aufschlußphase. Diese Braunkohlenlagerstätte umfaßt eine Fläche von 120 km². Es sind drei Flöz-Hauptgruppen ausgebildet, nämlich Yallourn, Morwell und Traralgon. Gegenwärtig wird nur das mittlere Hauptflöz Morwell mit den Flözen 1A, 1B und 2B abgebaut. Das wichtigste Flöz dieser Gruppe ist das Flöz 1B mit 90–100 m (max. 300 m) Mächtigkeit. Der Tagebau Loy Yang soll eine Jahresförderung von 32 Mill. t gewährleisten. Die Tiefe des Tagebaus reicht bis zu 200 m. Das Abraum/Kohle-Verhältnis beträgt 0,22:1. Die Gesamtmächtigkeit der Kohlen wird mit 400 m angegeben, die maximale Bedeckung erreicht aber nur 25 m (Abb. 41).

Auf Tasmanien wurden permische Steinkohlen nachgewiesen. Die Flöze sind allerdings geringmächtig, die Qualität der Kohlen ist sehr schlecht, so daß diese nicht abgebaut werden. Größere Vorratsmengen liefern triassische Sedimente. Die Lagerstätte Duncan–Fingal ist gegenwärtig das einzige im Abbau stehende Objekt. Die jährliche Fördermenge liegt bei 200 000 t.

7.3.5. Kohlenvorkommen der Bundesrepublik Deutschland

Unter den Steinkohle fördernden Ländern nahm die BRD 1980 mit 87 Mill. t oder 3,1 % der Jahresförderung im Weltmaßstab den 8. Platz ein. In den letzten zwei Jahrzehnten erfuhr aber auch die Braunkohlengewinnung in der BRD einen großen Aufschwung. 1980 konnten schon 130 Mill. t oder 13,5 % der gesamten Braunkohlenfördermenge der Welt abgebaut werden. Damit folgt das Land nach der DDR und der UdSSR auf dem 3. Platz in der Braunkohlenförderstatistik.

Die oberkarbonen Steinkohlen entstanden im Verlaufe der variszischen Gebirgsbildung. Es handelt sich um sog. paralische oder Vortiefen-Revier (Ruhrgebiet, Aachener Becken, Becken von

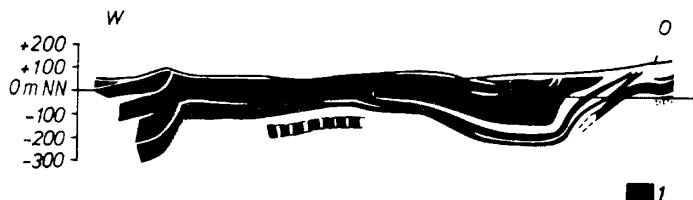


Abb. 41. Profil der Braunkohlenlagerstätte von Loy Yang
1 Braunkohle

Ibbenbüren) bzw. limnische oder Innensenken-Reviere (Saargebiet). Da die Flöze bis zu 3 000 m Teufenlage erreichen und die an der Oberfläche austreichenden Flöze bereits abgebaut wurden, erfolgt die Kohlegewinnung ausschließlich im Tiefbau. Aus dem Ruhrgebiet stammen 80 % und aus dem Saargebiet 12 % der Steinkohlenförderung der BRD. Die Vorratslage mit rund 25 Mrd. t ermöglicht es, die gegenwärtige Förderung langfristig beizubehalten und gegebenenfalls zu erhöhen. Der Bergbau wird weiterhin rationalisiert und modernisiert. Die Kohlennutzung soll sich künftig vor allem durch Vergasung und Verflüssigung der Steinkohlen auszeichnen.

Die Braunkohlen der BRD werden zum größten Teil als Rohkohle für die Energiegewinnung genutzt. Die Entwicklung der Braunkohlenförderung in der BRD sei durch einige Zahlen verdeutlicht:

1950	63,7 Mill. t	1970	93,0 Mill. t
1960	81,4 Mill. t	1975	107,4 Mill. t

Im Jahre 1976 betrug die Förderung der einzelnen Reviere:

Rheinland	109,0 Mill. t
Bayern	7,9 Mill. t
Niedersachsen	5,2 Mill. t
Hessen	3,4 Mill. t

In diesen Zahlen kommt auch die wirtschaftliche Bedeutung der einzelnen Reviere deutlich zum Ausdruck. Von den 56 Mrd. t Braunkohlenvorräten lagern allein etwa 55 Mrd. t im Köln-Aachener Revier. Demgegenüber besitzen die eozänen bis pliozänen Braunkohlenbecken in Hessen und Niedersachsen nur für die umgebenden Territorien größere Bedeutung. Während in den anderen Revieren die Kohlen im Tagebau gewonnen werden, sind hier auch Tiefbaue in Betrieb.

Die Lagerstätten in Bayern (Weichbraunkohle bzw. Glanzbraunkohle $\hat{=}$ „Pechkohle“) sind heute bereits ausgekohlt (Abb. 42).

Die Steinkohlen des Ruhrkarbons

Während der Auffaltung des variszischen Gebirges bildeten sich im Oberkarbon langgestreckte Saumsenken heraus, in denen der Abtragungsschutt des entstandenen Gebirges abgelagert wurde. In diesen limnisch-brackischen Gebieten mit zeitweilig marinem Milieu entstanden ausgedehnte Küstenmoore. Die Ablagerungen aus dieser erdgeschichtlichen Epoche erreichen im Ruhrgebiet eine Höhe von 4 000 m. Es sind fast 200 Flöze eingela-

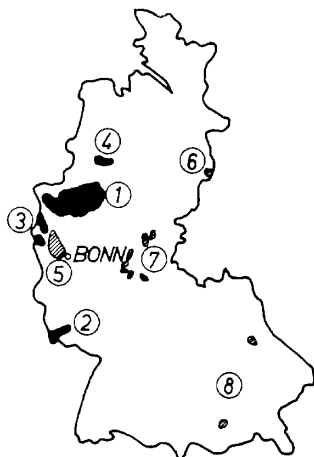


Abb. 42. Die bedeutendsten Stein- und Braunkohlenreviere der BRD
Steinkohlen:

1 Ruhrgebiet: größte Steinkohlenlagerstätte Europas, durchschnittliche Flözmächtigkeit um 1,1 m; 2 Saargebiet: 4 000–6 000 m mächtiges „produktives Karbon“; 3 Aachener Revier; 4 Revier von Ibbenbüren (Lagerstätten von lokaler Bedeutung, ungünstige Abbaubedingungen)

Braunkohlen:

5 Rheinland- bzw. Köln-Aachener Becken: 6 km × 45 km Ausdehnung; größte Braunkohlenlagerstätte Europas; 6 Helmstedt: schmale Mulden, bis zu 25 m Gesamtkohlemächtigkeit, 140 Mill. t Vorrat; 7 Hessen: zahlreiche kleine Becken, etwa 60 Mill. t Vorrat, Lagerstätten von lokaler Bedeutung; 8 Bayern: das Gebiet um Peißenberg (Hartbraunkohle), Gebiet um Schwandorf (Weichbraunkohle)

gert, von denen 48 bis 60 als abbauwürdig angesehen werden. Die größte Flözmächtigkeit beträgt 28 m. Die Schichten einschließlich der Flöze sind nachträglich sehr stark gefaltet worden. Es entstanden sieben große – etwa in Nordost-Südwest-Richtung verlaufende – Mulden, in denen die flözführenden Schichten erhalten blieben. Im Bereich oberflächennaher Sattelstrukturen streichen die Flöze z. T. aus oder fehlen heute infolge Abtragung. Typisch sind ebenfalls weitspannige Überschiebungen der Schichten und Verwerfungen quer zur allgemeinen Streichrichtung der Mulden und Sättel (Abb. 43).

Der Inkohlungsgrad der Kohlen schwankt zwischen Gasflammkohle und Anthrazit, wobei in der Regel die tieferliegenden und die tektonisch stärker verfalteten Kohlenflöze am höchsten inkohlt sind. Besonders wertvoll sind Fettkohlen, die als Kokskohle

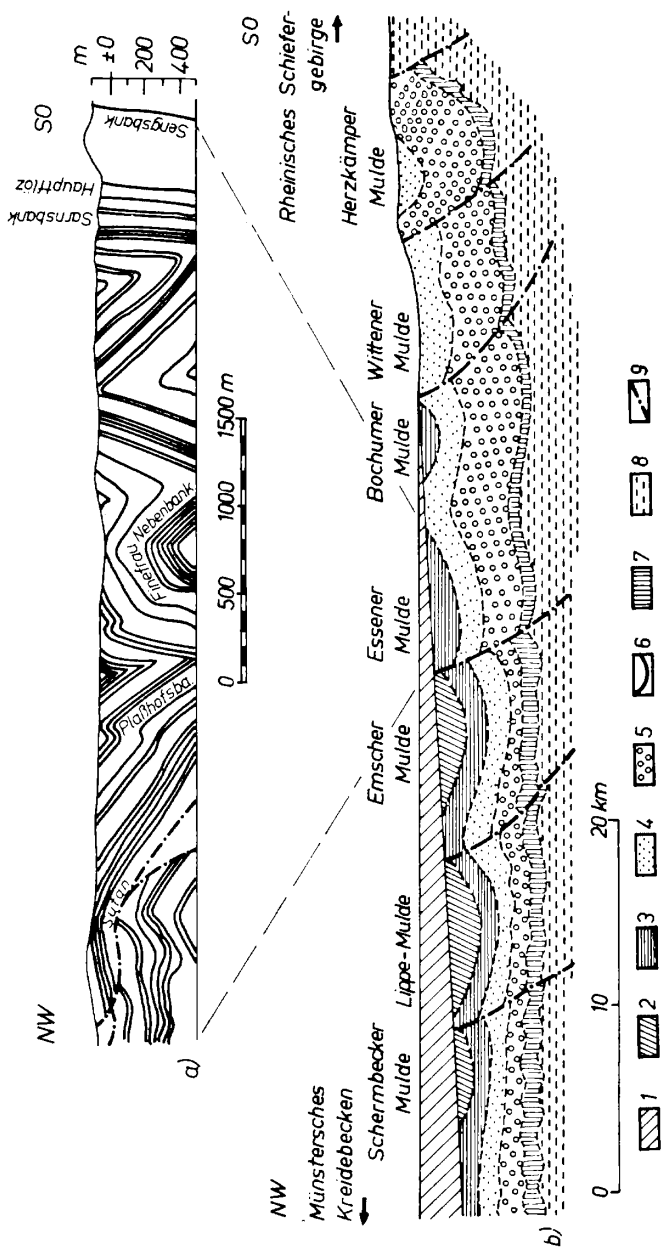


Abb. 43. Profil durch das Ruhrkarbon mit dem flözführenden Oberkarbon (b) und Lagerung der Steinkohlenflöze bei Kupferdreh-Recklinghausen (a); nach Henningsen 1976, R. Teichmüller 1955)

1 Deckgebirge, vorwiegend Oberkreide; 2–6 flözführendes Oberkarbon

3 Westfal, Stufe B; 4 Westfal, Stufe A; 5 Namur; 6 Steinkohlenflöz; 7 Unterkarbon; 8 Devon; 9 tektonische Störung

Verwendung finden. Die geologischen Vorräte werden bis zu einer Teufe von 1500 m mit 20,3 Mrd. t und insgesamt mit reichlich 210 Mrd. t angegeben.

Die linksrheinische Fortsetzung des Ruhr-Steinkohlenbeckens – von diesem durch die braunkohlenführende Kölner Bucht getrennt – bilden die Kohlengebiete um Aachen sowie auf niederländischem und belgischem Territorium.

Die Steinkohlen des Saargebietes

Die „Kohlenmoore“ der Innensenken des variszischen Gebirges waren durch hohe Faltenketten vor Meereseinbruch geschützt. Es entwickelten sich limnische Kohlenlagerstätten mit ununterbrochener festländischer (terrestrischer) Entwicklung.

Infolge unruhiger Ablagerungsbedingungen in den Binnensenken schwankt die Mächtigkeit der Flöze stark. Auch ist der Aschegehalt höher als bei den paralischen Kohlen. Es treten 50–100 wirtschaftlich nutzbare Flöze mit einer Gesamtmächtigkeit bis etwa 80 m auf. Dabei handelt es sich nach dem Inkohlungsgrad vorrangig um Fett- und Gaskohlen. Die karbonen Schichten wurden im Perm gefaltet und nach Südwesten überschoben (Abb. 44).

Die geologischen Vorräte betragen schätzungsweise 15 Mrd. t. 50 % der Förderkohle eignen sich als Kokskohle.

Im französischen Kohlenrevier von Lothringen findet diese Binnensenke ihre Fortsetzung.

Niederrheinisches Braunkohlenbecken

Das Braunkohlenbecken im Raum Köln–Aachen (Niederrheinische oder Kölner Bucht) entstand vor etwa 35 Mill. Jahren im Tertiär durch eine Scholleneinsenkung innerhalb des Rheinischen Schiefergebirges. Die Gesamtmächtigkeit der tertiären Schichtenfolge erreicht im Nordwesten der Bucht 600 m. Im Miozän bildeten sich innerhalb der Bucht unter subtropischen Klimaverhältnissen ausgedehnte Küstenmoore. Zeitweilig drang das Meer nach Süden in das Becken vor. So entstanden mehrere Braunkohlenflöze. Das Hauptflöz der Ville weist in der Nähe von Eschweiler eine Mächtigkeit bis zu 100 m auf. Es spaltet in westlicher Richtung durch Einlagerung von Sand- und Tonschichten, die bei zeitweisigem Vorrücken des Tertiärmeeres abgelagert

NW

SO

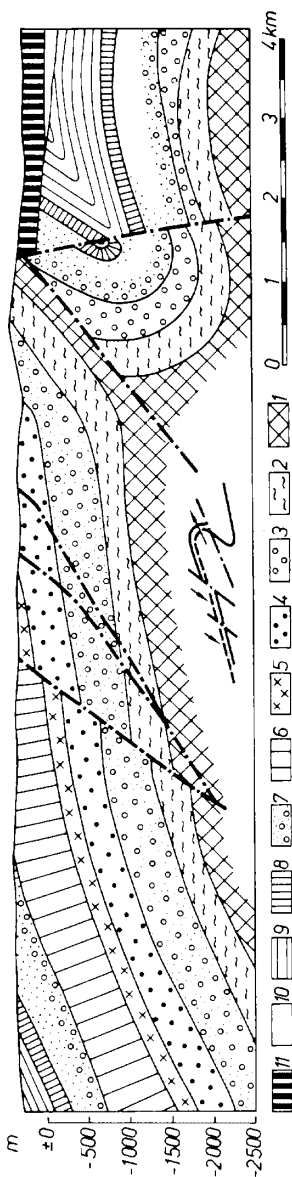


Abb. 44. Profil durch das Saarkarbon (aus Matwejew 1966)

1-9 Oberkarbon

1-3 Westfal C:

1 Sankt-Ingbert-Flözgruppe;

2 Rotheller Flözgruppe;

3 Salzbacher Flözgruppe;

4-6 Westfal D:

4 Geisheck-Flözgruppe;

5 Luisenthal-Flözgruppe;

6 Heiligenwald-Flözgruppe;

7-9 Stefan:

7 Göttelborn-Flözgruppe mit

Holzer Konglomerat;

8 Dilsburger Flözgruppe;

9 Hensweiler Flözgruppe;

10 Perm;

11 Trias

wurden, in mehrere Teilflöze auf. Die Schichten der Niederrheinischen Bucht werden durch große Verwerfungen mit Nord-west-Südost-Streichen in zahlreiche Schollen zerlegt (Abb. 45). Damit verbunden können drei Lagerstättenbereiche ausgehalten werden:

- Flöze auf dem Villerücken: Flöze oberflächennah, Abraum/Kohle-Verhältnis 0,3 : 1
- Flöze des Südreiviers: Abraum/Kohle-Verhältnis steigt bis auf 3 : 1 an, Flöze teilweise aufgespalten, Gebiet des gegenwärtigen Kohleabbaus
- Flöze im Becken zwischen Erft und Ruhr (südwestlicher Teil der Kölner Bucht): Flöze bis über 500 m abgesunken (Abraum/Kohle-Verhältnis 6 : 1 und größer), Standort des Tieftagebaus Hambach.

