

Geologica Bavarica

73 München 1975

Herausgeber und Verlag
Bayer. Geologisches Landesamt

GEOLOGICA BAVARICA

Herausgegeben vom Bayerischen Geologischen Landesamt

73

Die oberbayerische Pechkohle

Mit Beiträgen von

KARL BALTHASAR
PETER GEISSLER
HEINRICH HEISSBAUER
GERHARD JUNGK
MANFRED MÜLLER
LILLY PINSL
MARLIES TEICHMÜLLER
ROLF TEICHMÜLLER

und einem Geleitwort von HELMUT VIDAL

Herausgeber und Verlag:

Bayer. Geologisches Landesamt, 8 München 22, Prinzregentenstraße 28

Redaktion: HERMANN SCHMIDT-KALER

MÜNCHEN 1975

Geologica Bavarica	73	142 S.	52 Abb.	4 Tab.	2 Beil.	München 1975
--------------------	----	--------	---------	--------	---------	--------------

Inhaltsverzeichnis

	Seite
VIDAL, H.: Geleitwort	5— 6
BALTHASAR, K.: Geschichte und Bergtechnik der Kohlenbergwerke Penzberg und Hausham	7— 24
JUNGK, G.: Der Kohlenbergbau am Hohenpeißenberg	25— 35
HEISSBAUER, H.: Die Gebirgsmechanik beim Abbau in großer Teufe des Kohlenberg- werks Peißenberg und ihre Auswirkungen auf die Bergtechnik	37— 53
GEISSLER, P.: Zur Geologie im Ostfeld des Kohlenbergwerkes Peißenberg	55— 57
— Die Kleingruben südlich Peißenberg	59
— Räumliche Veränderung und Zusammensetzung der Flöze in den Kohlenberg- werken Hausham und Penzberg	61—106
PINSL, L.: Chemische Kennzeichen der oberbayerischen Glanzbraunkohle in den Berg- werken Peißenberg und Peiting	107—111
MÜLLER, M.: Die Fortsetzung oligozäner und miozäner Kohlenvorkommen aus der Faltenmolasse in die oberbayerische Vorlandmolasse	113—121
TEICHMÜLLER, M. u. R.: Inkohlungsuntersuchungen in der Molasse des Alpenvorlandes	123—142

Verzeichnis der Beilagen

GEISLER, P.

Beilage 1: Die Flöze des Kohlenbergwerks Hausham

Beilage 2: Die Flöze des Kohlenbergwerks Penzberg

Geleitwort

Mit diesem Band wird in *Geologica Bavarica* eine Monographie über die tertiären Kohlen im Molasse-Becken Oberbayerns vorgelegt. Es ist beabsichtigt, in ähnlicher Form auch andere genutzte und nutzbare mineralische Rohstoffe in Bayern abzuhandeln.

Der hinsichtlich der wirtschaftlichen Bedeutung und der Zahl der beschäftigten Bergleute bedeutendste Bergbau in Bayern während des letzten Jahrhunderts ging auf mehreren Kohlenbergwerken im Bereich der gefalteten Molasse in Oberbayern um, deren oberoligozäne Glanzbraunkohlen, örtlich auch als Pechkohle bezeichnet, Ziel dieses Bergbaues bis zu Beginn der 70er Jahre waren. Auch schon im Mittelalter und vermutlich sogar schon in prähistorischer Zeit wurden die stellenweise zutage ausstreichenden Kohleflöze genutzt. Reich ist die mit diesem Bergbau verbundene Wirtschaftsgeschichte. Die Bergwerksorte Penzberg und Hausham verdanken dem Bergbau sogar ihre Gründung und Entwicklung.

Den auf karger Lagerstätte bauenden oberbayerischen Bergmann haben stets Sorgen und Hoffnungen bewegt. Wo und wie kann der künftige Bergbau optimal ausgerichtet werden, wo sind bessere, d. h. mächtigere Flöze zu erschließen. Diese beiden Fragen waren schon immer, insbesondere aber in den Jahren nach dem Zweiten Weltkrieg, da man fast ausschließlich auf die heimischen Brennstoffe angewiesen war, für ihn Anlaß, intensive geologische Prospektionsarbeit zu leisten. Im Hinblick auf deren Bedeutung hat der Freistaat Bayern 1951 die Gesellschaft zur Aufsuchung von Bodenschätzen in Bayern mbH (GAB) gegründet, um mit staatlichen Mitteln dem bayerischen Bergbau teure, für dessen Zukunft aber entscheidende geologische und geophysikalische Untersuchungsarbeiten zu ermöglichen. Auch der oberbayerische Pechkohlenbergbau hat von dieser Möglichkeit ausgiebig Gebrauch gemacht. Zahlreiche Bohrungen, Schürfe, geologische Kartierungsarbeiten und auch geophysikalische Messungen haben den Kenntnisstand über die Verbreitung und Ausbildung, insbesondere auch der Teufe nach, der bergbaulich bereits aufgeschlossenen Flöze ermöglicht. Umfangreich ist das dabei angefallene geowissenschaftliche Untersuchungsmaterial, das größtenteils im Archiv des Bayerischen Geologischen Landesamtes liegt.

Durchaus positiv waren auch die Ergebnisse dieser mehrjährigen Bemühungen. Die großen, sicher und wahrscheinlich nachgewiesenen Vorräte ermutigten die Bergbaubetriebe zu erheblichen Investitionen über- und untertage. In Peißenberg z. B. entschloß man sich 1952 zur Vertiefung und Modernisierung des Förderschachtes von der 650 m-Sohle bis zur 1000 m-Sohle und trieb von dort aus den Abbau mit modernsten Abbaumethoden (vollmechanisierter Strebruchbau und das in Peißenberg zum Abbau geringmächtiger Flöze entwickelte sog. „Rammverfahren“) bis in eine Teufe von 1245 m = 652 m u. N.N. vor. Trotz der lagerstättenbedingten Schwierigkeiten und großen Fördertiefe gehörte das Kohlenbergwerk Peißenberg dank seines hohen Mechanisierungsgrades in den letzten Jahren seines Bestehens zur

Spitzengruppe der europäischen Kohlenbergwerke. Aber auch die Bergwerke in Hausham und Penzberg standen hinsichtlich Modernisierung und Rationalisierung nicht zurück.

Trotzdem führte das rasche Vordringen des damals sehr billigen Heizöles nach Südbayern und der schrittweise Abbau des Frachtvorsprungs der bayerischen gegenüber der Ruhrkohle zu Beginn der 60er Jahre bald zu einem rapiden Verfall des Pechkohle-Absatzmarktes. Auch der Bau von modernen Wärmekraftwerken unmittelbar neben den Zechenanlagen in Hausham, Penzberg und Peißenberg zum existenzsichernden Absatz der Kohle und damit zur Erhaltung der Betriebe und der Arbeitsplätze für einige tausend Bergleute konnte die Entwicklung nicht aufhalten. Trotz aller Bemühungen sahen sich daher die Bergbaubetriebe zur Stilllegung ihrer Kohlenbergwerke, 1966 beginnend, gezwungen. Am 31. 3. 1971 ist die letzte Tonne Pechkohle in Peißenberg zutage gefördert worden.

Ehe dieses Kapitel bayerischer Wirtschafts- und Bergwirtschaftsgeschichte, zunächst zumindest, abgeschlossen wird, sollen in diesem Band in einigen ausgewählten knappen Beiträgen die wichtigsten Einzelheiten zur Geschichte des Bergbaues, zur Bergwirtschaft und Bergbautechnik, über die lagerstätten-geologischen, kohlepetrographischen und gebirgsmechanischen Verhältnisse im oberbayerischen Pechkohlenrevier mit Literaturhinweisen zusammengefaßt werden, um jene dem Fachmann und auch interessierten Laien leicht zugänglich zu machen oder ein vertieftes Studium zu ermöglichen.

Tröstlich mag bei diesem Rückblick vielleicht stimmen, daß durch das gute Zusammenwirken von Staat und Privatwirtschaft für die ihrer Arbeitsgrundlage beraubten Belegschaften der fünf bayerischen Pechkohlenbergwerke in Nachfolge-Industrien neue Arbeitsplätze geschaffen werden konnten. Daß ferner durch die unternehmerische Initiative der Bergbaugesellschaften und mit staatlichen Mitteln trotz einer Kohleförderung von mehr als 100 Millionen Tonnen noch wesentlich größere Kohlenvorräte nachgewiesen werden konnten, die zusammen mit den wahrscheinlich noch erheblich größeren unbekanntem Vorräten in der Erde Schoß ruhen und auch heute noch ein potentiell fossiles Energiereservoir darstellen. Vielleicht können schon bald, wiederum zum Nutzen der südbayerischen Wirtschaft und Bevölkerung, durch moderne und noch umweltfreundlichere Technologien diese Energiereserven mobilisiert und genutzt, und kann damit ein neues Kapitel der tertiären Kohlen im Molasse-Becken aufgeschlagen werden. Dazu Glückauf!

Helmut Vidal

Geologica Bavarica	73	7—24	München 1975
--------------------	----	------	--------------

Geschichte und Bergtechnik der Kohlenbergwerke Penzberg und Hausham

VON KARL BALTHASAR *)

Mit 3 Abbildungen und 2 Tabellen

Geschichte (1788—1966), Bergwerk, Kohle, Gewinnung (Bergbautechnik), Aufbereitung, Reserve.
— Alpenvorland (Penzberg, Hausham). — TK 25: 8234, 8237

Kurzfassung

Seit dem ausgehenden 18. Jahrhundert wurden im Voralpenland zwischen Lech und Inn tertiäre Pechkohlenflöze erschürft und abgebaut. Die „Oberbayerische Aktiengesellschaft für Kohlenbergbau“ hat 100 Jahre Kohlenbergwerke in Penzberg und Hausham bis zur Stilllegung 1966 betrieben. Die Gruben hatten beim Abbau der dünnen und unreinen Flöze einen beachtlichen technischen Stand, zum Teil durch eigene Entwicklungen erreicht. Die Bergwerksorte Penzberg und Hausham verdanken dem Bergbau Gründung und Gedeihen.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Früher Kohlenbergbau	8
1.1. in Penzberg 1796—1869	8
1.2. im Haushamer Gebiet 1788—1869	8
2. Die Kohlengruben der Oberkohle 1870—1966	9
2.1. Die Besitzverhältnisse	9
2.2.1. Der Flözabbau in Penzberg	9
2.2.2. Der Flözabbau in Hausham, Miesbach und Au	10
2.3. Die Vorbelastungen des Reviers	10
2.4. Die Bergtechnik in Penzberg und Hausham 1870—1934	11
2.4.1. Aus- und Vorrichtung	11
2.4.2. Abbau	13
2.4.3. Förderung, Wasserhaltung, Wetterführung	13
2.4.4. Aufbereitung und Absatz	14
2.5. Die Betriebskonzentration 1935—1954	14
2.5.1. in Hausham	15
2.5.1.1. Aus- und Vorrichtung	15
2.5.1.2. Abbau	15
2.5.1.3. Förderung	15
2.5.1.4. Aufbereitung und Absatz	15
2.5.2. in Penzberg	16

*) Anschrift des Verfassers: Dipl.-Ing. KARL BALTHASAR, Bergwerksdirektor i. R., 8122 Penzberg, Eichthalstraße 2.

	Seite
2.6. Die Mechanisierung und Automatisierung 1955—1966	16
2.6.1. in Penzberg	17
2.6.1.1. Aus- und Vorrichtung	18
2.6.1.2. Abbau	18
2.6.1.3. Förderung, Wasserhaltung, Wetterführung	18
2.6.1.4. Aufbereitung und Absatz	19
2.6.2. in Hausham	20
2.6.2.1. Abbau	20
2.6.2.2. Aufbereitung, Verstromung, Brikettierung	21
3. Die Stilllegung der Gruben und die Auflösung der Oberkohle	21
4. Die Ergebnisse der Bohrungen und Schürfungen im Raum Penzberg—Hausham	22
5. Die Kohlenvorräte in den Grubenfeldern der Oberkohle	23
6. Literatur	24

1. Früher Kohlenbergbau

1.1. Früher Kohlenbergbau in Penzberg von 1796—1869

Dem Vermuten nach soll im Benediktbeurischen Distrikt schon 1557 Bergbau auf „Steinkohlen“ getrieben worden sein. Solche Kohlen zum Wärmen der Häuser, Brennen von Ziegeln und Sieden von Salz würden nach Meinung der Kurpfalz-bayerischen Regierung dem steigenden Verbrauch von Holz und dessen übertriebenen Preisen steuern. Darum fanden die Forschungen und Vorschläge des bayer. Berg- und Münzrates Flurl 1792, der das Penzberger Flözvorkommen beschreibt, höchste Beachtung. Kurfürst Carl Theodor veranlaßte Flurl zur Untersuchung dieser Flöze sowie zur Kalkulation der Förderkosten und erließ 1796 ein Rescript, in dem er der Gewerkschaft Freiheiten und Begünstigungen versprach und der „am Spens Berge erhobenen Steinkohlenzeche“ Unterstützungen zuwendete. Noch im gleichen Jahr kam es zur Gründung der „Oberländischen Kohलगewerkschaft“. Sie baute im steilen Südflügel der eigentlichen Penzberger Flözmulde, karnte die abgesiebte Kohle zur nahen Loisach und flößte sie nach München. Doch da der Transport dreimal teurer kam als die Gewinnung, mußte die Gewerkschaft nach 10 Jahren den Betrieb wegen Unrentabilität einstellen.