Zwischen Aachen und Köln sind fünf Großtagebaue mit einer Teufe zwischen 280 und 500 m in Betrieb. Die zukünftig bedeutendste Lagerstätte wird durch den übertiefen Tagebau Hambach erschlossen, der 1990 eine Jahresförderung von etwa 90 Mill. t Kohle erreichen soll. Die Lagerstätte enthält 4,5 Mrd. t Vorräte. Die Kohlenflöze sind 20–100 m mächtig und liegen bis zu 520 m tief. Ab 1995 werden die geplanten 120 Mill. t Jahresförderung aus dem Kölner Revier nur noch durch drei Großtagebaue gewonnen werden. Außer dem Tagebau Hambach liefern dann die Tagebaue Harzweiler 40–50 Mill. t und Inden 20–23 Mill. t Braunkohle pro Jahr.

Die Weichbraunkohlen des Rheinlandes wurden 1980 zu 84 % in Wärmekraftwerken eingesetzt. Außerdem werden Briketts und

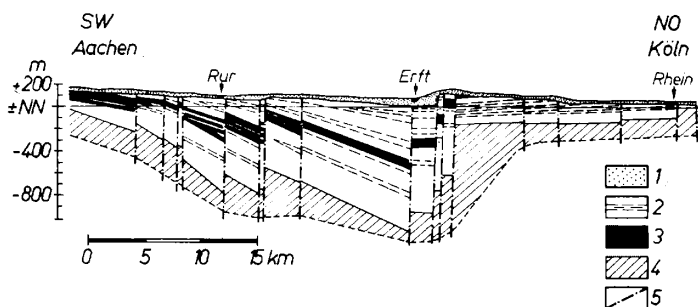


Abb. 45. Schematisches Profil durch die niederrheinische Braunkohlenformation

1 Quartäre Sedimente; 2 oligozäne und miozäne Sedimente; 3 Braunkohle; 4 paläozoische u. mesozoische Gesteine; 5 tektonische Störung

Braunkohlenstaub für die energetische Nutzung produziert. Aus den Kohlen entstehen seit 1976 jährlich über 100 000 t Koks. Die Nutzung als Perlhumus, besonders im Weinbau, soll nicht unerwähnt bleiben. Zukünftig soll die Braunkohle der Kölner Bucht auch zur Gewinnung gasförmiger und flüssiger Kohlenwasserstoffe verwendet werden.

7.3.6. Kohlenvorkommen Großbritanniens

In Großbritannien werden nur Lagerstätten von Steinkohlen bzw. Anthrazit abgebaut. Mit einer Jahresförderung von



Abb. 46. Die bedeutendsten Steinkohlenreviere Großbritanniens

1 Südwaies-Manmut: mit den Gebieten von Kent, Bristol, Forest of Dan, 36 m Kohle in 40 Flözen

2 Mittelengland: Westgruppe von Warwickshire und Staffordshire bei Birmingham, Becken Lancaster – Chester bei Liverpool – Manchester (annähernd 40 Flöze mit 26 m Kohlenmächtigkeit) sowie die kleineren Vorkommen von Shropshire und Nordwaies

3 Nordengland: im Osten das Becken Durham – Nordcumberland, im Westen das Becken von Cumberland

4 Schottland: Kleimi-Becken bei Edinburgh und Glasgow

130 Mill. t belegte Großbritannien 1980 den 5. Platz in der Förderstatistik aller steinkohलगewinnenden Länder.

Die reichen Kohlenvorkommen stammen ausschließlich aus dem Karbon. Die flözführende Fläche aller Steinkohlenbecken Großbritanniens beträgt insgesamt 30 000 km² (Abb. 46). Die Lagerungsverhältnisse der Kohlenflöze sind fast überall so günstig, daß die Kohlen zu annähernd 90 % im Tiefbau effektiv gewonnen werden können (Abb. 47). Aus 69 Tagebauen wurden bis 1979 insgesamt nur 13 Mill. t Steinkohle bei einem Abraum/Kohle-Verhältnis von 11,8: 1 gefördert. Die maximale Tagebautiefe betrug zu dieser Zeit 220 m. Die höchste Förderleistung eines Tagebaus wurde mit 1 Mill. t Jahresförderung erzielt. Die Steinkohlen sind durchweg von hoher Qualität. Der Sortenreichtum gestattet es, die Steinkohlen für jeden Verwendungszweck selektiv zu gewinnen und zu nutzen.

Obwohl die britischen Kohlengruben modern ausgerüstet sind, ist man bestrebt, durch ständige Rationalisierung eine weitere Konzentration der Produktion zu erreichen und durch neue Tagebaue die Förderung auf 170 Mill. t im Jahre 2000 zu steigern. Dabei wird der Aufschluß der Lagerstätte Selby im Revier von Mittelengland zwischen den Städten Selby und York sehr entscheidend sein. Die Lagerstätte verfügt über Vorräte in Höhe mehrerer Milliarden Tonnen. Insgesamt ist eine kohlenfördernde Fläche von 250 km² bekannt. In fünf Schächten sollen die 10 bauwürdigen Flöze gewonnen werden. Das Hauptflöz „Barnsley“ liegt in 360 m Teufe und weist Mächtigkeiten zwischen 2

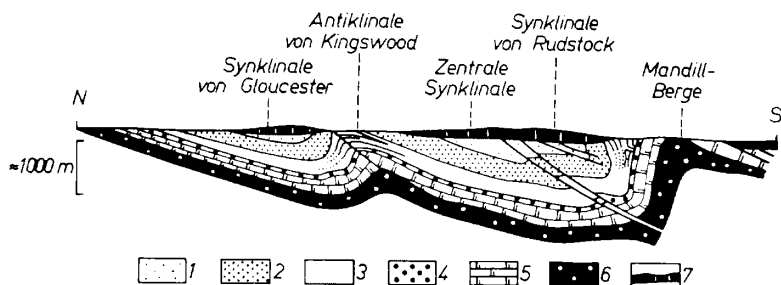


Abb. 47. Profil durch die Steinkohlenlagerstätte Somerset-Gloucestershire (aus Matwejew 1966)

1–5 Karbon

1 obere kohlenführende Serie; 2 Pennant-Serie; 3 untere kohlenführende Serie; 4 Millstone grit; 5 Steinkohlensandstein; 6 Old Red-Sandstein (Devon); 7 Mesozoikum

und 3,5 m auf. Seine Vorräte werden mit 600 Mill. t beziffert. Das Flöz wird als bisher einziges seit 1982 abgebaut. Betrug die Förderung 1982 erst 2 Mill. t im Jahr, so sollen es 1987 schon 10 Mill. t sein. In Selby gibt es gegenwärtig den größten und modernsten Steinkohlen-Bergbaukomplex Großbritanniens.

7.3.7. *Kohlenvorkommen Polens*

Die Steinkohlenförderung in Polen betrug 1980 193 Mill. t oder 6,9 % der Weltsteinkohलगewinnung. Damit behauptete dieses Land seine 4. Stelle innerhalb der Weltrangliste aller Steinkohlenförderländer.

Altersmäßig gehören die Steinkohlen der drei polnischen Reviere dem oberen Karbon an (Abb. 48). Gegenwärtig befinden sich in Górny Śląsk und Dolny Śląsk (Abb. 49) insgesamt 66 Schachtanlagen in Betrieb, wobei der Mechanisierungsgrad im Rahmen der Tiefbau-Gewinnungstechnologie sehr hoch ist und modernsten Anforderungen entspricht. Von besonderer wirtschaftlicher Bedeutung ist der hohe Anteil an verkockbaren Steinkohlen im Revier von Górny Śląsk. In der Kohlengrube Rybnik beträgt er z. B. bis zu 70 %.

Zukünftig sollen sowohl die Förderung als auch der Export von Steinkohlen kontinuierlich erhöht werden. Diese Aufgaben können vor allem durch den systematischen Aufschluß des Kohlenreviers von Lublin gelöst werden. Dieses Revier wird einmal den traditionellen Förderraum von Górny Śląsk hinsichtlich der zu gewinnenden Kohlenmengen übertreffen. Gegenwärtig sind im Lubliner Revier Vorräte von 40 Mrd. t Steinkohle bekannt. Der Abbau ist mit einer geplanten Fördermenge von 24 Mill. t pro Jahr aus insgesamt sieben Schachtanlagen projektiert.

Gegenüber der Steinkohlenförderung nimmt sich die Braunkohलगewinnung mit rund 40 Mill. t pro Jahr oder 3,9 % an der Weltbraunkohlenförderung relativ bescheiden aus. Für die Energieerzeugung ist aber gerade die Braunkohle für Polen von entscheidender wirtschaftlicher Bedeutung.

Alle bekannten Braunkohlenflöze in Polen haben tertiäres Alter und sind Weichbraunkohlen (s. Abb. 48). In den Revieren von Konin und Turow sind insgesamt acht Tagebaue in Betrieb. Gegenwärtig wird der Aufschluß des Tagebaus Bełchatów zielstrebig betrieben. Allein aus diesem Tagebau sollen zukünftig 40 Mill. t Braunkohle jährlich gewonnen werden. Alle Tagebaue verfügen über moderne Bandanlagen.



Abb. 48. Die bedeutendsten Stein- und Braunkohlenlagerstätten Polens

Steinkohlen:

1 Górný Šlask: eine der größten Kohlenlagerstätten der Erde, 60–147 m Kohlenmächtigkeit, die mittlere Abbauteufe liegt bei 500 m; 2 Dolny Šlask: mit den Gruben von Walbrzych und Nowa Ruda, 6–19 m Kohle, stark gefaltetes Gebirge; 3 Becken von Lublin: sehr großes Steinkohlenrevier, befindet sich z. Z. im Aufschlußstadium

Braunkohlen:

4 Konin: ungleichförmiges Feld, 20–50 m Deckgebirge, 7–15 m mächtige Kohle; 5 Turow: ungefähr 27 m Kohle in mehreren Flözen mit 30–35 m Zwischenmitteln, die Abraummächtigkeit beträgt 80 m; 6 Bełchatów: große Lagerstätte innerhalb eines tektonischen Grabens, bis 200 m Kohlenmächtigkeit, vorwiegend Kesselkohle; 7 Legnica: ausgedehnte Lagerstätte, 140 m Abraum, 25 m Kohle, über 2 Mrd. t Vorräte; 8 Ścinawa: über 1 Mrd. t Vorräte; 9 Mosina, Czempin, Krzywiń bei Poznań; 10 Mosty, Babina, Gubin

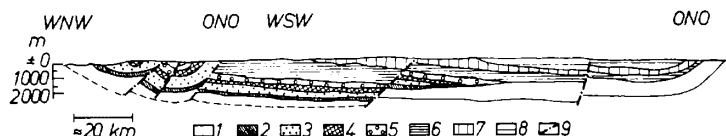


Abb. 49. Geologischer Schnitt durch das Steinkohlenbecken von Górný Šlask (nach Koziol 1963, aus Künstner 1964)

1 Schichten von Petřkovice und Hrusov; 2 Schichten von Jaklovec; 3 Schichten von Poniba;

4–8 flözführendes Oberkarbon:

4 Sattelschichten; 5 Schichten von Ruda; 6 Schichten von Orzesza; 7 Schichten von Łaziska; 8 Schichten von Libiaż; 9 tektonische Störung

7.3.8. Kohlenvorkommen Indiens

Seit 1950 hat die Republik Indien ihre Steinkohlenförderung von jährlich 33 Mill. t auf 114 Mill. t 1980 kontinuierlich gesteigert. Diese Fördermenge, das sind 4,1 % der gesamten Steinkohlenförderung der Erde, ließ Indien 1980 auf den 6. Rang der Weltkohlenförderstatistik vorrücken.

Die meisten Steinkohlebecken haben im allgemeinen nur eine relativ geringe Flächenausdehnung. Im wesentlichen konzentrieren sich diese Kohlenvorkommen auf die Staaten Bihar, Westbengalen, Madhya Pradesh und Orissa (Abb. 50). 90 % aller geförderten Steinkohlen stammen aus den Lagerstätten dieser

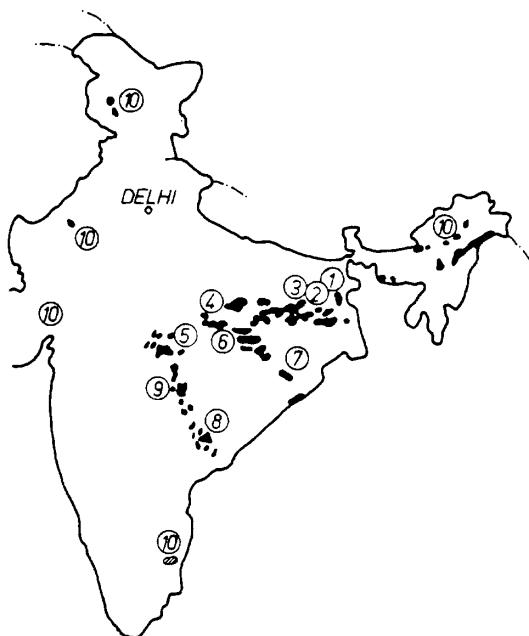


Abb. 50. Die bedeutendsten Stein- u. Braunkohlenlagerstätten Indiens
Steinkohlen:

1 Raniganj (Bihar); 2 Jharia; 3 Ost- und Westbokaro; 4 Singranli; 5 Pench – Kanhan und Tawa-Valley; 6 Otera; 7 Talchir; 8 Godavari-Valley; 9 Chanda-Wardha-Valley;

Braunkohlen:

10 Tamil Nadu (Neyveli), Assam, Jammu, Kashmir, Gujarat, Rajasthan (z. T. auch Steinkohle)

Regionen. Die untere Flözgruppe mit 25 Flözen weist eine Gesamtmächtigkeit von 76 m auf. Sie liefert gute Kokscohlen. Die obere Flözgruppe führt dagegen nur 7 Flöze, die zusammen 30 m mächtig sind; einzelne Flöze können sogar bis zu 40 m mächtig sein.