Erst 1828 lebte der Bergbau wieder auf, als das Penzberger Grubenfeld an Berhardt Freiherr von Eichthal verliehen und im Stollen der Karl-Theodor-Zeche in 4 Flözen gegraben wurde. Bald mußte man in die Tiefe gehen: Zuerst mit einem Göpel-Schacht 20 m, 1860 mit dem Karl-Schacht 100 m und 1885 mit dem Isabellenschacht 200 m. Der Unternehmer-Mut wurde 1850 durch die Verleihung des Grubenfeldes zwischen Loisach und der Straße Weilheim—Murnau auf 50 Jahre anerkannt. Im Jahre 1869 wurden mit 150 Arbeitern 30 000 t Kohle gefördert. Doch trotz guten Absatzes (1865 Verlängerung der Eisenbahn nach Penzberg) konnte kein finanzieller Gewinn erzielt werden.

1.2. Früher Kohlenbergbau im Haushamer Gebiet von 1788—1869

Über die Ausbeutung von Steinkohlenflözen im Birkengraben und an der Schlierach bei Miesbach (Plutzer Mulde) ist schon 1788 berichtet worden. 1830

wurde im Sulzgraben bei Parsberg (Nordflügel der Haushamer Mulde) ein Stollen im Kleinkohl-Flöz getrieben, jedoch 1837 wieder eingestellt. 1846 erwarb der Leihhausbesitzer Max Ritter von Stegmayer die Grube und erhielt das Distriktsfeld zwischen Schlierach und Au auf 50 Jahre verliehen. Er gründete 1847 die „Miesbacher Steinkohलगewerkschaft“, die mit 250 Arbeitern in 3 Stollen Kohle förderte und emsig nach neuen Fundorten schürfte.

Im Jahre 1849 erwarb Alexander von Schoeller, Industrieller in Wien, die Mehrheit der Kuxe. Seine Unternehmer-Initiative beeinflusste erfolgreich fast 40 Jahre den oberbayerischen Kohlenbergbau. Zunächst wurden die Flöze des Nordflügels der Haushamer Mulde im Leitzach-Stollen, der Mulde in Au und der Plutzer-Mulde gewonnen. Erst 1861 schlug man die Flöze des Haushamer Südflügels am Brenten an, womit das Kohlenbergwerk Hausham begründet wurde. 1866 erbrachte Hausham schon 70 % der Produktion der Gewerkschaft und eröffnete nach Abteufen eines Maschinenschachtes auch den Abbau des Großkohl-Flözes. Der Absatz war überwiegend zufriedenstellend, zumal seit 1861 die Eisenbahn bis Miesbach und seit 1869 bis Hausham verkehrte. Im Jahre 1869 förderte man in Miesbach und Hausham mit 500 Arbeitern 95 000 t Kohlen.

Der Ausblick auf eine günstige Entwicklung ließ den Zusammenschluß der oberbayerischen Kohlengruben vorteilhaft scheinen. Die Gewerkschaft übernahm 1869 den Eichthal'schen Besitz in Penzberg und wandelte sich am 13. 9. 1870 in die „Oberbayerische Aktiengesellschaft für Kohlenbergbau“ mit dem Sitz in Miesbach und dem Stammkapital von 4 800 000 M um. Die Grube Peißenberg verblieb im Besitz des bayerischen Staates.

2. Die Gruben der Oberkohle von 1870—1966

2.1. Die Besitzverhältnisse

Die Schicksale der beiden Gruben der „Oberkohle“, wie die „Oberbayerische AG für Kohlenbergbau“ kurz genannt wurde, blieben nun fast 100 Jahre bis zu ihrer Stilllegung eng verbunden. Im Jahre 1908 verlegte die Gesellschaft ihren Sitz nach München. 1927 ging die Mehrheit des Aktienkapitals von der Schoeller-Gruppe in Wien an die Lagerhausgenossenschaft M. Strohmeyer in Konstanz (später in Mülheim/Ruhr) bei gleichzeitiger Erhöhung auf 7,0 Mio M über. Als Strohmeyer 1936 von der Bergwerksgesellschaft Hibernia in Herne/Westf. (Preußischer Staat) erworben wurde, kam die Kapital-Mehrheit an Hibernia. Beim Liquidationsbeschuß am 29. 12. 1965 hielt die Hibernia 99,7 % des Aktienkapitals von 7,0 Mio DM.

2.2.1. Der Flözabbau in Penzberg

In den drei E—W streichenden von S nach N gestaffelten Penzberg-, Langsee- und Nonnenwald-Flözmulden (steiler Südflügel, flacher Nordflügel) sind die Flöze des Hangenzuges der Cyrenen-Schichten unter dem Quarzsand abgelagert. In der Penzberger Mulde mit 23 vom Liegenden zum Hangenden nummerierten Flözen wurden die Flöze Nr. III, XII, XVI, XVII und XX auf

ca. 4,4 km E—W steichende Länge und 1,0 km Breite bis in das Muldentiefste in 400 m Teufe gebaut. Zur Untersuchung der Lagerstätte fuhr man von 1886 bis 1896 in 200 m Teufe den 4,6 km langen nördlichen Hauptquerschlag vom Südflügel der Penzberger bis ins Liegende des Nordflügels der Nonnenwald-Mulde (obere miocäne Meeressmolasse hinter der nördlichen Hauptüberschiebung) auf. Der Betrieb in der kohlenreichen Penzberger Mulde wurde nach fast vollständiger Auskohlung 1934 eingestellt.

In der kleinen Langsee-Mulde sind von 1894—1906 nur die Flöze Nr. XII und XVII auf 2,4 km streichender Länge oberhalb der 200 m-Sohle gewonnen worden. Der Abbau der Nonnenwald-Mulde war im Südflügel 1900 aufgenommen worden. Man baute von 31 nummerierten Flözen neun und zwar Nr. 3, 12, 22, 23, 24, 25, 26, 28 und 29 mit einer Gesamtkohlenmächtigkeit von 4,5 m auf 8 km streichender Länge und 2,6 km Breite bis 740 m Teufe.

2.2.2. Der Flözabbau in Hausham, Miesbach und Au

Die Haushamer Mulde führt in den tiefen brakischen Cyrenen-Schichten über der Bausteinzone 27 Flöze, von denen Nr. 3 Klein-Kohl, Nr. 4 Groß-Kohl und zeitweise auch Nr. 2 Philipp II abgebaut wurden. Die Lagerstätte ist auf 11 km E—W streichender Länge und 2,5 km Breite bis zum Muldentiefsten in 960 m Teufe von 1861—1966 weitgehend ausgekohlt worden.

Nördlich von Hausham verläuft ebenfalls mit E—W-Streichen eine altersmäßig dem Penzberger Vorkommen entsprechende Trogreihe und zwar im Westen die Mulde von Miesbach und im Osten die von Au.

In Miesbach stehen unter dem Quarzsand 5 Flöze (Liegend II, Liegend I, Johann, Bayern, Karl) an. Von 1863—1912 wurde hier an der Schlierach der älteste erfolgreiche Bergbau getrieben: zuerst in Stollen vom Flußtal, ab 1863 im Knorr-Schacht (34 m) in der südlichen Plutzer-Mulde und ab 1887 im Tiefbau-Schacht (158 m) im Ostfeld. Die Jahresförderungen betragen um 1880 = 20 000 t, 1890 = 40 000 t, 1900 = 65 000 t, 1910 = 10 000 t. Bei der Internationalen Elektrizitäts-Ausstellung in München 1882 wurde vom Dampfkraftwerk des Knorr-Schachtes elektrischer Strom zum Glaspalast über 57 km Freileitung geleitet, um die Pumpe eines künstlichen Wasserfalles zu betreiben — die erste Kraftstromübertragung auf größere Entfernung.

In Au ging im Alexander-Flöz, abgelagert in drei kleineren querschlägig erschlossenen Synklinalen, von 1859—1888 Bergbau um. Zuerst im Stollenbetrieb, ab 1872 im Achtal-Schacht (52 m) wurden jährlich etwa 2000 t Kohle gefördert.

2.3. Die Vorbelastung des Reviers ¹⁾

Der oberbayerische Pechkohlenbergbau lebte immer in kargen Verhältnissen und wirtschaftlichen Sorgen. Die magere Kohlenführung der schwachen und unreinen Flöze (große Verhiebsflächen, weite Förderwege, Bergeanfall

¹⁾ Näheres siehe Beitrag GEISLER bzw. PINSL in diesem Band.

50—60 0/0) verursachten hohe Gestehungskosten, und die Beschaffenheit der Kohle (Asche 15 0/0, unterer Heizwert 4000—5000 kcal/kg, flüchtige Bestandteile 42 0/0, ungeeignet zu Brikettierung und Verkokung) sowie die hohen Frachtkosten beschränkten den Absatz und minderten die Erlöse. Diese Vorbelastungen zwangen die Unternehmungen zum besten, modernsten Stand der Bergtechnik und großer Sparsamkeit.

2.4. Die Bergtechnik in Penzberg und Hausham 1870—1935

Die Oberkohle startete mit großangelegten Maßnahmen zur Produktionssteigerung in Penzberg und Hausham: Sie erwarb Grundbesitz, erbaute Arbeiterkolonien und siedelte in den Ländern Österreich-Ungarns geworbene Bergleute in großer Zahl an. Das Sprachengewirr gab den Bergwerksorten fast ein internationales Gepräge. Mit der rasch wachsenden Belegschaft stiegen auch die Jahresförderungen:

im Jahr	P e n z b e r g		H a u s h a m	
	Belegschaft Personen	Verwertbare Förd. t/Jahr	Belegschaft Personen	Verwertbare Förd. t/Jahr
1870		30 000		95 000
1880		112 000		129 000
1890		202 000		198 000
1900		239 000		248 000
1910		270 000		294 000
1920	2114	225 000	1037	233 400
1930	1591	338 000	1320	381 600

Schürfarbeiten, Auffahrungen der Grubenbaue und maschinelle Ausstattung wurden mit erheblichem Kapitaleinsatz in Angriff genommen.

2.4.1. Aus- und Vorrichtung

In der Zeit vor der Jahrhundertwende mit billigen Menschenkräften und teurem Maschineneinsatz verschaffte man sich die Kenntnisse über die Lagerstätte durch Schurfgräben, Flözabhauen, Querschläge und Stollen, erst später durch Tiefbohrungen. Erwähnenswert ist hier ein Querschlag von 15 km Länge in der Auer Mulde.

Die Zahl der fast ausnahmslos vor 1935 hergestellten Tageinbauten betrug in Penzberg 109 (1796—1966) und in Hausham 112 (1861—1966). Die Förder-Schächte wurden im steilen Südflügel der wannenförmigen Lagerstätte abgeteuft. Der Wetterführung, oftmals auch der Fahrgung bis 200 m Teufe, dienten seichte Flachschächte im Flöz und auch Stollen (Hausham).

In Tabelle 1 werden die historisch nennenswerten und die bis zur Stilllegung in Betrieb befindlichen (a n g e k r e u z t) Schächte und Stollen angeführt.

Tabelle 1

Schächte und Stollen im Gebiet von Penzberg und Hausham

Bezeichnung	Teufe/Länge m	Querschnitt m/qm	her- gestellt	still- gelegt
A: in Penzberg: Tagschächte gesamt: 9 nachstehende + 99 Flachschächte + 1 Stollen:				
Penzberger Mulde:				
Karl-Förder-Schacht	99	2 × 5	1840	1874
Isabellen-Förder-Schacht	196	2 × 7	1851	1875
Wetterschacht	192	2 × 6		1937
Pumpenschacht	206	2 × 2		1937
Herzog-Karl-Theodor-Schacht	192	2 × 10	1874	1937
Henle-Förder-Schacht	424	2,5 × 7	1891	1937
Nonnenwald-Mulde:				
Nonnenwald-Wetter-Schacht	200	2 × 3,5	1890	1955
*Nonnenwald-Förder-Schacht (Einz.)	684	rund D = 5,1	1918	1967
*Hohenbirken-Wetter-Schacht (Ausz.)	636	rund D = 4,0	1954	1967
B: in Hausham: Tagschächte gesamt: 9 nachstehende + 66 Flachschächte + 37 Stollen:				
König-Ludwig-Förder-Schacht	270	7,8 × 3,2	1871/77	1934
*Schöllner-Förder-Schacht (Einz.)	533	5,2 × 5,2	1888	1966
*Rohr-Schacht (Einz.)	515	rund D = 2,5	1898	1966
*Klenze-Förder-Schacht (Einz.)	745	rund D = 5,1	1907	1966
*Wetter-Stollen Leitzach (Einz.)		5,0 qm	1927	1966
*Wetter-Schacht-Drachental (Einz.)	40	4,0 × 2,0	1908	1966
*Wetter-Schacht Loch (Einz.)	70	2,9 × 1,2	1875	1966
*Wetter-Schacht Floigerhof (Ausz.)	11		1929	1966
*Wetter-Stollen Deisenried (Ausz.)		8,0 qm	1936	1966

Die wirtschaftlichen Verhältnisse zwangen dazu, ehestens Kohle zu produzieren, das heißt — wie fast überall üblich — von oben in die Tiefe und vom Schachte ins Feld zu bauen. Die Saigerabstände der Hauptsohlen (Horizonte) betrug etwa 200 m. Von den Hauptquerschlägen trieb man die Grundstrecken zweiflügelig ins Unbekannte feldwärts, und gefördert wurde wechselweise von 2 Hauptsohlen. Überhauen zur Abförderung von 2—3 Zwischenkohlenstrecken zur Grundstrecke wurden früher je 200 m, später je 1000 m angelegt. Bei etwa 1 t verwertbarer Förderung je qm Flözverhieb erforderte diese Methode einen forcierten Vorrichtungsbetrieb mit enormem Bergeanfall und mit Sorgen um die tägliche Kohle, weil den festgestellten Flözvertaubungen, Ausquetschungen und Verwürfen schon bald der Abbau nachrückte.