Diese Steinkohlen stammen aus dem Permokarbon und dem Mesozoikum bis zur Unterkreide. Wegen hoher Aschegehalte sind infolge tektonischer Lagerungsstörungen oder Bedeckung mit basaltischen Eruptivgesteinen die Nutzungs- bzw. Veredlungsmöglichkeiten der Kohlen häufig sehr eingeschränkt. Die Kohlen besitzen aber für die Wärme- und Energieerzeugung des Landes außerordentliche Bedeutung. Abgebaut wird mittels Tiefbau in 30–200 m Tiefe. Außerdem sind zahlreiche kleine Tagebaue von 30–60 m Teufenerstreckung in Betrieb.

Im Tertiär kommen in Indien 1 Mrd. t Hartbraunkohlen und 2 Mrd. t Weichbraunkohlen vor. Stratigraphisch sind die Kohlen dem Eozän und Oligozän zuzuordnen. Die Flözmächtigkeiten betragen zwischen 5 und 25 m. Diese Tertiärkohlen sind ziemlich schwefelreich (2,5–3,0 % Schwefel), dafür aber mineralstoffarm (2–12 % Aschegehalt). Gegenwärtig werden nur die Weichbraunkohlen von Neyveli in einem Tagebau südwestlich von Madras abgebaut. Mit diesen Kohlen wird ein Wärmekraftwerk zur Elektrizitätserzeugung versorgt.

In Indien ist eine bedeutende Steigerung der Kohलगewinnung vorgesehen. Dafür sind sowohl die Modernisierung als auch die Rekonstruktion bestehender Schachtanlagen geplant. Darüber hinaus sollen neue Tief- und Tagebaue in Bengalen und Bihar angelegt werden. Durch den weiteren Ausbau des Eisenbahnnetzes will man die noch bestehenden Transportprobleme zur Versorgung der Industriegebiete lösen.

7.3.9. Kohlenvorkommen der ČSSR

Die ČSSR verfügt über relativ reiche Stein- und Braunkohlenvorkommen, die den größten Teil des Energiebedarfs dieses Landes decken. Die Steinkohlenförderung betrug 1980 insgesamt 28 Mill. t, das war 1 % der Weltsteinkohlenförderung. Besonders wichtig ist der 4. Platz in der Weltbraunkohlenförderbilanz, denn mit 9,9 % Weltanteil betrug die Fördermenge im Jahr 1984 95 Mill. t (Abb. 51).

Das wichtigste Steinkohlenförderrevier der ČSSR ist das Ostrava-Karviná-Becken. Als südliche Fortsetzung des Beckens

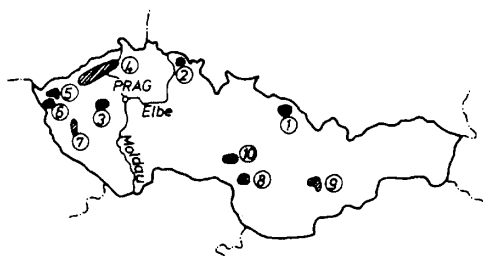


Abb. 51. Die bedeutendsten Stein- und Braunkohlenreviere der ČSSR
Steinkohlen:

1 Ostrava-Karviná-Revier; 2 Pásmo-Svatonovice(-Liberec): kleines Nebenbecken; 3 Kladno-Rakovník und Plzeň in Böhmen: 1800 km², Flöze um 1 m mächtig; 4 Rozice bei Brno

Braunkohlen:

5 Nordböhmisches Becken von Teplice-Most-Chomutov: 15–30 m Flöz; 6 Sokolov-Becken: 3 Flöze, Oberes Flöz 20–30 m; Flöz Agnes 5–12 m, Flöz Josef 4–10 m; 7 Becken von Cheb: Hauptflöz mit 30 m Mächtigkeit; 8 Becken von České Budějovice (Budweis): 3–10 m Kohle; 9 Becken von Hodonín; 10 Becken von Příbram

von Górný Śląsk (Polen, Abb. 49) auf dem Territorium der ČSSR nimmt es rund 1000 km² Fläche ein. In diesem Revier liegen 90 % aller wirtschaftlich nutzbaren Steinkohlevorräte der ČSSR. Die mittlere Mächtigkeit der Flöze von Ostrava beträgt 0,8 m, im Raum Karviná bei zunehmender Abbautiefe 1,6 m. Im Becken sind insgesamt 260 Flöze und Kohlenlagen nachgewiesen.

Die weiteren drei Steinkohlenreviere der ČSSR liefern nur 10 % der gesamten Steinkohlenförderung. Davon steht das Becken von Kladno-Rakovník hinsichtlich seiner wirtschaftlichen Bedeutung nach Ostrava-Karviná an 2. Stelle.

Die Steinkohlen kommen alle in oberkarbonen Schichtserien vor. Es sind qualitativ hochwertige Kohlen. Sie eignen sich besonders zur Verkokung. Neben der Deckung des Eigenbedarfs an Kokssteinkohlen können auch derartige Kohlen exportiert werden. Der Abbau erfolgt in allen Steinkohlenrevieren ausschließlich durch Tiefbau. Eine wesentliche Erhöhung der Steinkohlenförderung ist nicht vorgesehen. Wegen der komplizierten geologischen Bedingungen der Lagerstätten ist der Grad der durchgängigen Mechanisierung des Abbaus eingeschränkt.

Von den Braunkohlevorkommen hat das Nordböhmisches Becken die größte wirtschaftliche Bedeutung (Abb. 52). Durch Wärmeeinflüsse infolge eines starken tertiären Vulkanismus wurden

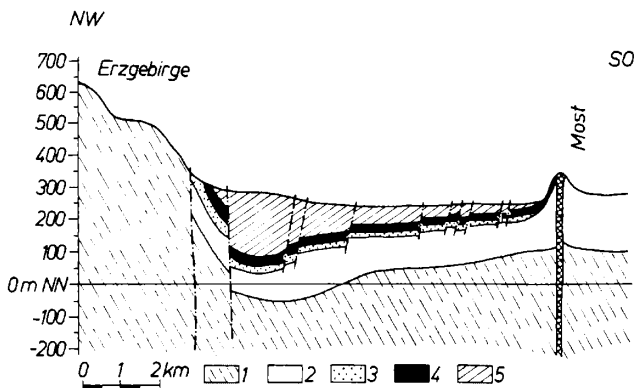


Abb. 52. Profil durch das Braunkohlenbecken von Most (vereinfacht nach Lorenz und Skvor)

1 Erzgebirgskristallin; 2 Kreide; 3 tertiäre Sande und Schluffe; 4 Hartbraunkohlenflöz; 5 Porphyr

die Braunkohlen höher inkohlt als gleichaltrige Braunkohlen anderer Reviere (z. B. der DDR), sie liegen heute als Mattbraunkohlen vor. So beträgt beispielsweise der Heizwert im Durchschnitt 29 MJ/kg gegenüber etwa 25 MJ/kg der Weichbraunkohlen auf DDR-Territorium.

Im gesamten Nordböhmischem Raum von Teplice bis Cheb sind nahezu 20 Tagebaue und 12 Schachtanlagen in Betrieb. Annähernd 85 % aller Braunkohlen werden in Tagebauen gewonnen, wobei die durchschnittliche Flözmächtigkeit 21 m beträgt.

Die Fördermengen von České Budějovice, Hodonin und Prividza sind gegenüber den anderen Becken nur für die territoriale Versorgung wichtig. Die inzwischen ausgekohlten Tagebaue werden durch Tagebau-Neuaufschlüsse ersetzt, um das erreichte Förderniveau beibehalten zu können. Eine nennenswerte Erhöhung der abgebauten Kohlenmenge wird entsprechend der abbauwürdigen Vorratsmenge von rund 3 Mrd. t kaum möglich sein.

7.3.10. Kohlenvorkommen der DDR

Wenn von den Kohlenlagerstätten der DDR (Abb. 53) gesprochen wird, dann sind in der Regel die Braunkohlenlagerstätten gemeint.

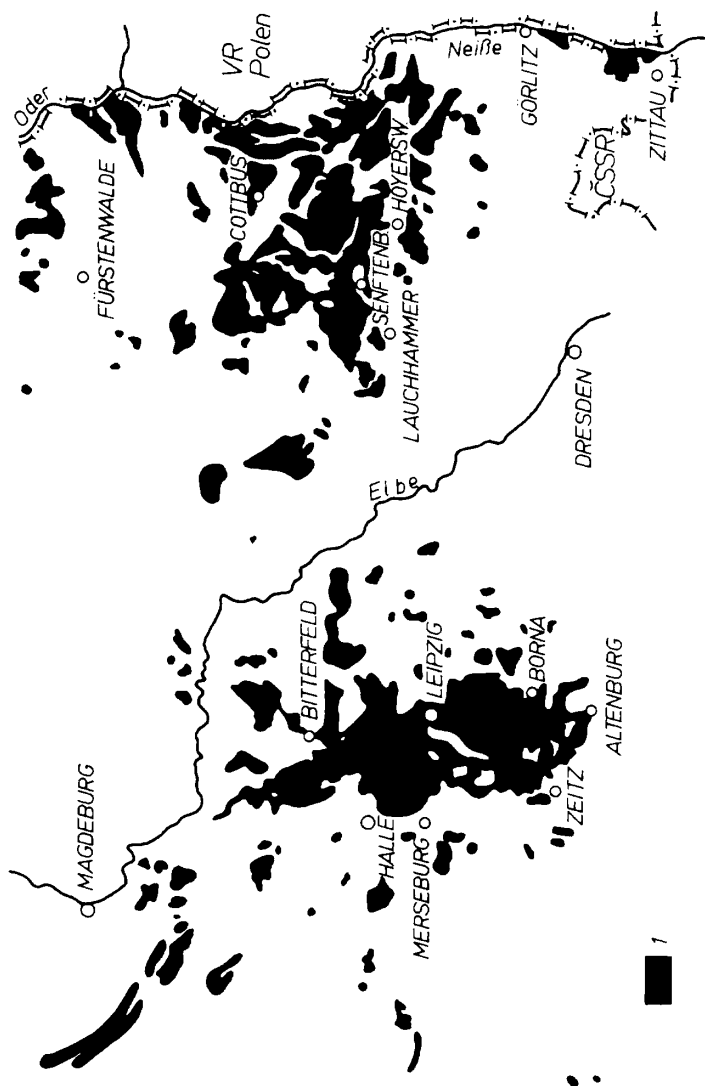


Abb. 53. Braunkohlenreviere der DDR
 1 Verbreitung der Weichbraunkohlenflöze

Tabelle 20. Geologisches Alter und Lagerstättenbezirke wichtiger Braunkohlenflöze der DDR

Geologisches Alter (Mill. Jahren)	Magdeburg (nördliches Harzvorland)	Halle – Leipzig (Weißelsterbecken)	Niederlausitz/ Südbrandenburg (Raum Cottbus)	Oberlausitz (Tertiärgräben von Zittau/ Berzdorf)
1 Jungtertiär			1. Lausitzer Flöz	
			2. Lausitzer Flöz	Zittauer Oberflöz
			3. Lausitzer Flöz	Zittauer Unterflöz
			4. Lausitzer Flöz	
25 Alttertiär			Bitterfelder Flöz	
		Oberflöz von Amsdorf	Flöz Gröbers	Böhlener Oberflöz (IV)
		Flöze von Ober- röllingen	Flöz Bruckdorf	Thüringer und Bornauer Haupt- flöz (III/II)
	Flöze von Egeln und Oschers- leben	Flöze von Nachter- stedt	Flöz Wallen- dorf	Thüringer Unterflöz (I)
			Geiseltalflöz	
65				

Steinkohlenlagerstätten hatten auf dem Territorium der DDR bis auf das Zwickau-Oelsnitzer Revier nie eine größere volkswirtschaftliche Bedeutung. In diesem Revier wurden seit dem 14. Jahrhundert bis in die siebziger Jahre unseres Jahrhunderts karbonate Steinkohlen (z. T. Kokskohlen) abgebaut. Es traten bis zu 20 Flöze mit einer Gesamtkohlenmächtigkeit von 17–32 m auf. Die übrigen Vorkommen (Harz, Thüringen, nördlich von Halle und bei Doberlug) enthalten neben überwiegend aschereichen, geringmächtigen Kohlenflözen ganz lokal auch Flözbänke von über 5 m Mächtigkeit und besitzen derzeit keine volkswirtschaftliche Bedeutung.

Für die Wirtschaft der DDR ist die *Braunkohle* der wichtigste Primärenergieträger und Rohstoff Nummer 1. Mit einer Jahresförderung von 312 Mill. t Rohbraunkohle 1985 steht die DDR an der Spitze der Braunkohlenförderländer der Erde.

Die ausgedehnten Braunkohlenlager auf dem Territorium der DDR sind als Weichbraunkohlen ausgebildet und entstanden in verschiedenen Zeiten des Tertiärs (Tab. 20).

Die Kohlen werden einer vielfältigen Verwendung zugeführt (Brikettierung, Verkokung, Gaserzeugung, Verschwelung, Bitumenextraktion, Elektroenergie und Wärmeerzeugung).

Die Kohlenförderung verteilt sich auf vier Lagerstättenbezirke mit folgenden Anteilen an industriell nutzbaren Vorräten:

Niederlausitzer Revier	≈ 55 %
Halle-Leipziger Revier	≈ 37 %
Magdeburger Revier	≈ 5 %
Oberlausitzer Revier	≈ 3 %

Niederlausitzer Braunkohlenrevier

Von den vier Lausitzer Flözen hat das epirogenetisch angelegte 2. Flöz die größte flächenhafte Verbreitung (3 600–4 000 km²) und auch die größte volkswirtschaftliche Bedeutung. Das 8–14 m mächtige Flöz setzt sich aus dunklen, mehr oder weniger geschichteten Kohlen zusammen. Nach Norden spaltet das Flöz in mehrere Flözbänke auf (Abb. 54).

Geringe Asche- und Schwefelgehalte sind typisch (6–10 % Asche A^d; 1 % Schwefel S_t^d). Die Kohle weist sehr gute Briketteneigenschaften auf und ist damit die Rohstoffbasis für die Herstellung von Braunkohlen-Hochtemperatur-Koks (BHT-Koks) sowie für die Druckvergasung im Gaskombinat „Schwarze Pumpe“, das 65 % des erzeugten Stadtgases der DDR herstellt.

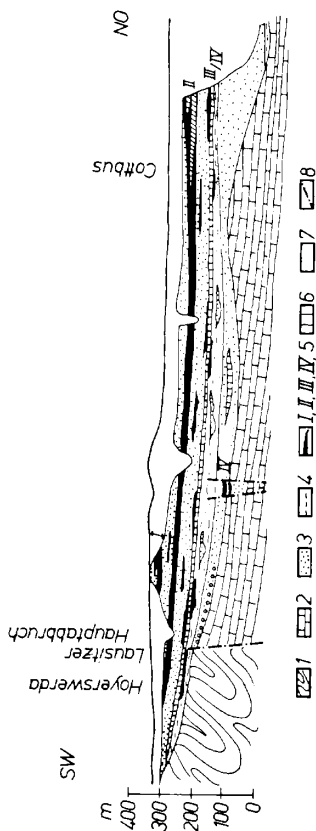


Abb. 54. Schematisches Profil durch die Niederlausitzer Braunkohlenformation (nach Suhr 1985)

1 Paläozoikum (Grundgebirge); 2-7 Tafeldeckgebirge; 2 Jungpaläozoikum und Mesozoikum;

3-6 Tertiär; 3 vorwiegend sandige Serien; 4 vorwiegend tonige Serien; 5 Weichbraunkohlenflöze; I-IV 1.-4. Lausitzer Flöz;

6 Schluffe, z. T. kohlig; 7 Quartär; 8 Störung

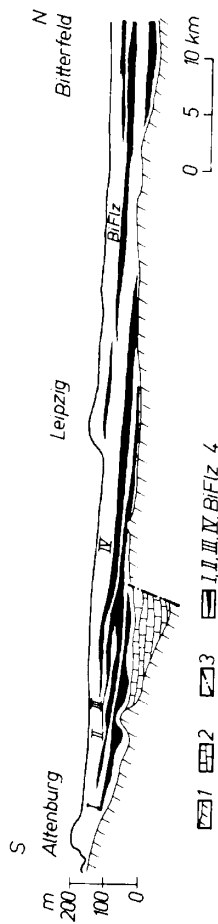


Abb. 55. Schematisches Profil durch das Halle-Leipziger Braunkohlenrevier (vereinfacht nach Eißmann 1970)

1 Grundgebirge; 2 Tafeldeckgebirge; 3 Störung; 4 Deckgebirge mit Braunkohlenflözen

I Thüringer Unterflöz; II Bornaer Hauptflöz; III Thüringer Hauptflöz; IV Böhleiner Oberflöz; BiFLz Bitterfelder Flöz

Während die aschereichen Flözbänke des 3. und 4. Lausitzer Flözes gegenwärtig nicht gewonnen werden, ist das erste Lausitzer Flöz zum überwiegenden Teil abgebaut. Zu Beginn unseres Jahrhunderts erlebte der Niederlausitzer Braunkohlenbergbau in diesem Horizont seine erste Blüte. Das Flöz wies damals im Senftenberger Raum Mächtigkeiten um 20 m auf und befand sich der Erdoberfläche sehr nahe.

Halle-Leipziger Braunkohlenrevier

Das Braunkohlenrevier um Halle–Bitterfeld–Leipzig–Borna–Zeitz–Altenburg ist das zweitgrößte Förderfeld der DDR. Abgebaut werden vorrangig das Bornaer Hauptflöz (im Gebiet um Merseburg als Flöz Bruckdorf bezeichnet) und das Böhleener Oberflöz. Es sind epirogenetisch angelegte Flöze mit einer ausgeprägten Wechsellagerung dunkler, teearmer bzw. heller, teerreicher Kohlen und in der Regel ruhiger Lagerung (Abb. 55) und gleichbleibenden Mächtigkeiten (8–16 m).

Die Kohlen weisen Aschegehalte um 15 %, Schwefelgehalte zwischen 3 – 5 % und Teergehalte (T_{sk}^d) zwischen 16–18 % auf. Sie werden als Brikettier- und Schmelzkohlen eingesetzt. Nördlich von Leipzig wird das Bitterfelder Flöz abgebaut; seine Mächtigkeit beträgt 12–15 m. Die Kohlen sind sehr schwefelreich (4–5 % S_t^d). Sie dienen der Versorgung der umliegenden Brikettfabriken und Heizkraftwerke.

Im Gebiet zwischen Halle und Eisleben wird in der kleinen, salztektonisch entstandenen Lagerstätte von Oberröblingen seit über 60 Jahren hochwertige Bitumenkohle gewonnen, die die Grundlage für die Herstellung von Rohmontanwachs darstellt. Die Braunkohlen können Bitumenwerte bis 20 % erreichen, wobei der Wachsanteil im Bitumen schwankt, aber meist bis zu 90 % beträgt.

Eine Sonderstellung nimmt die Braunkohlenlagerstätte Geiseltal (westlich von Merseburg/Bezirk Halle) ein. Es ist ein 50 km² großes Braunkohlenbecken mit einer Länge von 12 km und einer Breite von 4 km. Die Lagerstätte gilt als Musterbeispiel für den subrosiven Lagerstättentyp: durch eine tiefgründige Auslaugung von Salzgesteinen des Untergrundes und einem damit verbundenen stetigen Moormorwachstum entstand ein bis zu 120 m mächtiges Braunkohlenflöz.

Bei einem mittleren Aschegehalt (A^d) von 10–13 % und Schwefelgehalt (S_t^d) von 4–6 % findet die Rohbraunkohle in den chemi-

schen Großbetrieben, Kraftwerken und Brikettfabriken des Territoriums Verwendung.

Berühmt wurde das Geiseltal aber erst durch zahlreiche Pflanzen- und Tierfunde. Dabei ist das Vorkommen von Wirbeltieren einmalig für alle Braunkohlen Mitteleuropas. Die in den vergangenen 50 Jahren geborgenen 100 000 größeren Fossilreste von weit über 200 verschiedenen Tierarten haben immer wieder das Erstaunen und Interesse der Geologen aus aller Welt hervorgerufen. Vor 50 Mill. Jahren lebten im „Kohlenmoor“ Fische, Molche, Schildkröten, Frösche, Riesenschlangen, Krokodile und andere Tiere. In den Wäldern kamen Urraubtiere, Vögel, Insekten, Affen und die ersten Pferde vor (Abb. 56). Der ausgezeichnete Erhaltungszustand der Fossilreste ist auf die ins „Kohlenmoor“ eingeflossenen kalkhaltigen Wässer tertiärer Bachläufe zurückzuführen. Dadurch konnten die im Moor vorhandenen Huminsäuren neutralisiert und die unter anderen Bedingungen durchweg zerstörten Tierknochen und -gewebe „konserviert“ werden.

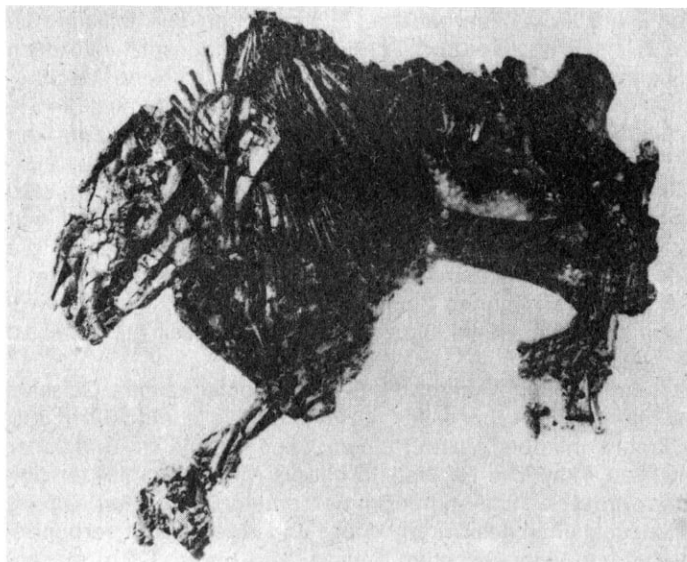


Abb. 56. Skelett eines Altpferdes (*Propalotherium hassiacum* HAUPT) aus der Geiseltalkohle (Gesamtlänge etwa 70 cm; aus Krumbiegel 1978)

Die Kohlenflöze des nördlichen Harzvorlandes wurden in schmalen, langgestreckten, salztektonischen Randsenken abgelagert. Deshalb senkten sich die Kohlenschichten von den Rändern in Richtung Beckenzentrum stark ein (steiles Schichteinfallen). Die Flöze sind farblich deutlich gebändert (Wechselagerung gelber, brauner und schwarzer Kohlen). Die Kohlenqualität wird durch sehr hohe Salzgehalte (durchschnittlich 2–4 %, Höchstwert um 8 % Na_2O in der wasserfreien Kohle) negativ beeinflusst (z. B. Erniedrigung des Ascheschmelzpunktes, Bildung aggressiver Dämpfe).

Oberlausitzer Revier

In den tektonisch angelegten Gräben von Zittau und Berzdorf – der nordöstlichen Fortsetzung der Nordböhmischen Braunkohlenbecken – wurden 20–40 m mächtige Flöze mit sehr vielen Tonzwischenmitteln abgelagert. Während im Zittauer Unterflöz vorwiegend bankige, ungeschichtete Kohlen vorkommen, ist für das Oberflöz ein ausgesprochener Xylit-(Holz-) Reichtum charakteristisch (Xylitanteile bis zu 60 %). Die Kohlen werden auf Grund der hohen Asche- und Xylitgehalte in den umliegenden Kraftwerken zur Energiegewinnung eingesetzt.

8. Rohstoff aus dem Schoß der Erde – Erkundung und Abbau von Kohlenlagerstätten

8.1. Kohlenerkundung

Das Aufsuchen von Kohlenlagerstätten ist einfacher als bei anderen Rohstoffen wie Erdöl oder Erz.

Die ersten Kohlenlagerstätten wurden an solchen Stellen gefunden, wo die Kohlenflöze augenfällig an der Erdoberfläche zutage traten. Bis zum Anfang unseres Jahrhunderts waren auf diese Art und Weise bereits eine Vielzahl von Lagerstätten bekannt. Diese Kenntnisse konnten noch durch Bohrungen ergänzt werden, die in der Nähe der Flöz-„Ausbisse“ geteuft wurden.

Heute wissen wir, wo sich die wichtigsten Kohlenbecken der Erde befinden. Die Aufgabe der geologischen Kohlenerkundung ist es nunmehr, in diesen Kohlenbecken die für eine industrielle Gewinnung günstigsten Kohlenlagerstätten zu erkunden.

Da der Kohlenbergbau ein aufwendiger und auch kostenintensiver Prozeß ist, müssen die Erkundungsarbeiten eine Vielzahl lagerstättengeologisch und bergmännisch verwertbarer Informationen liefern. Je besser dies dem Erkundungsgeologen gelingt, desto geringer ist das Risiko des nachfolgenden Kohlenbergbaus. Die geologische Erkundung wird schrittweise in den aufeinanderfolgenden Erkundungsstadien Lagerstättenprognose, Lagerstättensuche und eigentliche Lagerstättenenerkundung durchgeführt.

Im Stadium der *Prognose* werden die geologische Verbreitung und Ausbildung der kohlenführenden Schichten im Kohlenbecken ermittelt und eine erste Höffigkeitseinschätzung der Kohlenvorräte vorgenommen.

Im Stadium der *Suche (Prospektion)* werden die Lagerstätten in den kohleführenden Formationen genauer untersucht und die volkswirtschaftlich rentabelste Lagerstätte für die weitere Erkundung ausgesucht. Das ist in der Regel die Lagerstätte mit den größten Kohlenvorräten, besten Kohlenqualitäten und günstigsten Abbaubedingungen.

Im Stadium der *Erkundung* werden alle wichtigen geologischen und bergbautechnischen Lagerstättenparameter bestimmt sowie die abbauwürdigen Kohlenvorräte berechnet. Die Lagerstättenenerkundung wird meist in drei Etappen (Vorerkundung, Detailerkundung, Betriebserkundung) durchgeführt. Parallel zu diesen Erkundungsstadien müssen wichtige bergbautechnologische Entscheidungen gefällt werden, die den Aufschluß der Lagerstätte (Tiefbau oder Tagebau) und die Weiterverarbeitung der Kohle (Bau von Heizkraftwerken, Brikettfabriken, Kokereien usw.) betreffen.

Auf der Basis der Erkundungsergebnisse werden die Aufschlußinvestitionen sowie die Grundtechnologien der Förder- und Verarbeitungsbetriebe vorbereitet. Erkundung und Bergbau müssen deshalb gut aufeinander abgestimmt sein. Dem Geologen stehen in der Erkundung bewährte Arbeitsmethoden zur Verfügung, nämlich die geologische Kartierung, die geophysikalischen Vermessungen und Bohrungen.

Geologische Kartierung

Der Geologe beschafft sich zuerst alle im Untersuchungsgebiet verfügbaren geologischen Unterlagen und fertigt – soweit noch nicht vorhanden – Verbreitungskarten geologischer Horizonte und Profilschnitte an.

Gebräuchliche Kartenmaßstäbe sind:

in der Prognose 1 : 100 000 bis 1 : 50 000

in der Suche 1 : 25 000 bis 1 : 10 000

in der Erkundung 1 : 10 000 bis 1 : 5 000

Eigene geologische Kartierungsarbeiten (z. B. in benachbarten Kohlengruben) vervollständigen die geologischen Kenntnisse der Lagerstätte.

Geophysikalische Vermessungsarbeiten

Besonders in Untersuchungsgebieten mit geringem geologischem Kenntnisstand werden oberflächengeophysikalische Untersuchungen durchgeführt. Es handelt sich dabei um solche Verfahren wie die Messung der Schwerkraft (Gravimetrie), die Bestimmung der Ausbreitung elastischer Wellen in der Erde (Seismik) oder der elektrischen Leitfähigkeit der Schichten (Geoelektrik).

Mit Hilfe der *gravimetrischen Vermessung* werden Schwereminima und -maxima der Erde bestimmt, d. h. die Verbreitung leichter und schwerer Gesteinsschichten festgestellt. Mit dieser Methode sind Aussagen zur Kohlenverbreitung, zu flözleeren Zonen (z. B. Auswaschungsrinnen) und zu gestörten Flözpartien möglich (Abb. 57). Im dargestellten Beispiel entsprechen die lokalen Schwereminima Flözhochlagen und die Schweremaxima Flöztiefenlagen oder flözfreien Zonen eines durch Eisdruck (glazigen) gestörten Braunkohlenflözes. Der Verlauf der langgestreckten Schwereanomalien kann dabei sehr gut flächenhaft verfolgt werden.

Durch künstliche Erschütterungen an der Erdoberfläche werden seismische Wellen erzeugt und ihre Fortpflanzung und Reflexion in bzw. an den Gesteinsschichten gemessen (*Seismik*). Dadurch entsteht für den Kohlengeologen ein relativ genaues Bild der Lagerung tieferer Schichten des Untergrundes. Er bekommt Tiefenangaben auffälliger Schichtgrenzen (z. B. Mächtigkeit und Verlauf von Kohlenflözen, Nachweis und Einfallen tektonischer Störungen, Erfassung der Schichtgrenze zwischen der Kohlenbekenfüllung und dem Grundgebirgssockel).