2.4.2. A b b a u

Grundsätzlich wurde ohne Fremberge-Versatz abgebaut, den die karge Lagerstätte wirtschaftlich nicht tragen konnte. Dem streichenden Pfeilerbau über ca. 15 m Pfeilerhöhe folgte um die Jahrhundertwende der streichende Strebbau mit abgesetzten Stößen von 15 m, später bis 40 m Höhe, wobei vor Ort erst 1 und später 2 Hauer arbeiteten. Die Hereingewinnung erfolgte durch Schrämen mit dem Bergeisen bzw. Druckluft-Abbauhammer und Abtreiben oder Hereinbänken, je nach der günstigsten Schramlage. Die Leistungen, für die der Nutzdruk am Stoß entscheidend war, lagen sehr gut. Erwähnenswert ist der Gruppen-Abbau der steilen Flöze 3 und 12 in Penzberg: Dem Verhieb von Nr. 3 folgte im Druckschatten der Verhieb des 10 m darüber liegenden Nr. 12. In Hausham wurde zuerst Flöz-Kleinkohl und nachfolgend das ca. 4 m darüber liegende Flöz-Großkohl verhauen. Beim Bruchbau im tertiären Gebirge mit Gesteinen mehr oder minder pseudoplastischen Charakters bildete sich keine ausgeprägte Bruchkante. Vielmehr senkte sich das Hangende und stieg das Liegende in den ausgekohlten Raum, meist ohne Nachbrechen der Dachschichten, und legte sich 5—10 m hinter dem Stoß aufeinander. Durch Anhacken der Stempel konnte der Stoßdruck reguliert werden. Der Vorgang wurde treffend als „Bruchbau mit Zeitverzögerung“ bezeichnet.

2.4.3. F ö r d e r u n g , W a s s e r v e r h a l t u n g , W e t t e r f ü h r u n g

Der Transport der erheblichen Haufwerksmengen (Bergeanteil ca 40 %) und Grubenberge über große horizontale und vertikale Wege im Grubengebäude erforderte den Einsatz der besten technischen Hilfsmittel.

Im Abbau wurden schon 1912 Druckluft-Schüttelrutschen verwendet. In der Streckenförderung rollten anfangs Holzhunte von 300 l, ab 1891 von 476 l und seit 1920 Eisenhunte von 780 l Inhalt auf Gleisen mit 610 mm Spur. Oft ist bis 500 m von Hand geschoben worden. Die Grubenpferde wurden, ausgenommen in der Zubringerförderung, 1902 durch Spiritus-Lokomotiven, später Diesel-Loks, in Hausham teils durch elektrische Fahrdraht-Loks, teils durch Druckluft-Loks ersetzt. Das letzte Pferd verließ 1932 die Grube.

Von der Blindschacht-Förderung wird berichtet, daß 1872 Dampfhaspel mit untertage aufgestelltem Kessel und bis 370 m langem Rauchabzug nach übertage betrieben wurden. Ab 1901 sind alle Haspel elektrifiziert worden. Die Haupt-

förderschächte waren mit Zwillings-Dampfördermaschinen und Trommeln, der Nonnenwald- und der Klenze-Schacht mit elektrischen Gleichstrommotoren nach Leonard-Igner und Treibscheiben ausgerüstet. Der Förderturm des Klenze-Schachts ist eine kühne Stahlbeton-Konstruktion, die als Wahrzeichen des ehemaligen Bergbaus noch heute aufragt.

Die Wasserhaltung hob in jeder Grube 1—1,5 cbm je kal.min., eine in Anbetracht der erheblichen Tagesflächen geringe Menge, die je nach Regenfällen und Schneeschmelzen sehr schwankte. Den Bauen im Nordflügel der Nonnenwald-Mulde in Penzberg floß aus dem „weißen Sand“ konstant Loisach-Wasser zu. Die Schiefer, Mergel und Letten des Tertiär-Gebirges wurden bei Wasserzutritt aufgeweicht und plastisch. Auch erlitten sie eine Volumsvergrößerung, also echte Blähung. Die Räume der Strecken und auch Abbaue wuchsen deshalb bei zusitzendem Wasser durch allseitige, besonders auf der Streckensohle auftretende Massenwanderung zu. Das machte die Installation von Vorortpumpen (in Penzberg 160 Pumpen in 49 km Streckennetz) mit Wasserrohrleitungen (statt Röschen) erforderlich, dazu von Sammelsümpfen mit Revierwasserhaltungen und auf jeder Sohle von großen schachtnahen Sümpfen mit Hauptwasserhaltungen zu Tage.

Die Bewetterung der ausgedehnten Grubengebäude erfolgte diagonal mit einziehenden Förderschächten und im Felde befindlichen ausziehenden Schächten, meist Flözschächten im steilen Südflügel. Der Wetterzug wurde anfangs durch Wetteröfen, ab 1889 durch elektrische Ventilatoren erzeugt. Obzwar die Methanexhalation gering (ca. 1,7 cbm/t Kohle) und die Oxydationsneigung der Kohle unbedeutend war, verlangte die Bewetterung stete Aufmerksamkeit und Bereitschaft. Der Kohlenstaub stellte wegen der Feuchtigkeit der Grubenluft keine spezifische Gefahr dar. Das Geleucht war, wie üblich, erst das Öl-, dann das Karbid-Licht, später die Benzinsicherheitslampe und seit 1918 die elektrische Lampe.

2.4.4. Aufbereitung und Absatz

Anfangs ist das möglichst rein gewonnene Haufwerk in Siebereien, die am später entstandenen entfernten Bahnhof erbaut wurden, trocken abgeseibt und verladen worden. 1890 errichtete man Naßwäschen für Grobkohle, Feinkohle und Durchwachsenes, gedeckte Stückkohlenlager zur Vermeidung des Kohlenzerfalls und Verladebänder zur Minderung des Abriebs. Etwa 40% der Förderung wurden an den Hausbrand (preisgünstige Grobsorten) und 40% an die Industrie (Klarsorten) im Raum südlich der Donau abgegeben. Etwa 20% machte der Eigenbedarf (Energie und Deputate) aus. Der Konkurrenzkampf sowohl mit revierfernen Kohlen (Ruhr, Aachen, Saar) wie mit Peißenberger Kohle war heftig und oft ruinös. Anfang der dreißiger Jahre tauschten die Oberkohle und die Bayerischen Berg-, Hütten- und Salzwerte (Peißenberg, Peiting) ihre Abnehmer in Gruppen östlicher (Oberkohle) und westlicher (BHS) Positionen aus. Sie sicherten dadurch ihren Markt und stärkten ihre wirtschaftliche Lage.

2.5. Die Betriebskonzentration 1935—1954

Das Streben, die Gruben der Oberkohle rentabler zu gestalten, veranlaßte die Bergwerksgesellschaft Hibernia zur Modernisierung der Betriebe. Zunächst

wurde das Bergwerk Hausham in Angriff genommen und durch erhebliche Investitionen für eine Steigerung der Kohlenförderung auf 2000 Tagestonnen ausgerüstet. Im Untertage-Betrieb war die Durchführung einer Betriebskonzentration von entscheidender Bedeutung, die vom Flözabbau im „Langfrontbau“ ausging und sich auf Zuschnitt und Technik des ganzen Untertage-Betriebes auswirkte. Der Langfrontbau ist auf der Grube Hausham zu hoher Vollkommenheit entwickelt und viele Jahre sehr erfolgreich durchgeführt worden.

2.5.1. Die Betriebskonzentration in Hausham

Bei guten Gebirgsverhältnissen wurden in flacher bis halbsteiler Lagerung viele Kleinbetriebe zu einem Großbetriebspunkt von 600 m und mehr Streblänge mit Tagesförderung von über 1000 t Haufwerk zusammengefaßt.

2.5.1.1. Aus- und Vorrichtung

Ein solcher Langfrontbau mit nur einem Zugang in der Kopfstrecke und einer wandernden Ladestelle in der Grundstrecke (beide Strecken im Streichen) besaß auf die ganze Streblänge keine Fördergut-Zwischenausträge und Fluchtstrecken. Dadurch verringerte diese Methode erheblich den Umfang der Aus- und Vorrichtungsarbeiten, weil weniger Querschläge, Teilsohlen und Stapelschächte als bisher benötigt wurden.

2.5.1.2. Abbau und 2.5.1.3. Förderung

Entscheidend für den Abtransport des mit dem Abbauhammer gewonnenen Haufwerks am Stoß war der Betrieb und die Leistung des für das jeweilige Flözeinfallen geeigneten Strebfördermittels. Zum Einsatz gelangten Stauscheiben-Förderer, Flügel Flach-Förderer, Gleitgefäß-Förderer und Untergurt-Förderbänder. Am Stoß einer z. B. 600 m langen im Bruchbau feldwärts gehenden Front lagen 5 einander sich übergebende Förderer-Stränge von ca. 150 t Stundenleistung, deren unterster direkt in die Wagen des Zuges der Langstreckenförderung austrug. Als Standard-Strebfördermittel bei 30 bis 15° Flöz-Einfallen entstand hier der Stauscheiben-Förderer mit zum Stoß 90° offener Winkelrinne, der die Ladearbeit je nach Flözeinfallen und Stoßstellung bremsend oder schiebend ganz oder weitgehend übernahm. In der Zwischenförderung aufwärts wurden Gummigurt-Förderbänder verwendet. Die Kapazität der Langstrecken-Förderung mit Druckluft-Loks wurde durch Vergrößerung der Förderwagenzahl auf 1500 und durch Aufsattelung der Wagenkästen von 780 auf 1200 l Inhalt erhöht.

2.5.1.4. Aufbereitung und Absatz

Die Steigerung der Tagesförderung konnte nur von einer besseren und leistungsfähigeren Aufbereitungsanlage verkräftet werden, zumal der Abbau in unreinere Flözpartien vorrückte und der Bergeanteil im Haufwerk 50 % ausmachte. Die alte Sieberei und Naßwäsche von 1902 wurde 1936 durch eine Neuanlage ersetzt.

Die 1952 einsetzende Kohlenabsatzkrise war für oberbayerische Gruben nachteilig und gefährdend (Spaltpreissystem). Wie schon so oft in der wechselvollen Zeit des Bestehens mußten Feierschichten eingelegt werden.

2.5.2. Die Betriebskonzentration in Penzberg

Die Konzentration fand 1936 ihre erste Realisierung in der totalen Stilllegung der Penzberg- und Langsee-Mulde und der Verlegung des Untertage-Betriebes in die Nonnenwald-Mulde, wo etwa je die Hälfte der Produktion in dem fast lotrecht stehenden Südflügel und in dem flachen bis halbsteilen Nordflügel gewonnen wurde. Die gesamte Rohkohlenförderung, im Hauptschacht aus 500 m Teufe gehoben, transportierte man in den Förderwagen (780 l) auf einer Hochseilbahn zur 2,3 km entfernten, am Güterbahnhof gelegenen Aufbereitung. Die Zweiteilung des Tagbetriebes bedeutete eine erhebliche wirtschaftliche Belastung.

Nach Vollendung der Modernisierung in Hausham mußte deren Fortsetzung in Penzberg wegen der Kriegsbewirtschaftung auf den vordringlichsten Ausbau der Zechenkraftwirtschaft beschränkt werden. Der Start in die Nachkriegsjahre mit veralteten und meist abgewirtschafteten Betriebseinrichtungen war sehr gehemmt. Im niedrigen Flöz 29/Nordflügel wurde erstmals in Oberbayern von 1947 bis 1951 über 300 m Frontlänge ein Elektro-Kettenschrämmaschinen-Abbau erfolgreich betrieben, wo bei Schrämfahrt die Maschine im liegenden Blech einer Stauscheibenförderer-Rinne aufgezogen und das Schrämklein von der Stauscheibenkette abgeschoben wurde. In den nach Stunde aufgefahrenen Abbaustrecken wurde das blockige Haufwerk mit Stahlgliederbändern abgefördert. Versuche mit Kohlenhobeln in Hausham scheiterten 1948 an den Stinksteinlagen im Flöz.

Einen Lichtblick für die Absatzsicherung bedeutete 1940 das Projekt eines Einphasenstrom-Dampfkraftwerks der Reichsbahn in Penzberg, dessen Teilausbau mit 39 MW allerdings erst 1951 in Betrieb gehen konnte. Etwa ein Drittel der Förderung (Rohstaub 0—3, in einer neuen Luftsetzmaschinenwäsche trocken erzeugte Feinkohle 3—10 mm und Mittelgut der Naß-Setzmaschinen-Wäsche) wurden in einem Kohlenstaubfeuerungskessel mit flüssigem Schlackabzug von 40/125/160 t/Std. Hochdruckdampfleistung verfeuert. Das Bergwerk führte den Kesselbetrieb des KW, verkaufte an die Deutsche Bundesbahn Dampfwärme für deren Turbogeneratoren (jährlich ca. 150 Mio KWh), bezog von der DB den Zechenstrom und erzeugte für sich den Zechendampf. Wegen des Verbundes mit dem Walchensee-KW war die jahreszeitliche Kohlenlagerbewegung erheblich (ca. 50 000 t).