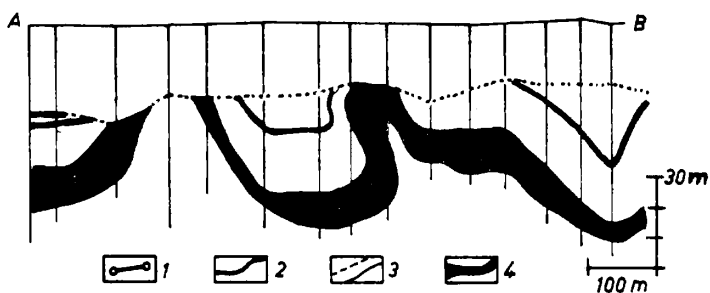
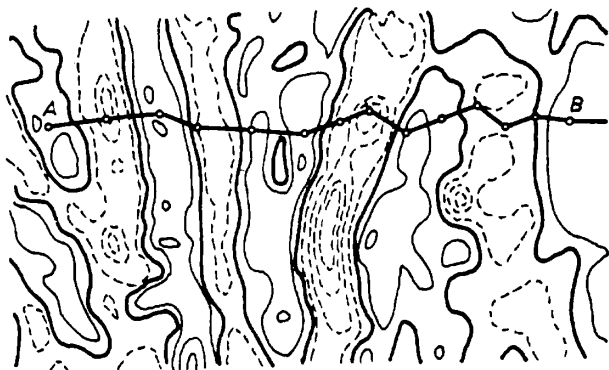


Abb. 57. Gravimetrische Erkundung eines glazigen gestörten Braunkohlenflözes (nach Bendzko 1977)

Oben: vermessene Fläche mit Schwereminima und -maxima; unten: mittels Bohrungen erkundete Flözlagerung

1 Bohrprofil; 2, 3 Linien gleicher Schwere: 2 0-mGal -Isolinie; 3 2×10^{-2} , 8×10^{-2} , $10 \times 10^{-2}\text{-mGal}$ -Isolinie; 4 Braunkohlenflöz

Besonderes Gewicht erhalten die geophysikalischen Meßergebnisse aber erst dann, wenn sie mit den Ergebnissen der Erkundungsbohrungen gekoppelt werden.

Bohrungen

Bohrungen liefern die exaktesten Angaben über das Schichtprofil der Lagerstätte. Die Bohransatzpunkte werden auf der Grundlage der geologischen Karten und Schnittunterlagen sowie der

oberflächengeophysikalischen Vermessungsergebnisse festgelegt.

Der Bohrungsabstand ist abhängig von der Erkundungsetappe (z. B. Suche, Vorerkundung, Detailerkundung) und dem Lagerstättentyp.

Je komplizierter eine Lagerstätte aufgebaut und je fortgeschrittener das Erkundungsstadium ist, desto geringer sind die Bohrlochabstände.

Das Kohlenfeld wird in der Regel in einem quadratischen Bohrnetz oder in Bohrprofilreihen abgebohrt (Abb. 58). Es kommen drehende Bohrverfahren (Rotary-Verfahren) zur Anwendung. Damit werden Gesteinskerne aus dem geologischen Schichtenverband herausgeschnitten. An diesen Kernen kann der Geologe den ihm bislang unbekannten Schichtenaufbau genau studieren. Die Bohrkerns werden vom Geologen sorgfältig dokumentiert (die makroskopischen Merkmale der Schichten

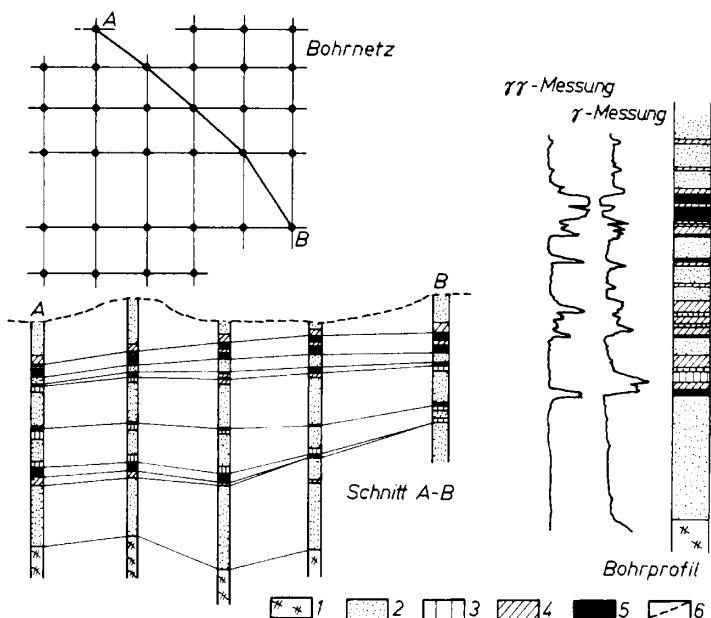


Abb. 58. Bohrnetz, Bohrprofil mit Bohrlochmeßkurve und geologischer Schnitt einer erkundeten Braunkohlenlagerstätte (schematisch)
1 Granit und Schiefer; 2 Sande; 3 Tone; 4 Schluffe, z. T. kohlig; 5 Braunkohle; 6 Erdoberfläche

bestimmt), beprobt und im Labor auf ihre Rohstoffeigenschaften untersucht.

Kernbohrungen sind zeitaufwendig und teuer. Deshalb kommen bei der Kohlenerkundung in großem Umfang auch kernlose Rotary-Spülbohrungen zum Einsatz. Bei diesem Verfahren wird das Gesteinsmaterial mit Hilfe des Bohrmeißels „zerrieben“ und durch die Bohrspülung an die Erdoberfläche gebracht. Mittels der *bohrlochgeophysikalischen Messung* ist der Geologe bei diesen Bohrungen in der Lage, die Schichtenfolgen zu ermitteln.

Das Meßprogramm der Bohrlochgeophysik setzt sich aus folgenden Einzelmessungen zusammen:

- Kb – Kaliberkurve, Messung des Bohrlochdurchmessers
- R – Messung des spezifischen elektrischen Widerstandes der Gesteinsschichten
- G – Gamma-Kurve, Messung der natürlichen Radioaktivität der Schichten und
- GG – Gamma-Gamma-Kurve, Messung der gestreuten Gammastrahlung in den Schichten (Bestimmung der Gesteinsdichte möglich).

In der Bohrlochgeophysik wird der Sachverhalt ausgenutzt, daß die Gesteinsschichten unterschiedliche gesteinsphysikalische Eigenschaften (z. B. einen unterschiedlichen elektrischen Widerstand) besitzen, die sich in der Bohrlochmeßkurve widerspiegeln (s. Abb. 58).

Der Geologe kann demzufolge den geologischen Schichtenaufbau direkt aus der Bohrlochmeßkurve ablesen. Die bohrlochgeophysikalische Interpretation der geologischen Schichtenfolge wird durch die benachbarten Kernbohrungen gestützt, da diese in der Regel ebenfalls geophysikalisch vermessen werden.

Die Untersuchungsarbeiten während der Kohlenerkundung konzentrieren sich beispielsweise bei oberflächennahen Lagerstätten, die im Tagebau gewonnen werden können, auf folgende geologische Komplexe:

Geologie der Lagerstätte

- Kennzeichnung des geologischen Lagerstättenaufbaus (Mächtigkeit, Verbreitung, Lagerungsverhältnisse und Petrographie der Gesteinsschichten)
- Abgrenzen gestörter Lagerstättenbereiche (Nachweis tektonischer Störungen)

Kohlengeologische Verhältnisse

- Kennzeichnung der Verbreitung, Mächtigkeit und Lagerung

der Kohlenflöze einschließlich des Nachweises gestörter Flöz-
bereiche

- Kennzeichnung des petrographisch-faziellen und rohstoffli-
chen Aufbaus der Flöze

Hydrogeologische Verhältnisse

- Verbreitung, Ausbildung und Mächtigkeit der Grundwasserlei-
ter
- Ermittlung der Grundwasserdynamik (Durchlässigkeit, Fließ-
richtung) und der Wasserbeschaffenheit (Chemismus, mögli-
che Nutzung)

Ingenieurgeologische Verhältnisse

- Verbreitung, Ausbildung, Lagerung und Mächtigkeit abbauer-
schwerender und abbauegefährdender Schichten
- Ermittlung der bodenphysikalischen Eigenschaften dieser
Schichten (Tragfähigkeit, Standsicherheit, Rutschungsgefähr-
dung)

Bodengeologische Verhältnisse

- bodengeologische Kennzeichnung der Abraumschichten
- Kulturwürdigkeit und Nutzungsmöglichkeiten der Abraum-
schichten für eine land- oder forstwirtschaftliche Folgenut-
zung, Vorschläge für die Wiederurbarmachung (Rekultivie-
rung der Bergbaufolgelandschaft)

Begleitrohstoffe (z. B. Tone, Sande, Torf)

- Verbreitung, Ausbildung und Mächtigkeit der Begleitrohstoff-
schichten
- Kennzeichnung der Begleitrohstoffe und Vorschläge für ihre
Nutzung

Die Ergebnisse der geologischen Erkundungsarbeiten werden in
einem Bericht dokumentiert, der auch die berechneten Vorräte
an Kohle, Grundwasser und Begleitrohstoffen enthält. Eine geolo-
gisch-ökonomische Bewertung der Lagerstätte, damit die Frage
nach dem Aufwand und dem volkswirtschaftlichen Nutzen des
Kohlenabbaus beantwortet werden kann, schließt den Ergebnis-
bericht ab. Mit diesen Unterlagen beginnt der Kohlenbergbau
die Projektierung seiner Kohlengruben.

8.2. Abbau der Kohlenlagerstätten

Der Kohlenbergbau erfolgt sowohl im Tiefbau als auch im Tagebau.

Tiefbau

Viele Steinkohlen- und Anthrazitflöze befinden sich auf Grund ihrer Entstehungsgeschichte (vgl. Kap. 5) 500–1000 m tief unter der Erdoberfläche. Um diese Flöze abbauen zu können, müssen von obertage aus Schächte niedergebracht und Förderstrecken aufgefahren werden. Enden die Kohlenflöze an Talhängen, wie es z. B. im Gebiet der Appalachen (USA) bei den tieferliegenden Flözen der Fall ist (s. Abb. 37), dann können Stollen horizontal in den Hang vorgetrieben und die Kohlenflöze günstiger abgebaut werden. Früher war der Steinkohlenabbau eine schwere körperliche Arbeit und auch nicht ungefährlich. Explosionen ausströmender Grubengase (Methan) haben vielen Bergleuten das Leben gekostet. Heute kommen in den Tiefbauen moderne, automatisierte Fördertechnologien zum Einsatz (Abb. 59).

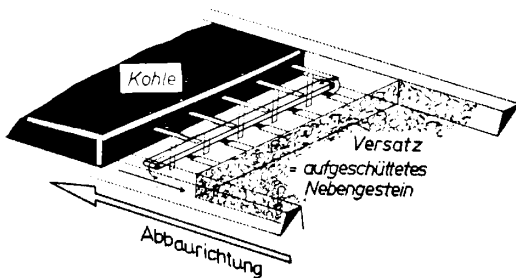


Abb. 59. Kohlenabbau im Tiefbau nach dem Strebbauverfahren (geradliniger ununterbrochener Abbau)

Tagebau

Die Braunkohlenflöze sind in der Regel in die oberflächennahen Ablagerungen der Erde eingebettet, so daß sie im Tagebau gewonnen werden können. Aber auch Steinkohlenflöze kommen

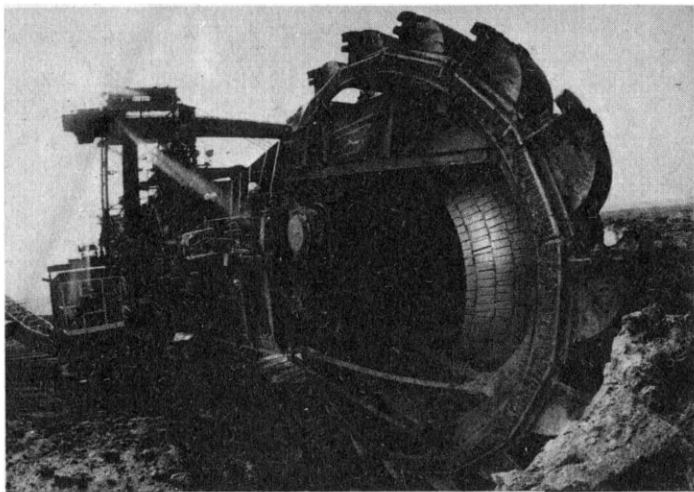


Abb. 60. Schaufelradbagger SRs 6300 im Tagebau Welzow-Süd (Niederschlesien) (ADN-ZB/Weisflog)

nahe der Erdoberfläche vor, wenn ihre Deckgebirgsschichten durch geologische Vorgänge abgetragen worden sind.

Beim Tagebauaufschluß wird das gesamte Deckgebirge über der Kohle abgebagert und die Kohle freigelegt.

Bevor die Kohle gewonnen werden kann, müssen z. T. erhebliche Abraummassen bewegt werden. Dafür stehen heute moderne Tagebausysteme mit riesigen Schaufelradbaggern und Abraumförderbrücken zur Verfügung (Abb. 60 und 61).

Die Tagebautechnologien im Braunkohlenbergbau der DDR haben ein wissenschaftlich-technisches Niveau erreicht, das international beachtenswert ist. Mit dem eingesetzten Förderbrückenverband vom Typ F 60 (Förderbrücke mit 60 m Abtragshöhe) werden jährlich über 100 Mrd. m^3 Abraum gewonnen und über die Tagebaugrube hinweg auf die Abraumkippe gefördert.

Zusätzliche Abraummassen, die nicht von der Förderbrücke erfaßt werden können, sowie die Förderkohle muß man über 2 – 2,5 m breite Förderbänder mit Bandgeschwindigkeiten um 5 m/s aus dem Tagebau heraustransportieren.

In den letzten Jahrzehnten hat die Gewinnung von Rohstoffen im Tagebau in aller Welt stark zugenommen. Sie ist, was die Menge an bergbaulich gewonnenen Rohstoffen betrifft, heute zur vor-

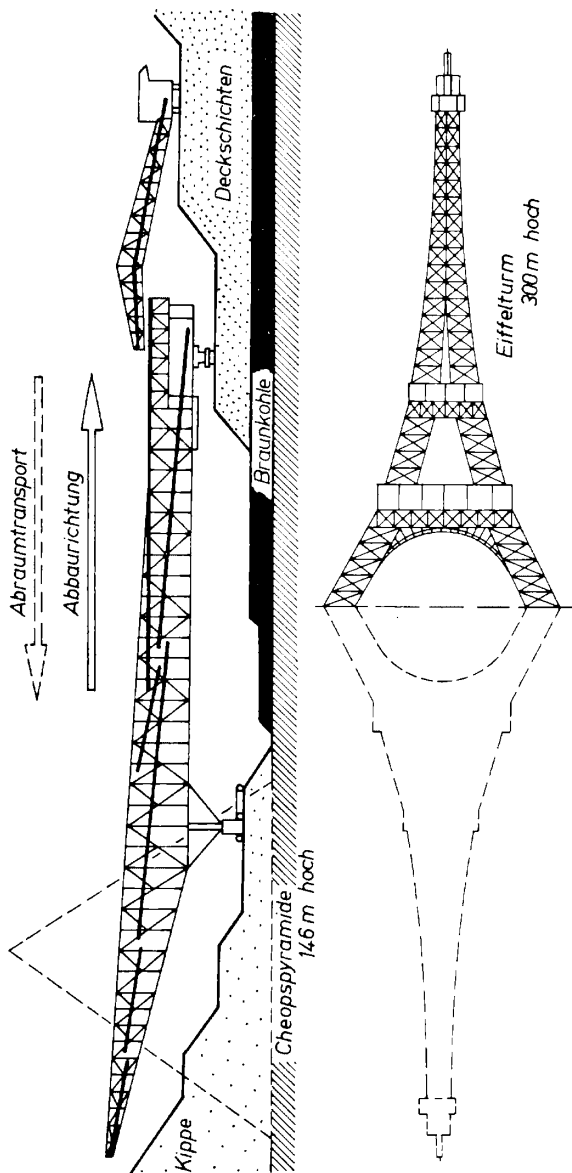


Abb. 61. Förderbrückenverband des Typs F 60 (aus Strzodka u. a. 1980) im Vergleich zu Cheopspyramide und Eiffelturm

Tabelle 21. Produktions- und Investitionskosten ausgewählter Kohlenförderländer pro Tonne Kohle (Basis US-Dollar 1978)

Land	Kohlenart	Hauptproduktionskosten		Investkosten für Erwei- terungen
		gegenwärtig betriebene Gruben	neue Gruben	
<i>Tagebau</i>				
Australien	Brk., Stk.	12–15	8–15	30–40
BRD	Brk.	10–25	—	—
DDR	Brk.	8–12	n. a.	15–25
China	Brk., Stk.	6–12	—	5–10
USA	Brk., Stk.	8–15	n. a.	10–35
UdSSR	Brk.	5–10	n. a.	15–20
<i>Tiefbau</i>				
China	Stk.	12–20	n. a.	20–35
ČSSR	Stk.	30–40	n. a.	60–70
Indien	Stk.	12–25	n. a.	30–35
USA	Stk.	20–30	n. a.	40–55
UdSSR	Stk.	18–25	n. a.	30–40
Frankreich	Stk.	80–95	80–90	n. a.

Brk. – Braunkohle

Stk. – Steinkohle

n. a. – nicht angegeben

herrschenden Technologie geworden. Dies trifft im besonderen Maße auch auf den Kohlenbergbau zu.

Die Tagebautechnologie hat gegenüber dem Untertagebergbau oder Tiefbau entscheidende Produktivitäts- und Kostenvorteile (Tab. 21). So betragen beispielsweise die Produktionskosten nur 40–80 % der Kosten, die für den Tiefbau erforderlich sind.

Aber auch der Gewinnung im Tagebau stehen in der Zukunft große Probleme gegenüber. In den nächsten Jahren wird sich das Förderverhältnis von Abraum zu Kohle sprunghaft verschlechtern (Abb. 62), d. h., die Deckgebirgsmächtigkeiten nehmen zu, und die Tagebaue werden tiefer. Die dabei steigenden Produktions- und Investitionskosten müssen durch verbesserte und neue Tagebautechnologien abgefangen werden. Ein solcher Schritt in die Zukunft ist der Tieftagebau Hambach im Niederrheinischen Braunkohlenrevier, der in den nächsten Jahren eine Tiefe von über 400 m erreichen soll.

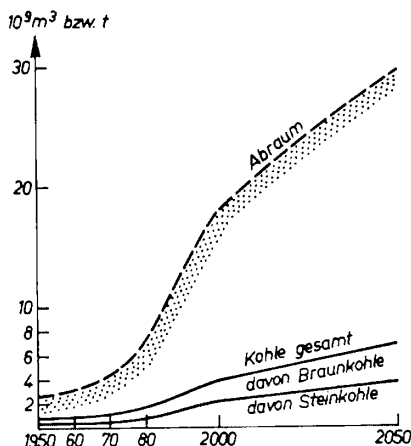


Abb.62. Bisherige und prognostische Entwicklung der Kohle- und Abraumgewinnung

8.3. Die Kohlegewinnung im Spiegel der Weltbergbaukongresse

Seit über 35 Jahren besteht das Internationale Organisationskomitee der Weltbergbaukongresse (IOK). Die Initiative zur Durchführung einer bergbaulichen Weltkonferenz ging von Prof. Dr. B. Krupinski, dem damaligen Vorsitzenden des Bergbauverbandes Polens, aus. Diese Kongresse sollten sich speziell der Anlage und dem Betrieb von Tiefbaubergwerken und Tagebauen widmen. Der I. Internationale Bergbaukongreß fand 1958 in Warschau statt. Bisher fanden 11 Weltbergbaukongresse statt. Eine allgemeine Übersicht über diese Kongresse vermittelt Tab.22.

9. Kulturlandschaften folgen dem Tagebau

Während der Tiefbau an der Erdoberfläche nur wenig sichtbare Spuren hinterläßt, greift der Abbau großflächiger Tagebaue erheblich in die Umwelt des Menschen ein und verändert das Antlitz der Erde.

Den großen Flächenbedarf des Braunkohlenabbaus sollen zwei Beispiele verdeutlichen:

Tabelle 22. Die Weltbergbau-Kongresse

Nr.	Ort u. Zeit	Land	Zahl der ver- tretenen Länder	Zahl der Dele- gierten	Zahl der Vorträge	Hauptthema
I.	Warschau 1958	Polen	13	750	72	Probleme des Baus von Tiefbauwerken und Tagebauen
II.	Prag 1961	ČSSR	17	500	50	Erhöhung der Rentabilität im Bergbau
III.	Salzburg 1963	Österreich	30	625	63	Wissenschaft u. Technik im Kampf um Sicherheit im Bergbau
IV.	London 1965	Großbritannien	42	1600	42	Moderne Bergbausysteme
V.	Moskau 1967	UdSSR	44	2000	55	Technischer Fortschritt im Bergbau
VI.	Madrid 1970	Spanien	52	2300	88	Die Wissenschaft im Dienste des Berg- baus
VII.	Bukarest 1972	Rumänien	49	2000	75	Organisation und Leitung im Bergbau
VIII.	Lima 1974	Peru	55	2400	96	Entwicklungsprognose des Bergbaus bis zum Jahr 2000
IX.	Düsseldorf 1976	BRD	61	1750	100	Bergbau und Rohstoff-Schlüssel zum Fortschritt
X.	Istanbul 1979	Türkei	45	1500	77	Bergbau und mineralische Rohstoffe im Dienste der Menschheit

Nr.	Ort u. Zeit	Land	Zahl der ver- tretenen Länder	Zahl der Dele- gierten	Zahl der Vorträge	Hauptthema
XI.	Belgrad 1982	Jugoslawien	56	2 350	103	Mineralrohstoffe – ein Faktor der Weltwirtschaft.
XII.	Neu-Delhi 1984	Indien	33	1 050	120	Optimaler Abbau von Bodenschätzen – Herausforderung und Zwang
XIII.	Stockholm 1987	Schweden	–	–	–	Verbesserte Produktivität und Wirt- schaftlichkeit beim Bergbau durch moderne Technik

- Im Bezirk Cottbus, dem Kohle- und Energiezentrum der DDR, sind 45 Bergbauschutzgebiete mit einer Gesamtfläche von 172 000 ha, davon 51 000 ha landwirtschaftliche und 91 000 ha forstwirtschaftliche Nutzfläche, vorhanden. Das entspricht etwa 21 % der Gesamtfläche des Bezirkes.
- Im Niederrheinischen Braunkohlenrevier der BRD wurden bis 1983 211 000 ha Land in Anspruch genommen, 132 000 ha davon bis 1985 rekultiviert. Gegenwärtig werden 79 000 ha durch den Braunkohlenbergbau genutzt.

In den hochindustrialisierten Braunkohlenförderländern Europas, wie der DDR, ČSSR, BRD, wird auf Grund der hohen Besiedlungsdichte der Planung des Bergbaus und seiner Folgelandschaft große Aufmerksamkeit gewidmet.

Die Verfahrensweise der Landinanspruchnahme, Rekultivierung und Landschaftsgestaltung ist deshalb auch durch gesetzliche Bestimmungen geregelt, z. B. in der DDR durch das Landeskulturgesetz, das Berggesetz und die Verordnungen sowie Planungsunterlagen der staats- und wirtschaftsleitenden Organe der Industriebezirke. Im Mittelpunkt der territorialen Planung stehen die Entwicklung des Braunkohlenbergbaus und der Veredlungsbetriebe, die territoriale Einordnung und Sicherung des Tagebaubetriebes, die Beherrschung aller territorialen Auswirkungen des Tagebaus sowie die konzeptionelle Vorbereitung und die Gestaltung der Bergbaufolgelandschaft. Was dabei unmittelbar vor und nach dem Abbau der Braunkohle geschieht, verdeutlicht Abb. 63. Aus dieser Abbildung läßt sich der Ablauf der Arbeiten leicht verfolgen:

Der Abbau verlangt das vorherige Freimachen der Oberfläche von allen Bebauungen, insbesondere müssen die innerhalb der Abbauflächen liegenden Ortschaften und Industriestandorte umgesiedelt werden.

So wurden beispielsweise im Niederrheinischen Braunkohlenrevier bisher 25 000 Einwohner aus 58 Ortschaften und Ortsteilen von der Umsiedlung erfaßt. Sie erhielten an anderer Stelle ein neues Zuhause.

Aber auch für die vorhandenen Verkehrswege (Straßen, Bahnlinien und Wasserläufe) müssen neue Trassen vorgesehen werden.

Im Niederlausitzer Braunkohlenrevier sind beispielsweise bis zum Jahr 2000 rund 200 km Straßen, 80 km Eisenbahnstrecken, 65 km Elektroenergiefreileitungen und 40 km Ferngasleitungen neu zu verlegen.

Eine weitere wesentliche Voraussetzung für den Tagebauf-

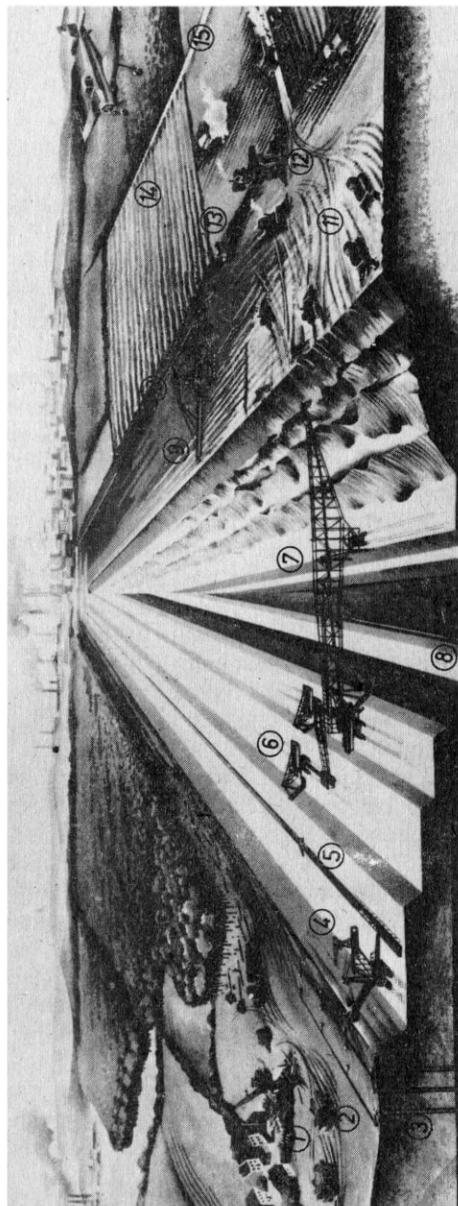


Abb. 63. Gewinnungs- und Kippenseite eines Braunkohlentagebaus (nach Krummsdorf und Grümm 1981)

- | | | |
|------------------------------------|----------------------|------------------------|
| 1 Vorfeldberäumung; | 6 Eimerkettenbagger; | 11 Planierarbeiten; |
| 2 Tiefbrunnen; | 7 Förderbrücke; | 12 Wiederurbarmachung; |
| 3 Grundwasserabsenkung; | 8 Kohlebagger; | 13 Vorflutausbau; |
| 4 Schaufelradbagger im Vorschnitt; | 9 Absetzer; | 14 Rekultivierung; |
| 5 Bandanlage; | 10 Bandbetrieb; | 15 Hauptwirtschaftsweg |

schluß ist die Entwässerung der Deckgebirgsschichten. Diese Maßnahme muß mit großer Sorgfalt durchgeführt werden, da eine ungenügende Entwässerung die Standsicherheit der Tagebaugroßgeräte und die Stabilität der Böschungen gefährden würde.

Die Grundwasserabsenkung erfolgt großflächig und wirkt über das Tagebaufeld hinaus. Die natürlichen Grundwasserverhältnisse der Bergbaunachbarlandschaft werden beeinträchtigt. Es kommt zur Minderung der Bodenfruchtbarkeit, zum Trockenlegen von Teichen und Wasserfassungsanlagen. Die Wasserversorgung dieser Gebiete wird daher durch regulierende Maßnahmen (Bau tiefer Brunnen, Bau neuer zentraler Wasserversorgungsanlagen, Nutzung der gehobenen Grubenwässer) sichergestellt.

Diese den Abbau vorbereitenden Maßnahmen greifen bereits erheblich in die natürliche Umwelt des Menschen ein. Sobald das Deckgebirge entwässert und das Tagebauvorfeld beräumt ist,



Abb. 64. Kippenpanorama (nach Krummsdorf und Grümmer 1981)

beginnt der sichtbare Einschnitt in die Landschaft (s. Abb. 63). Das Deckgebirge bzw. der Abraum wird weggebaggert, die Kohle freigelegt und gefördert. Die Abraummassen werden entweder im kohlefreien Tagebauteil verkippt (Kippe) oder außerhalb der Grube auf gewachsenem Boden aufgehaldet (Halde). Zurück bleibt ein Tagebaurestloch, da die gewonnene Kohle und die genutzten Deckgebirgsrohstoffe (wie Baukiese, Glassande, Keramiktone) ein Massendefizit verursachen.

Der Anblick einer unkultivierten Kippen- und Haldenlandschaft (Abb. 64) oder eines Tagebaurestloches ist deprimierend. Man vermag sich kaum vorzustellen, daß aus dieser Hinterlassenschaft des Bergbaus wieder eine wohlgeordnete Kulturlandschaft entstehen kann. Und doch ist es so. In einigen Ländern wird auf dem Gebiet der Wiederurbarmachung und Rekultivierung Beachtliches geleistet. Dort, wo vor Jahren Tagebaugroßgeräte das „Unterste zuoberst“ kehrten, fügen sich heute Ackerflächen, Waldgebiete und Wasserflächen harmonisch zu einer neuen Landschaft zusammen (Abb. 65).