2.6. Die Mechanisierung und Automatisierung 1955—1966

Das Investitionshilfegesetz ex 1954 ermöglichte der Oberkohle die in Kriegs- und Nachkriegszeit unterbrochene Modernisierung der Betriebe fortzusetzen. Ziel war zunächst die Rationalisierung der betrieblichen Etappe, d. h. aller dem Abbau nachgeschalteten Bereiche unter und über Tage. Nach Vorliegen neuerer Erfahrungen im Abbau unregelmäßig abgelagerter, geringmächtiger Flöze mit Steineinlagen sollte die Rationalisierung auf die betriebliche Front, d. h. auf den eigentlichen Flözabbau erweitert werden.

Die Tab. 2 enthält Betriebskennzahlen, welche die technische Entwicklung der Gruben von 1940 bis zur Stilllegung veranschaulichen.

Tabelle 2

Betriebliche Kennzahlen 1940—1964

	Penzberg					Hausham				
	1940	1950	1960	1963	1964	1940	1950	1960	1963	1964
Belegschaft	1.561	2.149	1.732	1.473	1.380	1.576	1.806	1.688	1.581	1.499
Verwertb. Förd. 1000 t	316	292	430	464	490	478	434	443	486	483
Berge 1000 t	270	302	718	710	777	400	575	586	425	431
Fördertage im Jahr	309	297	286	262	262	309	300	286	262	261
Tagesf. t verwertb. F.	1.022	984	1.504	1.770	1.870	1.547	1.445	1.550	1.855	1.881
Ausbringen ‰	54	49	38	40	39	54	43	43	53	53
Leistung untertage t/MS	1,07	0,82	1,47	2,18	2,44	1,48	1,45	1,65	2,29	2,41
Leistung gesamt t/MS	0,71	0,56	1,08	1,60	1,78	1,07	0,97	1,17	1,58	1,63
offen erhalt. Strecken km	49	49	38	39	34	77	61	78	77	77

2.6.1. Die Mechanisierung und Automatisierung in Penzberg

Da hier gründliche Planungen bereits vorlagen, wurde der Großumbau dieser Anlage zur Steigerung der Jahresförderung von 300 000 auf 400 000 t Kohle, umfassend die Herstellung der neuen 650 m-Sohle, die Beseitigung aller engsten betrieblichen Querschnitte unter und über Tage, die Minderung der Aufbereitungsverluste sowie die weitmöglichste Mechanisierung, Elektrifizierung und Automatisierung aller Betriebsvorgänge, programmiert. Die Abb. 3 ist eine schematische Darstellung des Bergwerks in dieser Zeit.

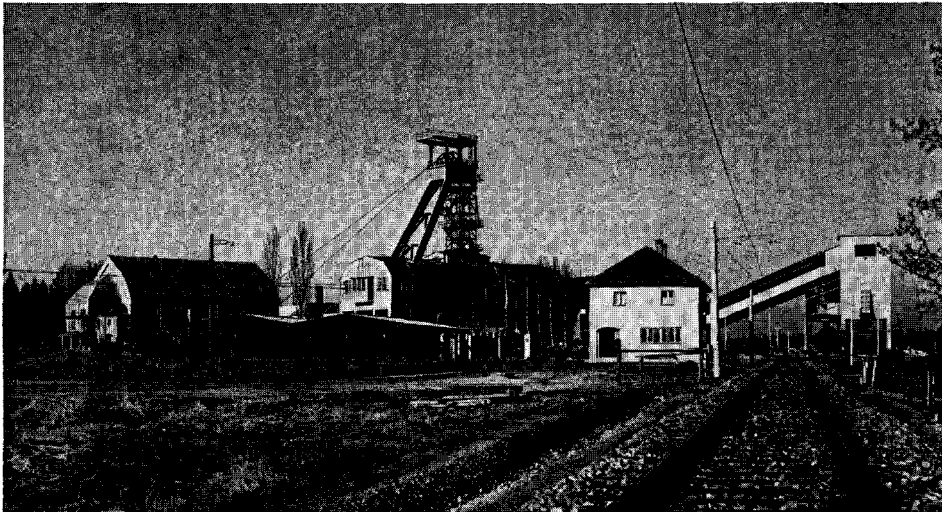


Abb. 1. Nonnenwald-Schachanlage des Kohlenbergwerks Penzberg 1957. Von links: Fördermaschinenhaus, vorn Fahrradschupfen, hinten Zechenhaus, Schachthaus mit Wagenumlauf und Fördergerüst, Sieberei, vorn Pforte, Bandbrücke für Kohle und Berge, Bunker zur Verladung der Rohwaschkohle auf die Vollspurbahn und Abzug der Berge auf das Band zur Halde.

2.6.1.1. Aus- und Vorrichtung

Für das Grubengebäude unter der 500 m-Sohle in söhlicher bis halbsteiler Lagerung wurden neuartige Systeme des Abbaus und des Transportes verwirklicht: Abbaue mit großer Betriebspunktleistung rückten zwischen im Hauptstreichen verlaufenden geraden vorausseilenden Flözstrecken feldwärts. Das Haufwerk von Abbau und Streckenvortrieb wurde durch Gurtbänder in Strecken und Zwischenbergen fließend zu einer stationären Zentralladestelle und von hier in Großförderwagen zum Förderschacht transportiert. Die Strecken und Querschläge wurden mit Bohrbühne und Ladepanzer, die Überhauen mit einer fräsend und schlagend wirkenden Vortriebsmaschine „Bauart Penzberg“ aufgefahren. Der Umfang des offen erhaltenen Streckennetzes sank trotz Produktionssteigerung von 49 auf 34 km. Alle Neu-Auffahrungen wurden grundsätzlich in kreisrunden, geschlossenen, nachgiebigen Stahlringen von 5 bis 25 qm lichtem Querschnitt ausgebaut.

2.6.1.2. A b b a u

Die Senkung der Arbeitskosten durch Mechanik und Automatik war offensichtlich durch kürzere, also ausrüstungsmäßig billigere und maschinentechnisch leichter beherrschbare, dafür aber rascher vorrückende Strebbruchbaue — also auf einem anderen Weg als vor 20 Jahren — besser zu erreichen. Zur Gewinnung der wellig gelagerten, dünnen und steinigen Flöze verwendete man den hier entwickelten Doppelkopf-Reißhackenhobel, geführt durch den Panzerförderer, in 200 m langen, täglich ca. 2,5 m schreitenden Streben, wobei der Wegfall des Umbaurhythmus besonders vorteilhaft war. Die Strebe wurden mit stählernen Reibungsstempeln und Kappen, ein Streb mit automatischen Ausbau-Gestellen (Gullick Chocks) ausgebaut. 1964 standen 3 Strebe in Betrieb und 1 Streb in Reserve (Jahresförderung = 490 000 t Kohle).

Entscheidend für das Funktionieren und die Störungsbehebung waren die Organisation und die Betriebsdisziplin in Gewinnung, Transport und Werkstätten. Die 1960 installierte elektronische Grubenwarte garantierte die Information und Zusammenarbeit aller Zuständigen.

2.6.1.3. Förderung, Wasserhaltung, Bewetterung

Das Strebhaufwerk wurde in ein Ladekastenband ausgetragen, durch einen Walzenbrecher auf förderfähiges Korn zersprengt und auf das nächstfolgende Streckenband aufgegeben. Die längste Gurtbandstrecke mit automatischer Spannungsregelung hatte 960 m Achsabstand. Die elektrischen Bandantriebe wurden automatisch gesteuert und die Bandübergaben automatisch überwacht und geregelt. Gesamt standen 1964 in Strecken 25 Gurtbandanlagen von 8,5 km Gesamtlänge in Betrieb.

Den Transport von der Zentral-Ladestelle zum Füllort (ca. 1,5 km) bewältigten 8 Dieselloks mit 250 Großförderwagen 3300 l. Die einzige Schachtförderanlage Nonnenwald (1 Seil, Rollenführungen) hob mit 2 Körben je 2 Wagen übereinander mittels einer halbautomatischen Gleichstrom-Treibscheiben-Maschine von 2300 KW die Nutzlast von 320 t/Std. aus 650 m Teufe.

Die Wasserhaltung der Vorortpumpen (120) und Revierversammelpumpen (5) erfolgte vollautomatisch. Die Hauptwasserhaltung 1650 KW pumpte 1964 820 000 cbm = 1,4 cbm je t verwertbare Förderung.

Das Grubengebäude wurde abwärts, d. h. Wetterstrom gleichsinnig mit Kohlenstrom, zur 650 m-Sohle bewettert, von wo der einzige im östlichen Felde gelegene Wetterschacht Hohenbirken die Grubenluft absaugte (3200 cbm/Min.). Die Abwärtsbewetterung brachte erhebliche Verbesserungen der Temperatur, Feuchtigkeit und Staubbelastung.

2.6.1.4. Aufbereitung und Absatz

Der Nachteil des zweigeteilten Tagbetriebes konnte gemildert, doch nicht beseitigt werden. Die Anlage Nonnenwald umfaßte Hängebank, Sieberei, Halde für Klaube- und Ausrichtungsberge, Lampenkammer, CO-Filter, Waschkau, Werkstätten, Magazine, Holzplatz und Sägewerk. In der Alt-Anlage Penzberg befanden sich Aufbereitung, Schlamm-Kläranlage, KW-Kesselhaus, Halde für Waschberge und Schlacke, Druckluft-Erzeugung, Werkstätten, Magazine und Verwaltung. Beide Anlagen verband eine Vollspurbahn mit elektrischer Fahrdrat-Lok, die in 6 Selbstlade-Waggonen die Rohwaschkohle von der Sieberei auf 2,3 km Strecke zur Aufbereitung transportierte. Wie bisher wurde das Korn 0—10 als Rohstaub und luftgewaschene Feinkohle vorweg als Kesselkohle erzeugt.

Die Produktionssteigerung und der mit der Mechanisierung der Kohlen-gewinnung verbundene höhere Bergeanteil der Rohförderung erforderten eine neue Lösung: Man erbaute 1955 eine Magnetit-Schwerflüssigkeitswäsche „System Penzberg“ (320 t/Std.), die mit ausgezeichnetem Effekt arbeitete. Das neuartige Verfahren bestand darin, im Trommelschauflerscheider des 1. Schnitts

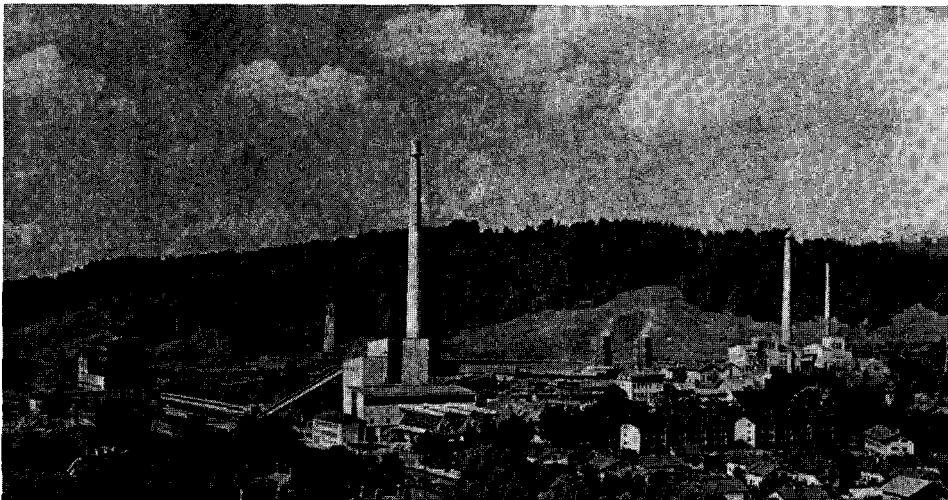


Abb. 2. Kohlenbergwerk Hausham 1964. Vorn links: Aufbereitung, hinten Turm des Klenze-Schachtes, neues Kraftwerk, vorn Luftkühler, Naß-Kühltürme des alten KW, Maschinenhaus, Kesselhaus II, davor Fördergerüst des Schöller-Schachtes, Kesselhaus I, Kompressorenhaus, davor Verwaltungsgebäude, im Vordergrund 2 Belegschaftswohnhäuser.

$s = 1,88$ sofort die Berge als Sinkgut aus dem Kreislauf zu entfernen, um eine Instabilität der Waschtrübe durch Mergelauflösung zu vermeiden. Im Scheider des 2. Schnitts $s = 1,44$ wurde das Durchwachsene als Sinkgut ausgeschieden und die Reinkohle abgeschwemmt. Das Durchwachsene kam zum Aufschluß in Brecher und zurück in die I. Trommel. Die Klassierung der Verkaufssorten durch ein Resonanz-Schwingsieb erfolgte direkt über den Verladebunkern. Berge und Schlacken (1800 t/Tag), bisher durch eine Seilbahn zu zwei langen Kettengebirgen aufgeschüttet, wurden ab 1955 in gleislosem Verkehr mit 2 Diesel-LKW von 20 t zwischen den Bergketten verstürzt.

2.6.2. Die Mechanisierung und Automatisierung in Hausham

Die neuen Tendenzen wurden auch hier aufgegriffen und verfolgt.