Gegenwärtig sind in der DDR und in ähnlicher Form auch in anderen Ländern folgende Nutzungsvarianten und Funktionen in den Bergbaufolgelandschaften verwirklicht:

auf Kippen und Halden

landwirtschaftliche Nutzflächen

forstwirtschaftliche Nutzflächen

Fischteiche, Naturschutzgebiete, Schutzwaldstreifen

Abproduktendeponien und Abwasserverwertungsflächen

Trassen des Verkehrswesens und der territorialen Versorgung

Kleingärten, Erholungsbereiche, Sportanlagen

in Tagebaurestlöchern

Speicherbecken, Flußkläranlagen und Absetzbecken der Wasserwirtschaft

Reaktions- und Absetzbecken der Industrie ,

Deponien von Industrierückständen und Haushaltsmüll

Fischereigewässer, Wassergeflügelmast

Erholungsbereiche und Naturschutzgebiete

Die Nutzbarmachung der Kippen und Halden erfolgt in zwei Stufen:

1. *Wiederurbarmachung* (technische Rekultivierung)

Sie ist Aufgabe des Bergbaubetriebes. Auf der Grundlage eines bodengeologischen Kippengutachtens wird auf den hier planierten Abraumflächen der Kulturboden aufgetragen, werden stand-

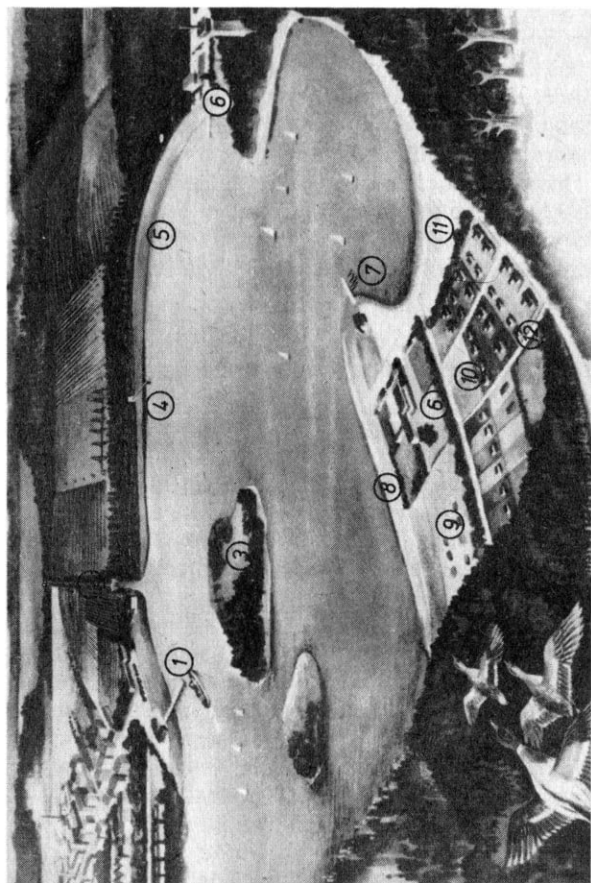


Abb. 65. Mehrfachnutzung eines Tagebaurestloches (nach Krummsdorf und Grümmer 1981)
 1 Anlagestelle; 4 Pumpstation für Beregnung; 7 Bootshafen; 10 Sportplätze;
 2 Einlaufbauwerk; 5 Anglerzone; 8 Badestrand; 11 Parkplatz;
 3 Vogelschutzgebiet; 6 Gaststätte; 9 Campingplatz; 12 Ferienhäuser

sichere Böschungen gestaltet, Zufahrten und Hauptwirtschaftswege gebaut, der Wasserabfluß (Vorfluter) geregelt, die Grundmelioration und Grundbodenbearbeitung durchgeführt.

Der Bergbaubetrieb muß mit dem Anwachsen der Erstkultur die Mindestfruchtbarkeit nachweisen und das Gedeihen der Folgekulturen sichern. Die Wiederurbarmachung endet mit der Abnahme der Flächen durch den Folgenutzer, der für die nachfolgende Rekultivierung zuständig ist.

2. Rekultivierung

Sie ist Aufgabe der Land- und Forstwirtschaft. Die Rekultivierung, d. h. die Herstellung der vollwertigen Bodenfruchtbarkeit auf den Kippen und Halden, umfaßt alle acker- und pflanzenbaulichen Maßnahmen (Düngung, Bodenbearbeitung, Auswahl geeigneter Fruchtarten, Fruchtfolgegestaltung, Bewässerung, Aufforstung), die notwendig sind, um auf den vom Bergbau für eine land- und forstwirtschaftliche Folgenutzung wieder urbar gemachten Bodenflächen hohe und stabile Erträge zu erzielen.

9.1. Futter und Getreide von Kippen und Halden

Von entscheidender Bedeutung ist die Wiederherstellung möglichst großer landwirtschaftlicher Nutzflächen. Wichtigste Voraussetzung für die landwirtschaftliche Nutzung ist das Auftragen einer 1–2 m mächtigen geschütteten bzw. hergerichteten, kulturfähigen Deckschicht. Damit sich in diesem Substrat eine günstige Bodenfauna entwickeln kann, wird zuerst Luzerne angebaut.

Nach der Bodenaufbesserung durch Luzerne können Wintergerste und Winterweizen besonders ertragreich sein. Als Sommerzwischenfrüchte bieten sich großkörnige Leguminosen, wie Ackerbohnen, Felderbsen oder Sommerwicken, im Gemenge mit Mais an. Um die Humusbildung zu verbessern, wurde in den siebziger Jahren auf den Kippen Spreetal, Koyne und Kleinleipisch (Niederlausitzer Braunkohlenrevier) Knaulgras und Welches Weidelgras angebaut.

Rekultivierend und wachstumsfördernd wirkte sich die Verregung eines Mischwassers – es fällt während der ersten Stufe der biologischen Reinigung im Gaskombinat „Schwarze Pumpe“ an – zusammen mit Bioschlamm und überschüssigem Kühlwasser aus. Schon im ersten Jahr erntete man 75 dt Trockensubstanz je ha. In den folgenden Jahren konnte der Ertrag auf 100 dt gesteigert werden. Während des sehr trockenen Frühsommers von 1978 stand z. B. auf den Kippen mit Beregnungsanlagen weitaus mehr Futter als auf den vergleichbaren „gewachsenen“

Böden der Nachbarschaft. Der beste Weizen der Niederlausitz gedeiht heute auf ehemaligem Kippengelände.

Damit hat der Braunkohlenbergbau wesentlich dazu beigetragen, die ursprünglich armen Sandböden, bekannt als „märkischer Sand“, so zu „veredeln“, daß sie heute weit höhere Erträge liefern, als das vorher jemals der Fall war.

Auch aus dem Niederrheinischen Braunkohlenrevier gibt es vergleichbare Beispiele (Tab. 23). Auf rekultivierten Bergbauflächen werden meist höhere Hektarerträge erzielt als in angrenzenden Gebieten mit unveränderten Bodenverhältnissen.

Tabelle 23. Ernteerträge auf wiedernutzbargemachtem Kippenboden des Rheinischen Braunkohlenreviers im Vergleich mit Durchschnittserträgen auf Altflächen der angrenzenden Umgebung

Tagebau	Be- wirtschaftungs- jahr	Fruchtfolge	Ernte- ertrag in dz/ha	Altfläche	Durch- schnitts- erträge in dz/ha
Fortuna	1970	Luzerne (Heu)	90,0	Kreis	78,0
	1971	Weizen	46,8	Bergheim	57,5
	1972	Roggen	32,1		34,4
	1973	Hafer	48,2		46,8
	1974	Zuckerrüben	462,0		420,0
	1975	Weizen	42,0		53,6
Zukunft	1970	Luzerne (Heu)	90,0	Kreis	74,0
	1971	Weizen	52,8	Düren	53,8
	1972	Roggen	35,8		35,2
	1973	W.-Gerste	52,0		54,2
	1974	Zuckerrüben	446,0		406,0
	1975	Weizen	50,3		54,4

9.2. „Grüne Lungen“ auf den Kippen

Bis 1978 wurden in der DDR auf Kippen und Halden insgesamt 24 500 ha Waldfläche angelegt. Für die Aufforstung kommen oft nur solche Kippenabschnitte in Frage, die sich wegen starker Neigung oder ungünstiger Bodenzusammensetzung nicht für die landwirtschaftliche Nutzung eignen. Aber auch für diese Gebiete sind Rekultivierungsmaßnahmen zur Humusbildung erforderlich. So wird beispielsweise im Niederrheinischen Braunkohlenrevier eine mindestens 4 m mächtige Forstkiesschicht

aufgetragen, die aus einem Gemisch von Sand, Kies und einem Lößanteil von 20–50 % besteht.

Interessant ist der Versuch, nach der ersten Beregnung der Kippen lebende Vertreter des tertiären Braunkohlenwaldes zur Aufforstung zu nutzen. So wurden an bevorzugten Standorten *Sequoiadendron giganteum* (Riesenmammutbaum) und *Metasequoia glyptostroboides* (sommergrüner Mammutbaum) erfolgreich angepflanzt.

In der Niederlausitz wechseln je nach Standortbedingungen Lärchen, Rot- und Traubeneichen, Espen, Pappeln, Robinien und Linden miteinander ab. In diesem Gebiet bringt die forstwirtschaftliche Rekultivierung einen völlig neuen Wald hervor, denn bisher herrschte auf den natürlich gewachsenen Sandböden der Kiefernwald vor. Auch im Süden von Leipzig wird eine abwechslungsreiche Neubewaldung erreicht. Die Kippenwälder setzen sich hier aus 30 % Trauben- oder Roteichen, 30 % Pappeln, 20 % Lärchen und 20 % Schwarzkiefern zusammen.

Der Kippenwald trägt neben seinem Erholungs- und Landschaftswert auch dazu bei, die Luft in den industriellen Ballungsgebieten zu säubern, die Kippen und Halden werden zu „grünen Lungen“.

9.3. Baden nicht verboten

So verlockend mit Wasser gefüllte Tagebaurestlöcher während der heißen Sommermonate zum Baden sind, so gefährlich können diese aber auch für den Badegast sein. Die Gefahr von Rutschungen und Setzungen an den Böschungsrändern wird vielfach unterschätzt, und tödliche Unfälle gehören noch nicht endgültig der Vergangenheit an.

Anders verhält es sich bei den Tagebaurestlöchern, die in Tagebauseen umgestaltet worden sind. Hier hat der Bergbau die Böschungen abgeflacht, Abflußmöglichkeiten für das Wasser geschaffen und Badestrände angelegt. Die Wasserwirtschaft hat das Ihrige beigetragen, um wassertechnisch gesicherte, biologisch gesunde Wasserreservoirs zu bekommen.

Inzwischen gibt es überzeugende Beispiele für die planmäßige und sinnvolle Nutzung der Restlöcher. Seit 1960 werden im Bezirk Leipzig die Tagebaurestlöcher Kulkwitz und Miltitz sowie die verbliebene Hochkippe als Naherholungszentrum ausgebaut. Nach der Vereinigung beider Restlöcher wird der See eine Ausdehnung von 150 ha Fläche mit einer maximalen Tiefe von 30 m

haben. Für eine erholsame Freizeitgestaltung stehen Bungalows, Sportanlagen, eine Freilichtbühne, ein ausgedehnter Badestrand sowie Boote und Wassertreter zur Verfügung.

Bereits heute läßt die territoriale Entwicklung im Raum Senftenberg ahnen, wie in naher Zukunft die „Senftenberger Seenplatte“ einmal aussehen wird. Der Senftenberger See, aus dem ehemaligen Tagebau Niemtsch hervorgegangen, ist schon heute ein gefragter Erholungsort. Am Badestrand ist Platz für 800 Strandkörbe. Kioske, Sportanlagen, Gaststätten, Schiffs- und Bootsanlegestellen sowie Camping- und Erholungsbauten sichern viele Möglichkeiten der Freizeitbeschäftigung. Durch die Rekultivierung dieses Restlochs und seiner Umgebung sind auch wieder zahlreiche Wasservögel sowie jagdbares Niederwild heimisch geworden. Ein im See als Insel gehaltener Kippenrest entwickelt sich systematisch zu einem Vogelschutzgebiet (s. Abb. 65).

In den kommenden Jahren werden die Tagebaurestlöcher Skado, Sedlitz, Bluno und Meuro (Bezirk Cottbus) wasserwirtschaftlich rekultiviert. Dadurch erhält die neue Landschaft den Charakter einer Seenplatte.

Aber nicht nur das Erholungswesen profitiert von diesen Tagebauseen. Die 200 Mill. m³ Speicherraum werden die Hochwassergefahr bannen und alle Voraussetzungen für eine künstliche Beregnung bzw. Bewässerung der landwirtschaftlichen und forstwirtschaftlichen Nutzflächen in Trockenzeiten schaffen.

9.4. Braunkohlentagebaue in der Landschaft der Zukunft

Bevölkerung und Wirtschaft müssen auch zukünftig mit Braunkohlen als Energie- und Chemierohstoff versorgt werden. Die Gewinnung ist aber nur durch den Eingriff des Menschen in die Natur möglich. Braunkohlentagebaue verändern die Landschaft total. Der Bergbau ist aber nicht nur Verunstalter der Landschaft, er ist zugleich ein aktiver Partner, um landeskulturell neuartige Landschaften zu entwickeln. Alle Eingriffe in die Natur, die auch Beeinträchtigungen und Schäden mit sich bringen können, dürfen nur vorübergehender Art sein. Deshalb gilt es, mit den Projekten für künftig aufzuschließende Tagebaue auch gleichzeitig Projekte für die zielgerichtete Landschaftsgestaltung nach dem Abschluß der Kohlengewinnung vorzulegen. Inzwischen gibt es genügend nationale und internationale Beispiele und Ergebnisse, um eine abwechslungsreiche Folgelandschaft aus Wald und

Wasser, Ebenen und Hügeln ehemaliger Kippen und Restlöcher mit Feldern, Siedlungen und neuen Betrieben – verbunden mit den Teilen der ursprünglichen Landschaft – zu entwerfen und diese Projekte zu verwirklichen.

Damit wird die Landschaftsgestaltung zum unmittelbaren Bestandteil des rohstoffgewinnenden Bereichs einer Volkswirtschaft. Diese „synthetischen Landschaften“ können mindestens so reizvoll, interessant und produktiv sein, wie das ursprüngliche Gebiet vor dem Tagebauaufschluß war.

10. Schwarzes Gold mit lichter Zukunft

Kohle – das Kapitel aus dem Tagebuch der Erde wäre unvollständig, würde nicht auch ein Blick in die Zukunft dieses Rohstoffs und Energieträgers geworfen. Das Unterfangen ist allerdings nicht einfacher als die Klärung seiner geologischen Vergangenheit.