2.6.2.1. Abbau

Anfang der 60er Jahre war die Situation der Grube dadurch gekennzeichnet, daß das wirtschaftlich tragende Flöz Kleinkohl rasch der Auskohlung entgegen ging, daß Flöz Großkohl 3 zufolge seiner geologischen Verhältnisse weder in überlangen Streben die guten Ergebnisse des Kleinkohl erbrachte noch vollmechanisch in raschem Verhieb erfolgreich gewonnen werden konnte und daß Ramm-Betriebe in Flöz Philipp 2 mit zwar guter Gewinnungsleistung nur

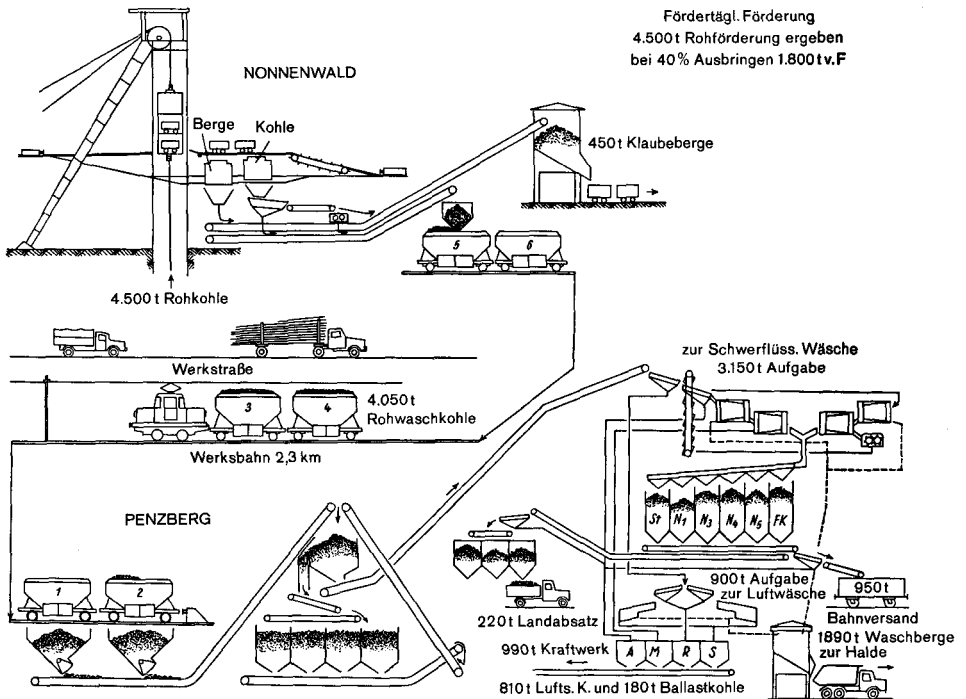


Abb. 3. Fluß der Förderung über Tage

wenig Tonnen lieferten. Aufschlußarbeiten in Miesbach und Au waren negativ verlaufen.

2.6.2.2. Aufbereitung, Verstromung, Brikettierung

Die Kohle des seit 1957 fast $\frac{2}{3}$ der Produktion beistellenden Großkohlflöz bereitete durch ihre grusige Beschaffenheit Absatzschwierigkeiten. Deshalb wurden drei Maßnahmen getroffen: a) Bau einer Brikettfabrik 1959—1960 zur Herstellung von Nüßchen-Briketts aus gewaschener Feinkohle mit Bitumen-Bindemittel, Stundenleistung 20 t. Der Versuchsbetrieb wurde bis 1966 geführt, ohne daß verkaufsfähige Ware erzeugt wurde. b) Bau und Betrieb eines zeche-eigenen 43 MW-Blockkraftwerks 1960—1962 für die öffentliche Versorgung (Isar-Amper-Werke) zwecks Verstromung von ca. 30 % der Kohlenproduktion. c) Ersatz der 25 Jahre alten Aufbereitungsmaschinen 1963 durch moderne leistungsfähige Einrichtungen (250 t/Std.).

3. Die Stilllegung der Gruben und die Auflösung der Oberkohle

Durch das Vordringen des Heizöls in das Absatzgebiet der Pechkohle und durch den teilweisen Verlust des Frachtvorsprungs der bayerischen gegenüber der Ruhr-Kohle verschlechterte sich der Absatz in Industrie- und Hausbrand seit 1963 in katastrophaler Weise. Das Projekt eines Dampfkraftwerks von 140 MW für Bahn- und Drehstrom in Penzberg 1965 als Ersatz und Erweiterung des technisch veralteten Bahnkraftwerks mußte eingestellt werden, weil Land und Bahn jede Finanzhilfe ablehnten. Angesichts der ungünstigen wirtschaftlichen Entwicklung in Hausham war die Oberkohle gezwungen, die Stilllegung ihrer Kohlenbergwerke Hausham (am 31. 3. 1966) und Penzberg (am 30. 9. 1966) und die Liquidation der Gesellschaft zu beschließen und durchzuführen. Nach Verfeuerung der Penzberger Kohlenhalde (317 000 t) und unbefriedigenden Versuchen mit Peißenberger- und Saarkohle wurde 1971 auch das Bahnkraftwerk eingestellt.

Das Problem des nahtlosen Anschlusses der Nachfolge-Industrien wurde in beiden Bergwerkssorten durch einen entsprechenden Sozialplan und die Zusammenarbeit aller zuständigen Stellen in ausgezeichneter Weise gelöst.

Die Abwicklung der Oberkohle, deren Immobilienbesitz ausgedehnte Betriebsanlagen, 230 Werkswohnhäuser und 1370 ha Grundbesitz ausmachten, wurde 1972 durch Umwandlung auf die VEBA Aktiengesellschaft in Bonn und Berlin, die Rechtsnachfolgerin der Bergwerksgesellschaft Hibernia, beendet.

Die Oberkohle hatte 100 Jahre den oberbayerischen Kohlenbergbau maßgeblich gestaltet und betrieben. Die Ortschaften Penzberg und Hausham verdanken dem Bergbau ihre Entstehung und Entwicklung. Von 1796 bis 1966 wurden in Penzberg etwa 25 Millionen und in Hausham etwa 30 Millionen t Kohle gewonnen, eine Wertschöpfung, die in der Geschichte Bayerns nicht vergessen werden wird.

4. Die Ergebnisse der Bohrungen und Schürfe im Raum Penzberg—Hausham

Den auf karger Lagerstätte bauenden oberbayerischen Bergmann bewegten stets Sorgen und Hoffnungen: Wo werde ich künftig bauen und wo sind schönere Flöze. Diese beiden Fragen begründeten sein eifriges Schürfen nach neuen Vorkommen.

In der frühen Zeit des oberflächennahen Bergbaues war diese Tätigkeit besonders rege. Ein Drittel der Grubenbelegschaft suchte neue günstige Angriffspunkte.

Anlaß zu verstärktem Schürfen gab der Schrei nach Kohle in den Jahren nach dem zweiten Weltkrieg. Die Oberkohle unterhielt von 1946—1950 in Penzberg eine eigene mit Bohr- und Abteufgerät ausgerüstete Schürfabteilung von 30 Mann. Ihre Tätigkeit betraf Schürfe, Bohrungen, Schächte und Stollen im Osten von Penzberg zur Klärung der Flözvorkommen hinter dem Wannenschluß der Nonnenwald-Mulde in Höfen, Brandl, Bernwies, Kreuth, Rothensrain und Rimslrain/Isar. Im Westen wurde vornehmlich durch Bohrungen bis 200 m Tiefe im Gebiet Staltach, Iffeldorf und Osterseen der westliche Verlauf der Nonnenwald-Mulde untersucht.

Die Wichtigkeit der geologischen Aufklärung wurde 1951 durch die Gründung der „Gesellschaft zur Aufsuchung von Bodenschätzen in Bayern mbH“ (GAB) gewürdigt. Die Gesellschaft finanzierte mit Staatsmitteln anerkannte Projekte mit bedingter Rückzahlungspflicht. Die Oberkohle führte mit der GAB folgende Untersuchungen durch:

- R a u m P e n z b e r g :
- a) 1955: Nonnenwald-Mulde. Klärung der Nord-Süd-Haupt-Überschiebung auf der Westseite der Mulde
 - b) 1957: Antdorfer Mulde. Klärung der Ausdehnung
 - c) 1963—1965: Nonnenwald-Mulde. Klärung des Fl. 12 unterhalb der 650 m-Sohle. Maschinell hergestelltes Abhauen in Flöz 12 von 650 bis 817 m Teufe auf 734 m Länge
- R a u m H a u s h a m :
- a) 1952—1955: Auer Mulde. Untersuchung des Flöz Alexander
 - b) 1955—1956: Haushamer Mulde. Untersuchung des überkippten Nordflügels
 - c) 1956: Haushamer Mulde. Untersuchung des Flöz Philipp 2 im Westteil des Nordflügels
1959: Haushamer Mulde: Klärung des Muldenverlaufs im Westen
 - d) 1957—1958: Miesbacher Mulde. Erkundung der Flöz- und Schieferausbildung im Gebiet von Mangfall und Schlierach

5. Die Kohlenvorräte in den Grubenfeldern der Oberkohle

Der Grubenfelder-Besitz der Oberkohle umfaßt:

- a) Im Raum Penzberg ein Gebiet von der Staatsstraße Weilheim—Murnau im Westen bis 4 km östlich der Isar bei Bad Tölz von 32 km Länge und 9 km Breite im Ausmaß von 267 qkm, dazu südlich von Murnau 16 qkm.
- b) Im Raum Hausham ein Gebiet von 4 km westlich der Mangfall bei Gmund bis an den Inn 5 km südlich von Rosenheim von 33 km Länge und 11 km Breite im Ausmaß von 204 qkm.

Es kann kein Zweifel herrschen, daß für Oberbayerns Pechkohle das Wort vom problematischen Wert der zwar langen und breiten, dafür leider dünnen Kohlenflöze gilt. Die unumstößliche Tatsache, daß seit 1960 nur jene Flözpartien, die mechanisch gewinnbar sind, als Kohlenvorräte eines mit Wirtschaftlichkeit zu betreibenden Bergbaues angesetzt werden können, hat deshalb in den vordem aufgemachten Vorratermittlungen große Lücken gerissen.

Die Vorkommen bei Murnau, Antdorf, Bad Tölz und Gmund sind schon flächenmäßig zu klein und die verbliebenen Flözreste früheren Bergbaues in Miesbach und Au mengenmäßig zu gering, um Gegenstand eines wirtschaftlichen Bergbaues sein zu können.

Somit verbleiben nur jene Substanzvorräte, die in den Betriebsbereichen der Kohlenbergwerke Penzberg und Hausham bei deren Stilllegung noch anstanden. Das sind:

<u>in</u> <u>an</u>	Flöz	abzubauenende Fläche	durchschnittl. Kohlenmächtigkeit	nachgewiesener Kohlenvorrat
	Nr.	Mio m ²	m	Mio t
a) Penzberg				
sichere	3	ca. 5,1	ca. 0,55	ca. 3,9
	12	5,4	0,68	5,1
	22	4,6	0,65	4,0
	23, 24, 26	1,5	0,70	1,5
	Sa.	16,6	0,64	14,5
	abzüglich 20 % für Flözvertaubungen			2,9
	Sa.			ca. 11,6
mögliche	3, 12, 22			5,5
b) Hausham				
			(abzüglich Vertaub.)	
sichere und wahrscheinl.	Philipp 2	ca. 1,7	ca. 0,50	ca. 1,2
	Großkohl 3	2,2	0,68	2,1
	Großkohl 3	8,0	0,59	6,6
	Sa.	11,9	0,60	9,9
mögliche	2, 3			5,0

Unter Zugrundelegung einer Jahresförderung von ca. 450 000 t wären sonach dem Kohlenbergwerk Penzberg noch Vorräte für eine Betriebsdauer von etwa 25 Jahren, dem Kohlenbergwerk Hausham von etwa 20 Jahren zur Verfügung gestanden.

6. Literatur

- BALTHASAR, K.: Zur Rationalisierung der betrieblichen Etappe. Maßnahmen und Ergebnisse beim Kohlenbergwerk Penzberg. — Glückauf, **96**, S. 777—784, Essen 1960.
- BATZEL, S.: Technischer und wirtschaftlicher Fortschritt im Grubenbetrieb. — Glückauf, **97**, S. 1515—1529, Essen 1961.
- BÖHM, E.: Die Veredelung der oberbayerischen Kohle. — Bayerland, München 1962.
- FLURL, M.: Beschreibung der Gebirge von Baiern und der oberen Pfalz. — München (Lentner) 1792.
- HAUSMANN, W.: Hausham-Chronik. — Hausham (Glasl) 1970.
- KLAUS, J.: Automatische Bandübergaben „System Penzberg“. — Bergfreiheit, Essen 1964.
- LANGECKER, F.: Erfahrungen mit Rinnenförderer und neuartigem Gleitgefäßförderer beim Abbau geringmächtiger Flöze. — Glückauf, **74**, S. 809—814, Essen 1938.
- Verwendbarkeit schälender Gewinnungsmaschinen im oberbayerischen Pechkohlenbergbau. — Glückauf, **81/84**, S. 83/87, Essen 1948.
- LUBERGER, K.: Geschichte der Stadt Penzberg. — Penzberg 1969.
- SCHRANK, F. v.: Reise nach den südlichen Gebirgen von Baiern i. J. 1788. — München 1793.
- VORREITER, G.: Neuerungen an der Grubenwarte Penzberg. — Kurznachr. Steinkohlenbergbau-Ver., Essen 1965.
- WEITHOFER, K. A.: Das Pechkohlengebiet des bayerischen Voralpenlandes und die Oberbayerische Aktiengesellschaft für Kohlenbergbau. — Denkschrift, München (Wolf & Sohn) 1920.
- WESTFALIA: Der Reißhackenhobel in der oberbayerischen Pechkohle. — Westfalia-Berichte 1962. Manuskript bei der Redaktion eingegangen am 22. 1. 1975.

Geologica Bavarica	73	25—35	München 1975
--------------------	----	-------	--------------

Der Kohlenbergbau am Hohenpeißenberg

Von GERHARD JUNGK *)

Mit 8 Abbildungen

Geschichte (1837—1971), Bergwerk, Kohle, Gewinnung (Bergbautechnik). — Alpenvorland (Peißenberg). — TK 25: 8231, 8232

Kurzfassung

Der Bergbau um den Hohenpeißenberg läßt sich bis in das frühe Mittelalter zurückverfolgen. 1837 eröffnete der Bayerische Staat als Unternehmer das Kohlenbergwerk am Hohenpeißenberg durch den sogenannten Hauptstollen. In der Folgezeit ist die Lagerstätte durch sechs weitere Stollen bzw. Schachtanlagen erschlossen worden; die beiden letzten waren der Zieglmeierschacht in Peißenberg und die Schachtanlage Peiting. Die Entwicklung der Bergtechnik nahm von dem sogenannten Orterbau über den Stoßbau zum vollmechanisierten Strebbbruchbau in etwa dem gleichen Verlauf wie auch in anderen Kohlenbergbaugebieten; allerdings erreichte der Zieglmeierschacht in Peißenberg in den 60iger Jahren einen technischen Stand, der ihn in die Spitzengruppe des europäischen Bergbaus stellte. Der durch das Erdöl ausgelöste Verdrängungswettbewerb zwang schließlich im Jahr 1971 zur Schließung des letzten Bergwerks, des Zieglmeierschachtes.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Geschichtliche Entwicklung	25
2. Die verschiedenen Aufschlußphasen der Lagerstätte	27
3. Die Gewinnungsverfahren und deren technische Ausrüstung	30
4. Ursachen der Stilllegung der Kohleförderung	34
5. Literatur	35

1. Geschichtliche Entwicklung

Eines der wechselvollsten Schicksale des an geschichtlichen Ereignissen sehr reichen Gebietes um den Hohenpeißenberg nahm zweifellos der dortige Kohlenbergbau. Es ist zwar historisch nicht exakt zu belegen, auf welche Zeit die erste Gewinnung der Peißenberger Kohle zurückgeht, doch da an dem schon in der Frühzeit besiedelten Südhang des Hohenpeißenbergs Kohlenflöze an mehreren Stellen zutage traten, dürfte die Annahme, es handle sich hier um eines der ältesten „Kohlenreviere“, wohl zutreffen. Die urkundliche Belegung einer

*) Anschrift des Verfassers: Dipl.-Ing. GERHARD JUNGK, Bayer. Berg-, Hütten- und Salzbergwerke AG, 8 München 19, Nymphenburger Straße 120.

gewissermaßen „unternehmerisch“ aufgezogenen Kohlegewinnung läßt sich jedenfalls bis in die 2. Hälfte des 16. Jahrhunderts zurückverfolgen. Seinerzeit erhielt ein Hans Maier das ausschließliche Privilegium in Oberbayern „... Kohle zu graben und dieselbe im ganzen Lande verkaufen und vertreiben zu dürfen“. Die damals bei „Peutingen“ und an sonstigen Orten im Gebiet Schongau gefördert Kohlen wurden zum größten Teil über den Lech nach Augsburg transportiert und fanden überwiegend in Handwerksbetrieben und bei Ziegeleien Verwendung. Ein größerer wirtschaftlicher Erfolg scheint sich aber nicht eingestellt zu haben, denn schon im Jahre 1603 wurde die Konzession wieder entzogen, da die Unternehmer — inzwischen hatte sich ein Georg Stange aus Sachsen zugesellt — die Entrichtung des Zehend übersahen. Die Versuche der kurfürstlichen Hofkammer, das Unternehmen in eigener Regie weiterzubetreiben, scheiterten nicht zuletzt an den Wirren des Dreißigjährigen Krieges.

Die Bergbautätigkeit in Oberbayern verlagerte sich für die nächsten 250 Jahre in den Miesbacher Raum.

Ausgelöst durch die Errichtung der Eisenbahnstrecke Nürnberg—Fürth und den dadurch erwarteten Kohlebedarf in Bayern beauftragte das Bayerische Staatsministerium der Finanzen im Jahre 1836 die Generaladministration für das Staatliche Berg-, Hütten- und Salinenwesen, die bayerischen Kohlenlagerstätten längs der Alpen auf ihre industrielle Verwertung hin zu untersuchen.

Schon am 8. Mai 1837 wurde mit dem „Hauptstollen“ der erste Grubenbau des staatlichen Bergwerks am Hohenpeißenberg angeschlagen. Die drei Jahre später aufgenommene Kohleförderung ging zwar zunächst nur in die unmittelbare Umgebung, doch bereits 1842 wurde die Kohle auf dem Lech nach Augsburg verfrachtet, wo sie für mehr als ein Jahrhundert der Hauptenergieträger der dortigen Industrie werden sollte.

Die ursprüngliche Belegschaft von einem Steiger und zwei „staatlichen“ Bergknappen stieg innerhalb der ersten fünf Jahre auf 30 und nach weiteren 10 Jahren auf insgesamt 160 Mann, mit denen eine Förderung von etwa 5000 t Kohle im Jahre erbracht wurde.

Diese positive Entwicklung dauerte jedoch nur wenige Jahre. Mangelnde Transportwege, die eingeschränkte Verwendungsmöglichkeit der Kohle, die beispielsweise den Einsatz in Lokomotiven nicht zuließ, und ein allgemeiner wirtschaftlicher Niedergang führten zu einer so schweren Krise, daß der Bayerische Staat als Eigentümer zweimal — 1859 und 1860 — versuchte, das Werk durch Versteigerung zu veräußern.

In erster Linie waren es wohl sozialpolitische Gründe, aus denen sich der Staat verpflichtet fühlte, den Kohlenbergbau weiterzubetreiben, nachdem private Interessenten nicht aufzufinden waren. Die Neuordnung der Verwaltung, die Bereitstellung größerer Mittel für den Aufschluß ergiebigerer Lagerstättenteile und schließlich der beschleunigte Ausbau einer Bahnlinie von Tutzing nach Peißenberg schufen in einer zweiten Ausbauphase die Voraussetzungen für einen wirtschaftlichen Betrieb des Kohlenbergbaus am Hohenpeißenberg. Diese Phase hielt — mit Ausnahme konjunkturbedingter Schwankungen durch zeitlich begrenzte Wirtschaftskrisen, Krieg und Inflation — gut 100 Jahre an.

Die folgende Zusammenstellung gibt einen Überblick der zunächst stetig und ab der Jahrhundertwende steil verlaufenden Absatzzunahme des Bergwerks, die in etwa parallel zur industriellen Entwicklung in den Wirtschaftsräumen München und Augsburg, den beiden annähernd gleichwertigen Verbrauchszentren für die Peißenberger Kohle, verlief.

Jahr	1865	1880	1900	1920	1940	1960
Absatz in t	5 000	50 000	100 000	300 000	600 000	822 000

Fand die Kohle anfangs überwiegend im Gewerbe und in der Industrie Verwendung, so gewann mit steigendem Wohlstand ab etwa 1890 auch der Einsatz im Hausbrand an Bedeutung; ihr Einsatz zur Stromerzeugung wurde in größerem Ausmaß erst in den 50iger Jahren verwirklicht, als das Heizöl die Kohle aus den angestammten Verwendungsbereichen, vor allem in der Industrie, zunehmend verdrängte.

2. Die verschiedenen Aufschlußphasen der Lagerstätte

Der 1860 gegründeten Grubenverwaltung Peißenberg stand als Hauptaufgabe der schnellstmögliche Aufschluß neuer Lagerstättenbereiche bevor, denn die Kohlenvorräte des bereits erwähnten Hauptstollens und des 1857 angeschlagenen Hermannstollens waren nahezu abgebaut.

Nach einer auch für heutige Begriffe hervorragenden Planungsvorbereitung wurde 1869 an der tiefstmöglichen Stelle der Südflanke des Hohenpeißenberg der sogenannte Tiefstollen angeschlagen, der sowohl günstige Voraussetzungen hinsichtlich des verkehrstechnischen Anschlusses als auch hinsichtlich des Umfangs der erschlossenen Vorräte (1,5 Mio t) aufwies. Der Durchschlag mit dem bestehenden Grubengebäude erfolgte fünf Jahre später, und im Jahre 1876 — nach Fertigstellung der Tagesanlagen, die auch die erste Kohlenaufbereitung umfaßten — wurde die Kohlenförderung aufgenommen.

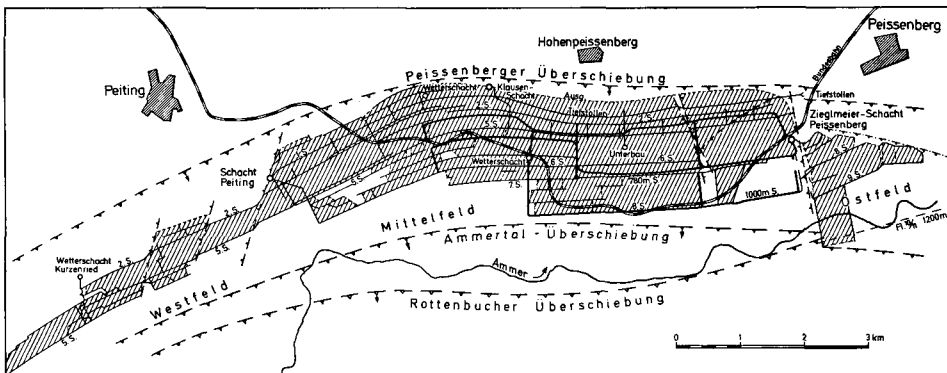


Abb. 1. Übersichtskarte der Aufschlüsse in Peißenberg und Peiting.

Die Stollenanlage war ursprünglich für eine Betriebszeit von 50 Jahren geplant. Doch die ihr zugrunde liegende Annahme einer Jahresförderung von 30 000 t wurde schon bald überschritten, so daß nach Ablauf eines Jahrzehnts bereits neue Aufschlußplanungen ausgearbeitet werden mußten. Die Anlage eines Stollenbetriebes war nicht mehr möglich, da der Tiefstollen bereits an der

Talsole stand. Es wäre nun nahegelegen, auch die Schachtanlage im Taltiefsten anzusetzen, um den günstigsten Verkehrsanschluß zu erhalten und optimal große Abbauhöhen zu erschließen. Leider ist nicht überliefert, welche Gründe zu einem Schachtansatz in unmittelbarer Nachbarschaft der Unterbaustollen führten, die 150 m über der Talsole lagen, so daß von vornherein schwerwiegende Nachteile, wie die aufwendige Verkehrsanbindung und das Durchteufen einer verlorenen Abbauhöhe von ca. 140 m, in Kauf genommen werden mußten. Diese Schachtanlage hat dann auch für die Dauer der Kohleförderung (1895—1926) die Wirtschaftlichkeit der Bergverwaltung Peißenberg stark belastet.

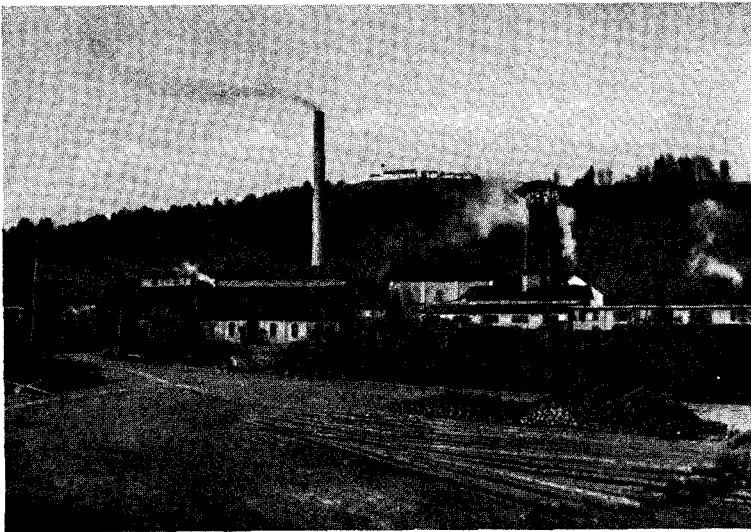


Abb. 2. Die Schachtanlage am Unterbau um 1900.

Nach wiederum nur 10jähriger Betriebszeit mußten Neuplanungen für eine Ersatzlösung aufgenommen werden, deren auslösendes Moment dieses Mal aber nicht ein überdurchschnittliches Wachstum, sondern die Erkenntnis war, daß die Weiterführung des Bergbaus in Peißenberg nur durch eine wirtschaftlich und technisch zweckmäßiger gelegene Schachtanlage gesichert werden könnte.