Ein wesentliches Problem der Gegenwart und Zukunft ist die Versorgung der Menschheit mit der notwendigen Energie. So unterschiedlich die Prognosen sind, scheint eine Übereinstimmung der Wissenschaftler darin zu bestehen, daß der Anteil der Kohle an der Gesamtenergiebilanz gegenüber Erdöl und Erdgas bis ins 21. Jahrhundert hinein zunehmen wird. Man rechnet mit einer Erhöhung der Kohlebeteiligung an der Energieerzeugung von gegenwärtig 25–30 % auf etwa 40 %. Die damit im Zusammenhang stehenden Probleme der Umweltbeeinflussung können nur über eine weitere internationale Zusammenarbeit gelöst werden.

Dies wird aber sicher nur ein Teil der Zukunft des Gesteins Kohle darstellen. Mindestens ebenso wichtig ist seine zunehmende Bedeutung als chemischer Rohstoff. Wird im allgemeinen damit gerechnet, daß die Vorräte an Erdgas und Erdöl bereits im 21. Jahrhundert verbraucht sein werden, so sind die gegenwärtig bekannten Kohlenvorräte weitaus länger verfügbar (vgl. Abschn. 7.1.). Obwohl die Kosten zur Gewinnung von chemischen Produkten aus Kohlen heute noch höher sind als die Erzeugung auf Erdölbasis, so gibt es aber kein petrochemisches Erzeugnis, das sich nicht ebenso aus Kohle gewinnen ließe. In

zahlreichen Industrieländern werden Forschungen zur Verbesserung der Kohlenveredlungsverfahren betrieben, beispielsweise der Kohleverflüssigung und -vergasung.

Die Kohle wird also auch weiterhin und in zunehmendem Maße ein wertvoller Rohstoff sein. Dementsprechend kann auch mit einer beträchtlichen Steigerung der Kohlenförderung in den kommenden Jahrzehnten gerechnet werden. Eine der prognostischen Berechnungen ist in Abb. 66 dargestellt. Danach könnte sich Mitte des 21. Jahrhunderts die Förderung an Braun- und Steinkohlen gegenüber dem gegenwärtigen Stand verdreifacht haben. Es zeigt sich, daß diese Entwicklung in den Staaten der unterschiedlichen Wirtschaftssysteme nicht gleich verläuft. Die Länder des sozialistischen Wirtschaftsgebietes (RGW) versuchen, eine ausgewogene Nutzungsbilanz aller natürlichen Rohstoffe, einschließlich der Kohlen, zu erreichen. In den kapitalistischen Staaten dominieren noch Erdöl und Erdgas in der Energie- und Rohstoffbilanz. Gerade jedoch die Erdölgesellschaften verstärken ihre Anstrengungen, Einfluß auf die Kohlennutzung zu nehmen. Die sechs multinationalen Gesellschaften Exxon, Mobil Oil, Texaco, Socal/Gulf, Royal Dutch/Shell und British Petroleum

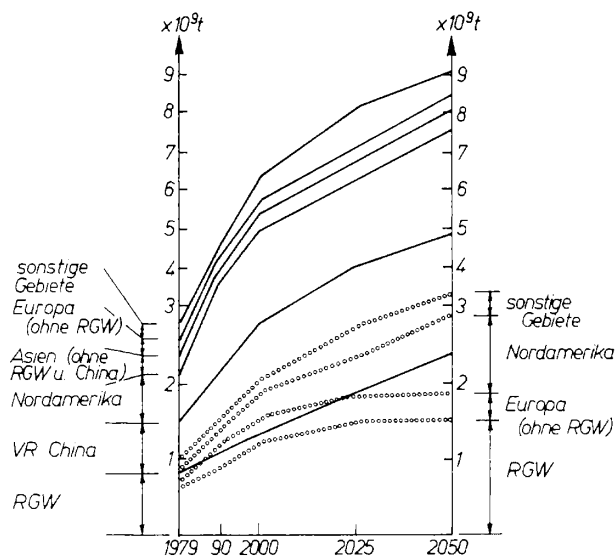


Abb. 66. Prognostische Kohlenförderung bis ins 21. Jahrhundert
— Steinkohle, Anthrazit; ○○○ Braunkohle

des Internationalen Erdölkartells kontrollieren seit Beginn der 80er Jahre etwa 12 % der erkundeten technisch und ökonomisch verfügbaren Steinkohlenvorräte der kapitalistischen Welt. Hinsichtlich der Energieträgervorräte des Kartells stehen etwa knapp einem Drittel Erdöl und Erdgas mehr als zwei Drittel Steinkohlen gegenüber. Beträchtliche Mittel werden in die Kohlenforschung investiert. Der Exxon-Konzern setzte beispielsweise im Jahre 1982 52,2 % der Forschungs- und Entwicklungsausgaben für die Energieforschung ein, davon für die Kohle 0,7 %. Die Kohlekonzerne selbst sind bestrebt, neben der Entwicklung der Kohlenverwertung auch an der Entwicklung von alternativen Energiequellen (Wasser, Wind, Erdwärme, Sonnenenergie) und der Kernenergie beteiligt zu sein.

Der künftige Anteil der einzelnen Länder an dieser steten Steigerung der Kohlenförderung wird sicherlich unterschiedlich sein, denn wesentliches Kriterium der Kohlennutzung bleibt die Verfügbarkeit der entsprechenden Vorräte. Entscheidend hierfür sind die natürlichen Lagerungsbedingungen und damit die anzuwendenden Gewinnungs- und Förderungstechnologien. Da der wissenschaftlich-technische Fortschritt immer mehr dazu beiträgt, die Ergiebigkeit von Lagerstätten zu erhöhen, die Abbauverluste zu senken und immer wieder neue Vorkommen zu erschließen, wird die Kohle das „schwarze Gold“ bleiben.

In einem Wort des russischen Physikers Nikolai Aleksejewitsch Umow (1846–1915) heißt es: „Die Krone der wissenschaftlichen Arbeit ist die Vorhersage. Sie deckt uns die Weite der künftigen Erscheinungen oder die historischen Ereignisse auf, sie ist ein Merkmal, welches davon zeugt, daß sich die wissenschaftliche Idee den Aufgaben der Menschheit und der Naturkraft sowie den Kräften, die das gesellschaftliche Leben bewegen, unterordnet.“ Möge sich in diesem Sinne die Vorhersage über die lichte Zukunft der Kohle erfüllen.

Fachworterklärungen

Detritus: kleinste Trümmer von organischen Geweben oder Gesteinen

Fazies: Gesamtheit der petrographischen und biologischen Merkmale einer Ablagerung, die von den physisch-geographischen und geologischen Verhältnissen des Abtragungs- und Ablagerungsraumes bestimmt werden

Flöz: bergmännische Bezeichnung für eine Schicht nutzbarer Sedimentgesteine, z. B. Kohlen-, Kupferschiefer-, Kaliflöze

Formation: Gesteinsbildungen aus einer bestimmten Periode der Erdgeschichte

Fossilien: Überreste vorzeitlicher Organismen

Mächtigkeit: kürzester Abstand zwischen zwei Begrenzungsflächen eines geologischen Körpers, z. B. einer Schicht („Höhe“ der Schicht)

Mudde: aus organischem und mineralischem Material bestehendes, unter Luftsauerstoffabschluß am Boden von Seen und flachen Meeresbecken gebildetes Sediment

Petrographie: Lehre von der Zusammensetzung der Gesteine, Gesteinsbeschreibung

Sediment: (Bodensatz-) Gestein, das an der Erdoberfläche in einem leichteren Medium (Wasser, Luft) durch chemische Fällung oder mechanischen Absatz entstanden ist

Stratigraphie: Teilgebiet der Geologie, befaßt sich mit der Aufeinanderfolge der Schichten, ihrem Gesteins- und Fossilieninhalt (vgl. Anhangtabelle)

Teufe: bergmännischer Ausdruck für die von der Erdoberfläche aus senkrecht nach unten gemessene Tiefe

Weiterführende Literatur

- Autorenkollektiv*: Die Entwicklungsgeschichte der Erde. Bd. 1 und 2. 5. Aufl. Leipzig: VEB F. A. Brockhaus Verlag 1982.
- Baumann, L.; Nikolsky, I. L.; Wolf M.*: Einführung in die Geologie und Erkundung von Lagerstätten. Leipzig: VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie 1979.
- Bender, F.*: Angewandte Geowissenschaften. Bd. 4: Methoden der Untersuchung ... fester Brennstoffe und bituminöser Gesteine. Stuttgart: Ferdinand-Enke-Verlag (in Vorbereitung).
- Havlena, V.*: Geologie uhelných Ložisek (Geologie der Kohlenlagerstätten). Bd. 1–3. Prag: Verlag der Akademie der Wissenschaften 1964.
- Internationales Lexikon für Kohlenpetrologie (ILKP). 2. Ausg. Paris: Centre Nation. Rech. Sci. 1963 und Erg.-Bd. zur 2. Ausg. 1971.
- Krawzow, A. J.*: Grundlagen der Brennstoffgeologie (russ.). Moskau: Verlag Wysschaja Schkola 1966.
- Krummsdorf, A.; Grümmner, G.*: Landschaft vom Reißbrett. Leipzig-Jena-Berlin: Urania Verlag 1981.
- Künstner, E.*: Torf, Braunkohle, Steinkohle u. a. brennbare Bildungen (Kautobiolithen), in Autorenkollektiv: Einführung in die Petrologie. Berlin: Akademie-Verlag 1981.
- Matwejew, K. A.*: Die Kohlenlagerstätten des Auslandes (russ.). Moskau: Verlag Nedra 1966.
- Schelesnowa, N. G.*; u. a.: Die Kohlenvorräte der Länder der Welt (russ.). Moskau: Verlag Nedra 1983.
- Stach, E.*: Die Untersuchung von Kohlenlagerstätten, in Benz, A., und H. J. Martini: Lehrbuch der angewandten Geologie. Bd. II. Teil 1. Stuttgart: Ferdinand-Enke-Verlag 1968.
- Stach, E.* (Hrsg.): Textbook of Coal Petrology (Lehrbuch der Kohlenpetrologie). 2. Aufl. Berlin(West)-Stuttgart: Gebr. Borntraeger 1975.
- Süß, M.; Vulpius R.*: Geologie und Petrologie der Weichbraunkohlen der DDR, in Autorenkollektiv: Braunkohlenbrikettierung. Leipzig: VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie 1984.
- Teichmüller, M.*: Die Genese der Kohle. Extrait du Compte Rendu du Quatrième Congrès pour l'avancement des études de stratigraphie et de géologie du Carbonifère. Heerlen 15–20 septembre 1958. Tome III (Ausgewählte Vorträge des 4. Karbonkongresses Heerlen 1958, Bd. 3) 1962.

Band	Autor und Titel	Preis	Best.-Nr.
1	Landau /Rumer, Was ist die Relativitätstheorie?	3,60	666 043 4
2	Makejewa /Zedrik, Verwunderliches aus der Physik	4,15	665 527 2
7	Artamonow, Optische Täuschungen	7,90	665 156 2
8	Schustorowitsch, Chemischen Bindung	3,60	665 520 5
12	Makowezki, Schau den Dingen auf den Grund!	8,50	665 587 0
13	Gläser, Was ist Radiographie?	6,80	665 589 7
17	Kompanejez, Statistische Gesetze in der Physik	7,80	665 626 7
18	Müller, Grundzüge der Astronomie	8,90	665 669 7
21	Milantjew /Temko, Plasmaphysik	7,90	665 703 2
23	Butkewitsch /Selikson, Ewige Kalender	5,90	665 696 1
24	Dautcourt, Was sind Pulsare?	4,90	665 706 7
26	Lange, Physikalische Paradoxa	8,–	665 701 6
27	Bogdanow, Laser lenken Flugkörper	4,30	665 745 4
28	Bogdanow, Vom Molekül zum Kristall	7,40	665 748 9
29	Dautcourt, Was sind Quasare?	4,90	665 753 4
30	Kusznenezow, Kernenergie	3,90	665 749 7
35	Sharkow, Der innere Aufbau von Erde, Mond und Planeten	7,–	665 771 0
36	Holzmüller, Unsere Umwelt – ihre Entwicklung und Erhaltung	6,–	665 765 7
37	Komarow, Neue unterhaltsame Astronomie	12,–	666 265 9
38	Lange, Physikalische Knochen	5,60	665 835 0
40	Hupfer, Die Ostsee – kleines Meer mit großen Problemen	7,90	665 878 0
41	Meinhold /Pätz, Erdöl und Erdgas – vom Plankton bis zur Pipeline	9,20	665 884 4
42	Biehl /Zier, Röntgenstrahlen	8,90	665 989 8
44	Ljubimow /Nowikow, Einfache elektrische Stromkreise – keine Angst vor Schaltalgebra	3,90	665 987 1
45	Kaplan, Physik der Sterne	13,–	665 994 3
46	Galkin /Schwarew, Reise zum Mittelpunkt des Mondes	4,50	665 993 5
47	Nowikow, Schwarze Löcher im All	5,50	666 035 4
48	Pogosjan, Umweltfaktor Atmosphäre	9,90	666 034 6
49	Röseberg, Philosophie und Physik	8,50	666 084 8
50	Meinhold, Energie aus der Tiefe der Erde	6,50	666 031 1
51	Jefremow, In die Tiefen des Weltalls	11,50	666 087 2
52	Nowikow, Evolution des Universums	11,50	666 088 0
53	Kogan, Hundert Aufgaben zur Elektrizität	4,30	666 145 3
54	Anders, Rund um das Wasser	3,40	666 144 5
55	Slobodezki /Aslamasow, Nachgedacht und mitgemacht – Kniffliges aus der Physik	11,50	666 189 1
56	Sorge /Hauptmann, Ultraschall	6,50	666 261 6
57	Anders, Weil die Erde rotiert	4,50	666 259 5
59	Pokrowski, Explosion und Sprengung	9,80	666 260 8

Die ersten Berichte über Kohlen sind bereits aus der Antike bekannt. Jedoch erst im 19. Jahrhundert konnte ihre Entstehung aus Pflanzen vergangener geologischer Zeiten wissenschaftlich nachgewiesen werden. Gegenwärtig besitzen Kohlen eine hervorragende wirtschaftliche Bedeutung. Auch in der Zukunft werden sie eine nicht zu unterschätzende Rolle als Rohstofflieferant für die chemische Industrie und als Energieträger spielen.

Die Broschüre informiert – ausgehend vom Werdegang des Wissenschaftsgebietes „Kohlengeologie“ – über die Entstehung, die Eigenschaften und die Verwendung von Braun- und Steinkohlen ebenso wie über die geologischen Vorgänge bei der Bildung von Kohlenlagerstätten. Breiten Raum nimmt die Beschreibung wesentlicher Kohlenreviere der Erde ein. Anschließend werden Probleme der geologischen Erkundung und bergmännischen Gewinnung der Kohlen sowie der Bergbaufolgelandschaften behandelt.