Nach eingehenden geologischen Voruntersuchungen zur Abgrenzung der Lagerstätte durch Schürf- und Flachbohrungen sind in den Jahren 1908—1912 insgesamt sechs Tiefbohrungen bis teilweise 1200 m Teufe niedergebracht worden, die den Nachweis der Lagerstättenfortsetzung im Fallen nach Süden und im Streichen nach Westen erbrachten. Er war die Grundlage für die Entscheidung, eine neue Schachtanlage in der Peißenberger Talebene zu erstellen, um mit ihr die veralteten Einrichtungen am Unterbau und am Tiefstollen abzulösen.

Entgegen dem Vorschlag geologischer Gutachter wurde zunächst aus wirtschaftlichen Erwägungen ein Schachtansatz in unmittelbarer Nachbarschaft der Tagesanlage des Tiefstollens gewählt, um diese zumindest teilweise auch weiterhin verwenden zu können. Hier traf man jedoch bereits in 26 m Tiefe in der Peißenberger Überschiebung auf so stark gestörtes Gebirge, daß dieser Ansatz aufgegeben werden mußte.

Weiter westlich wurde dann von 1912—1914 der sogenannte Hauptschacht und spätere Zieglmeierschacht bis zu einer Teufe von 368 m niedergebracht, aus dem bereits 1915 die erste Kohle gezogen wurde.

Dieser Schacht bildete dann für die Dauer von mehr als 50 Jahren das Rückgrat des Kohlenbergbaus um den Hohenpeißenberg. In den Jahren 1926—1928 ist er bis zur 650 m-Sohle und 1952—1954 bis zur 1000 m-Sohle weitergeteuft worden. Die tiefste Sohle dieses Baufeldes wurde bei 1200 m im Jahr 1969 in Angriff genommen.

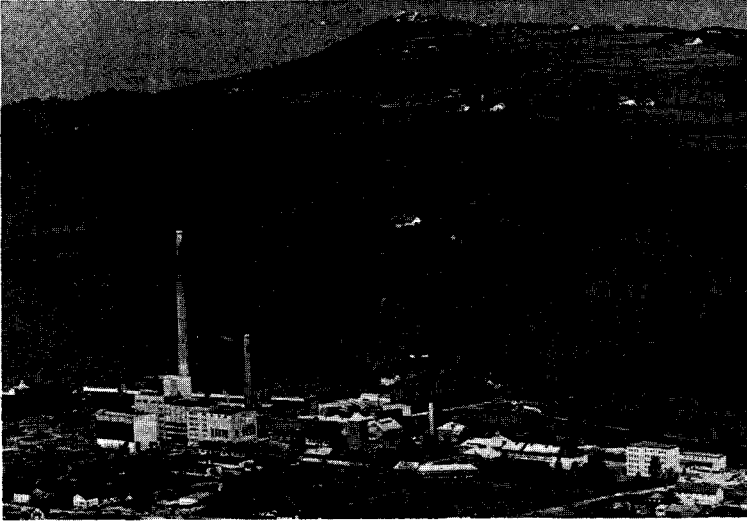


Abb. 3. Die Zieglmeier-Schachtanlage im Ausbauzustand um 1965.

Die Wetterlösung der neu erschlossenen Lagerstättenteile erfolgte bis in die 40iger Jahre über die bereits erwähnten Unterbauschächte in Hohenpeißenberg, anschließend über den weiter südwestlich gelegenen Wetterschacht, der 1961 die 1000 m-Sohle erreichte.

Im äußersten Westen des oberbayerischen Pechkohlevorkommens wurde schließlich zwischen 1920 und 1922 der Schacht Peiting zunächst bis zu einer 213 m-Sohle niedergebracht. Seine Entstehungsgründe hingen eng mit dem Übergang der im Saarbecken gelegenen Gruben St. Ingbert und Mittelbexbach in französischen Besitz zusammen. Die staatliche Bergwerksverwaltung befürchtete nämlich, daß durch den Verlust dieser Gruben ihre Wirtschaftskraft entscheidend geschwächt würde. Hinzu kam der erheblich gestiegene Kohlebedarf durch die Fortführung der Bahnlinie Weilheim—Schongau über Kaufbeuren nach Kempten, d. h. der Anschluß des Peißenberger Bergbaus an den schwäbischen Wirtschaftsraum.

Die Ausbildung und Beschaffenheit des westlichen Lagerstättenteils war bereits im Zuge des Tiefbohrprogramms 1908—1912 erkundet worden. Die Bauwürdigkeit der Flöze lag zwar vor, doch zwang die im Vergleich zu Peißenberg geringe anstehende Gesamtmächtigkeit auch zu einer wesentlich kleineren Kapazitätsauslegung.

Der Schacht wurde erstmals 1934—1936 bis 513 m und 1956—1958 bis 814 m weitergeteuft. Die beiden Sohlenhorizonte waren identisch mit der 370 m- und der 650 m-Sohle in Peißenberg, auf denen in den Jahren 1951 bzw. 1956 der Durchschlag zwischen den Grubengebäuden Peißenberg und Peiting erfolgte.

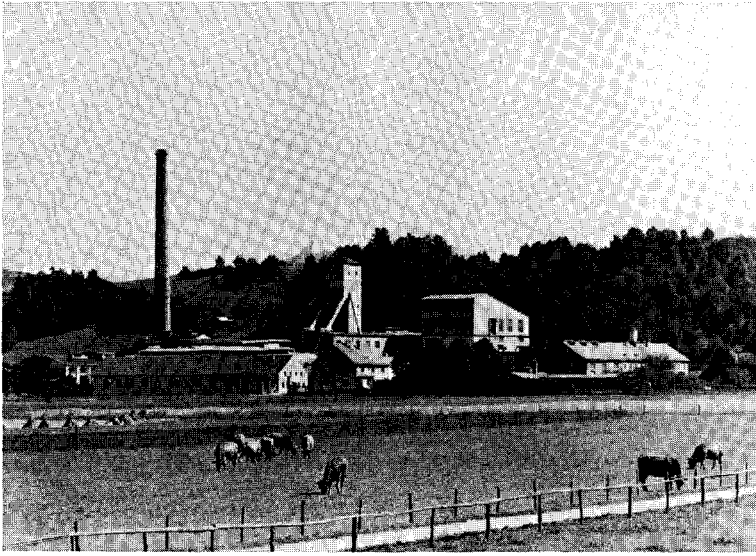


Abb. 4. Die Schachanlage Peiting im Ausbauzustand um 1965.

Im Verlauf der mehr als 130-jährigen Bergbautätigkeit standen von den ca. 26 Kohlenflözen der Peißenberger Mulde die folgenden in Verhieb:

Bezeichnung	Flözöffnung m	Kohleführung m
Flöz 2	0,7	0,4
Flöz 6	0,50	0,4
Flöz 8	0,6—1,1	0,6
Flöz 10/11	1,0—1,4	0,8—1,1
Flöz 14	1,4—2,8	1,2—1,8
Flöz 16	0,5	0,4
Flöz 17	0,5—0,7	0,3—0,5
Flöz 22	0,3	0,3

Die Grundlage des Bergbaus bildete Flöz 10/11, dessen Bauwürdigkeit von Peißenberg bis Peiting auf ca. 10 km anhielt. Flöz 14 hatte seine größte Mächtigkeit im östlichen Feldesteil und keilte nach Westen zu aus. In Peiting wurde es nicht mehr abgebaut.

3. Die Gewinnungsverfahren und deren technische Ausrüstung

Heute, unter dem Eindruck fortlaufender Entwicklungsschritte bei Verfahren, Einrichtungen und Maschinen des Produktionsprozesses erscheint es kaum glaubhaft, daß die drei Bergleute am 8. Mai 1837 mit dem gleichen Gezähe den berühmten „ersten Spatenstich“ vollzogen, mit dem auch ihre Vorfahren 100 Jahre oder gar 500 Jahre früher ans Werk gegangen wären.

Trotz des seinerzeitigen Eisenbahnfiebers wurden in dem neuen Stollen noch Schubkarren und zweirädrige Laufkarren verwendet, bis 1857 die ersten Schienen verlegt und bald darauf eine Grubenbahn mit Pferdebetrieb eingerichtet wurde. Erst 1931 ersetzten Diesellokomotiven die Pferde. Zeitweilig bewältigten mehr als 100 Loks — in Leistungsgrößen zwischen 9—80 PS — die gesamte Abbau- und Hauptstreckenförderung. Ab 1960 sind auch sie zunehmend von Gummigurtförderern abgelöst worden.



Abb. 5. Lokomotiv-Förderung im Füllort der 1000m-Sohle am Zieglmeierschacht.

Schlägel und Eisen, seit dem frühen Mittelalter die Symbolwerkzeuge des Bergbaus, dienten in Verbindung mit Sprengstoff noch bis zum Beginn des 20. Jahrhunderts als Hilfsmittel zum Lösen von Kohle und Gestein aus dem Gebirgsverband. Erst dann erleichterten preßluftbetriebene Werkzeuge, der Bohr- und Abbauhämmer die Lösearbeit.

Der Abbau oberhalb der 370 m-Sohle ging überwiegend im Bereich der steilen und halbsteilen Lagerung um, in der die Kohle an kurzen Abbaustößen gewonnen, in Folge des Gefälles in die tiefer liegenden Förderwagen rutschte und von Schleppern dann über mehrere 100 m Entfernung zum Bremsberg oder Gesenk, das die Verbindung zur Fördersohle herstellte, gefördert wurde.

Durch Holzausbau wurde der ausgekohlte Strebraum bis zu Weiten von 5 m offengehalten und der sog. „alte Mann“ durchwegs mit Bergen aus den Streckenvortrieben und teilweise auch mit Klaubebergen aus der Rohfördermenge verfüllt. Diese Methode ist zunächst auch noch beim Abbau der halbsteil gelagerten Flözgruppe zwischen der 370 m- und der 670 m-Sohle beibehalten worden, bis durch die Entwicklung des sogenannten „Stauscheibenförderers“, die auf der Nachbaranlage Hausham wegweisend für den Kohlebergbau erfolgte, die Voraussetzungen zum mechanischen Abtransport der Kohle innerhalb des Flözraumes — des Strebs — vorlagen. Seit Beginn der 30iger Jahre sind dann die Baufelder zwischen den beiden Hauptsohlen so eingeteilt worden, daß Streblängen zwischen 100—130 m entstanden. Die Fördermengen, die in derartigen Betriebspunkten anfielen, waren groß genug, um eine wirtschaftliche Lokförderung auch in den dazugehörigen Abbaustrecken zu ermöglichen.

Dieses Verfahren des „streichenden Strebbaus mit Teil- bzw. Vollversatz“ bildete den Schwerpunkt der Kohlegewinnung in der Zeit zwischen 1930—1960. Ein letzter derartiger Streb, in dem die Kohle ausschließlich mit Abbauhämmern gelöst wurde und dessen Rohförderung je nach Flözmächtigkeit zwischen 100—500 t/Tag schwankte, lief im Kohlenbergwerk Peißenberg 1964 aus.

Folgende Gründe gaben Veranlassung, im Bereich der Zieglmeier-Schachtanlage bereits Anfang der 50iger Jahre intensive Versuche zur Entwicklung

bzw. Einführung mechanisierter Abbauverfahren aufzunehmen, obwohl die lagerstättenmäßigen Voraussetzungen die denkbar ungünstigsten waren:

- der zunehmende Anstieg der Arbeitskosten
- das abnehmende Interesse an einer Beschäftigung im Bergbau
- die Erschwerung der Arbeitsbedingungen durch die größere Teufe
- der vom Gebirgsverhalten ab 800 m Tiefe erzwungene schnellere Abbaufortschritt
- und letztlich der Zwang, den im Zusammenhang mit dem Teufenfortschritt stehenden Kostenanstieg durch eine von der Mechanisierung erwartete Leistungserhöhung auszugleichen, um die Wirtschaftlichkeit des Gesamtwerkes langfristig zu sichern.

So wurde in Peißenberg das sogenannte „Rammverfahren“ entwickelt, das vor allem für den Abbau geringmächtiger Flöze geeignet war und weitgehende Anwendung im westeuropäischen Bergbau fand.

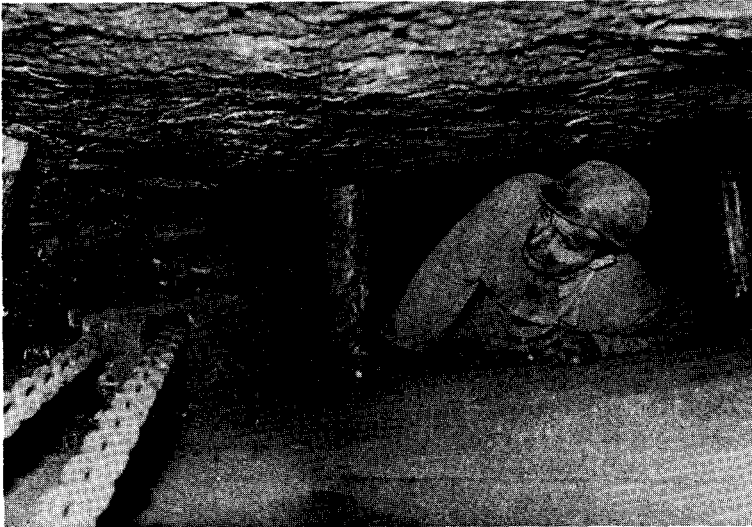


Abb. 6. Kohlegewinnung durch das Rammverfahren im Flöz 17.

Es beruhte auf der Anwendung des Prinzips der Umwandlung von Geschwindigkeitsenergie in kinetische Energie, d. h. ein oder mehrere mit Meißeln besetzte, schwere Stahlkörper werden über eine endlose Kette mit hoher Geschwindigkeit an dem 100—200 m langen Kohlenstoß entlang gezogen, geraten durch dessen Unebenheiten in Schwingungen, bei denen sie wechselweise Energie speichern und abgeben.

Das Lösen der Kohle erfolgte also durch die Aufprall-Energie des Stahlkörpers, ihr Transport innerhalb des Strebs entweder — und zwar in steiler gelagerten Flözen — durch die Schwerkraft oder durch schrapperartig ausgebildete Rammkästen. Der Einsatzbereich des Verfahrens erstreckte sich von 30 bis ca. 100 cm Flözöffnung, wobei die untere Grenze durch die Befahrbarkeit, die obere durch das Gebirgsverhalten, d. h. die Fähigkeit des möglichst bruchlosen Absenkens des Hangenden auf das Liegende bestimmt wurde. Es konnten Leistungen erzielt werden, die bis zum 10fachen über denjenigen herkömmlicher Abbauverfahren in dünnen Flözen lagen.

Die Kohlegewinnung in flachgelagerten Flözen größerer Öffnung wurde durch den Einsatz des Kohlenhobels und später des Walzenschrämladers, also

durch schälende oder schneidende Verfahren mechanisiert. Der ausgekohlte Raum wurde nicht mehr mit Bergen verfüllt, sondern durch das Umsetzen des ebenfalls neu eingeführten stählernen Ausbaues zu Bruch geworfen.



Abb. 7. Einsatz eines Kohlenhobels im Flöz 10/11.

Die Eigenarten der oberbayerischen Kohle, d. h. deren große Härte, vielfach eine Folge des hohen Bergeanteils und des daraus resultierenden Verwachsungsgrades und das unregelmäßige Verhalten des Nebengesteins, erforderte eine weitgehende Anpassung der auf dem Markt befindlichen Maschinenanlagen und der Strebausbaumittel, die erst nach einer Reihe von Fehlschlägen gelang. Schließlich ermöglichte nur die im Vergleich zum übrigen Kohlenbergbau frühzeitige Vollmechanisierung der Abbauverfahren des Zieglmeierschachtes die Weiterführung der Kohlegewinnung in größerer Teufe.

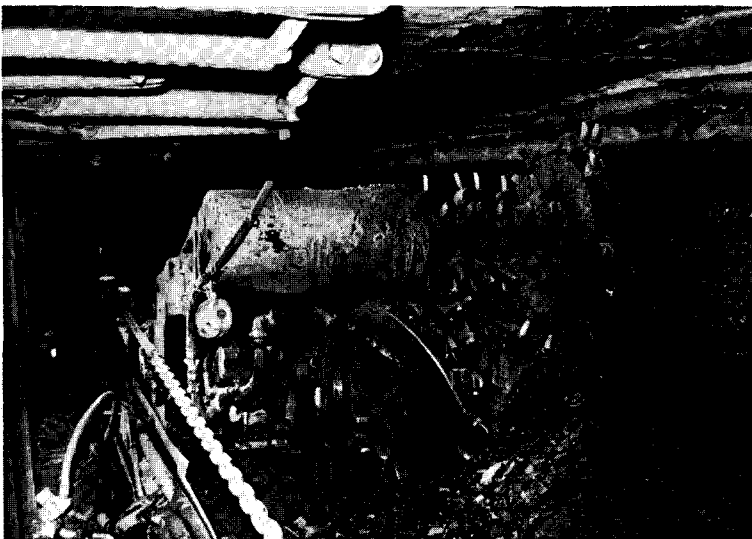


Abb. 8. Walzenschrämlader in dem etwa 2 m mächtigen Flöz 14.

So sind aus einem im Jahr 1969 angelaufenen Streb mit modernster Ausrüstung in 1200 m Teufe bei Temperaturen um 32° C täglich mehr als 1500 t Kohle gefördert worden. Zur Bedienung des Walzenschrämladers, des hydraulischen schreitenden Ausbaus, zur Auffahrung der Strecken und zur Bewältigung der anderen, mit der Kohlegewinnung im Abbaubereich zusammenhängenden Arbeiten wurden täglich 40 Mann benötigt. In früheren Stadien hätten vergleichsweise 300 Mann schwere körperliche Arbeit zur Erzielung einer gleich großen Fördermenge leisten müssen.

Ein bergbauspezifischer Gradmesser der Wirtschaftskraft eines Unternehmens ist die Angabe der auf den einzelnen Beschäftigten bezogenen Förderleistung je Schicht. Ihre Abhängigkeit von dem Arbeitsvermögen des einzelnen wurde im Laufe der letzten 100 Jahre zunehmend durch den Umfang des Maschineneinsatzes abgelöst.

Die Gegenüberstellung der beim Kohlenbergwerk Peißenberg erreichten Leistungszahlen, die jeweils bestimmten Abbauverfahren zuzuordnen sind, zeigt deutlich die enorme technische Leistungsentwicklung auf, die dieses Werk genommen hat.

Zeitraum	Vorherrschendes Abbauverfahren	Gesamtleistung in t Kohle je Mann und Schicht
1840—1860	Örterbau	0,4
1860—1930	Stoßbau	0,6
1930—1960	Strebbau mit Vollversatz	0,8
1960—1970	vollmechanisierter Strebbbruchbau	2,2

Mit einer Leistung von 2,2 t an verwertbarer geförderter Kohle pro Mann und Schicht stand Peißenberg dank seines hohen Mechanisierungsgrades in der Spitzengruppe der europäischen Kohlenbergwerke.

4. Ursachen der Stilllegung der Kohlenförderung

Mit dem Vordringen des Heizöls auf dem Energiemarkt trat seit Beginn der 60iger Jahre eine zunehmende Absatzverdrängung auch für das Kohlenbergwerk Peißenberg ein. Zunächst ermöglichte die in Verbindung mit der Leistungssteigerung stehende Kostensenkung neue Verwendungsbereiche für die Kohle in der Verstromung zu erschließen und trotz des Verlustes angestammter Kunden die Wirtschaftlichkeit sicherzustellen. Der etwa ab 1965 zunehmende Verdrängungswettbewerb des Heizöls, das damals bekanntlich zu extrem niedrigen Preisen angeboten wurde, führte schließlich zu einem rapiden Verfall des oberbayerischen Kohlemarktes. Der existenzsichernde Absatz des Kohlenbergwerks Peißenberg mußte deshalb in noch stärker ausgebauten neuen Verwendungsbereichen gefunden werden, also entweder der Verstromung oder der Vergasung. Nach eingehender Grundlagenforschung sind technische Großversuche zur Druckvergasung der Pechkohle vorgenommen worden. Obwohl die Kohle dabei hervorragende Vergasungseigenschaften nachwies, scheiterte die Realisierung letztlich an dem hohen Wärmepreisgefälle gegenüber den konkurrierenden Energieträgern Heizöl und Erdgas.

Damit fiel die Möglichkeit aus, den schwindenden Absatz auf dem allgemeinen Markt in ausreichendem Maße zu ersetzen, und die Zieglmeieranlage Peißenberg mußte als letzte der fünf oberbayerischen Gruben die Förderung einstellen.

Am 31. 3. 1971 ist der letzte Förderwagen gezogen worden. Bis zu diesem Zeitpunkt betrug die Gesamtmenge an abgebauter Kohle im Peißenberger Raum rd. 42 Mio t. Die ca. 1800 Belegschaftsmitglieder, die in Peißenberg von der Stilllegung betroffen waren, konnten dank einer von allen Beteiligten planvoll vorgenommenen Umstrukturierung nahezu reibungslos in andere Berufe überführt werden.

5. Literatur

- BAYERISCHES OBERBERGAMT: 100 Jahre Bayerisches Oberbergamt, 1869—1969. — 80 S., München 1969.
- BHS: Bayerische Berg-, Hütten- und Salzwerke AG 1927—1958. — 96 S., interner Bericht, München 1960. — [Maschinenschrift].
- Das Kohlenbergwerk Peißenberg und der südbayerische Wirtschaftsraum. — 8 S., interner Bericht, München 1960. — [Maschinenschrift].
- FICHTL, W.: Das Bayerische Oberbergamt und der Bayerische Bergbau. — Int. Ind.-Bibl., **146** (51), 48 S., 13 Abb., Basel (Bilon) 1960.
- GESELLSCHAFT ZUR AUFsuchUNG VON BODENSCHÄTZEN IN BAYERN MBH.: Bericht über die Aufsuchung von Mineralien und Wasser in Bayern von 1951 bis 1962. — 85 S., 17 Abb., München 1963.
- HEISSBAUER, H.: Der mannlose Streb in dünnen Flözen des Kohlenbergwerks Peißenberg. — Bergbauwiss., **5**, S. 258—263, 23 Abb., 1958.
- Die Gleisraupe, ein neuartiges Streckenfördermittel von vielseitiger Verwendbarkeit. — Glückauf, **94**, S. 945—951, 15 Abb., Essen 1958.

Manuskript bei der Redaktion eingegangen am 27. 1. 1975.

Die Gebirgsmechanik beim Abbau in großer Teufe des Kohlenbergwerks Peißenberg und ihre Auswirkungen auf die Bergtechnik

VON HEINRICH HEISSBAUER *)

Mit 13 Abbildungen

Bergwerk, Tiefe (ab 800 m), Druck, Verformung (plastisch), Stabilität, Tonmineral, Wasser, Stabilisation (Streckenausbau). — Alpenvorland (Peißenberg). — TK 25: 8232

Kurzfassung

Die Gebirgsmechanik verstärkte zwar im gesamten Kohlebergbau mit zunehmender Teufe der Bergwerke ihren Einfluß auf die Grubenbaue durch Druck, Spannung und Bewegung in wachsendem Maße; sie blieb jedoch ihrem Wesen nach Festkörpermechanik, die in den bisher erreichten Teufen von rd. 1200 m nach den Regeln der Baustatik bergtechnisch zu beherrschen war.

Eine Ausnahme bildete das Kohlenbergwerk Peißenberg, wo bereits nach 800 m Teufe ein schwerwiegender Wandel der Gebirgsmechanik eintrat:

Infolge der hier vorherrschenden, vergleichsweise wenig beständigen inneren Bindung der Gesteine durch Tonmineralien war von dieser kritischen Teufe ab die resultierende Dauerdruckfestigkeit des Gebirges geringer als der geostatische Druck, so daß plastische bzw. pseudoplastische Gebirgsmechanik mit den Wesensmerkmalen der Hydrostatik Platz griff.

Eine adäquate Bergtechnik hierfür mußte in den einschlägigen Teilbereichen erst entwickelt werden.

Der folgende Bericht gibt einen Überblick über die gebirgsmechanischen Probleme und ihre Bewältigung in den letzten 20 Betriebsjahren des Kohlenbergwerkes Peißenberg.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Allgemeine Gebirgsmechanik im Kohlebergbau	37
2. Spezielle Gebirgsmechanik im Lagerstättenbereich von Peißenberg	40
3. Die Aus- und Vorrichtung in großer Teufe	43
4. Der Abbau in großer Teufe	50
5. Schlußfolgerungen für die Grubenplanung in großer Teufe	52
6. Literaturhinweise	53

1. Allgemeine Gebirgsmechanik im Kohlebergbau

Der Kohlebergbau mit seinem breitflächigen, kilometerweiten Abbau der Kohlenflöze bringt großräumige Gesteinskomplexe aus dem Gleichgewicht, in dem sie unverritzten ruhen. Er ruft Spannungen, Bewegungen und Brüche hervor, die je nach den mechanischen Eigenschaften der einzelnen Gesteinsschichten und

*) Anschrift des Verfassers: HEINRICH HEISSBAUER, Bergwerksdirektor a. D., 8022 Grünwald, Hubertusstraße 40.

ihren Wechselwirkungen innerhalb des betroffenen Gebirgskörpers in Abhängigkeit von den sich ausbreitenden Grubenbauen komplexe und in ihren Ursachengefügen schwer durchschaubare Erscheinungsbilder bieten.

Diese Gebirgsmechanik hat ihrerseits, da sie sich um die Grubenbaue konzentriert, schwerwiegende Rückwirkungen auf die Bergtechnik, die Grubensicherheit und nicht zuletzt auf die Wirtschaftlichkeit des Bergbaus.

Trotz dieser längst bekannten Sachlage hat sich die Gebirgsmechanik bzw. Gebirgsdruckforschung erst seit etwa 25 Jahren als exakte Wissenschaft mit eigenen Instituten für Grundlagenforschung und Anwendungstechnik etabliert. Der Grund für dieses Nachhinken ist hauptsächlich in den meßtechnischen Schwierigkeiten und dem immensen technischen und finanziellen Aufwand zu sehen, den die quantitative physikalische Erfassung und Beobachtung eines schwer zugänglichen, kompliziert aufgebauten und noch komplizierter reagierenden Gebirgskörpers erfordert.

Auch heute ist es nur in örtlich stark beschränkten Teilbereichen möglich, aus Messungen zuverlässige quantitative Ausgangsdaten, beispielsweise für die optimale Gestaltung und Bemessung von Strecken- und Strebausbau oder von Querschnitten der Grubenbaue zu gewinnen. Bei den meisten Planungen aber, welche die Struktur und Entwicklung der Grubenbaue und das Funktionieren des Grubenbetriebes bestimmen, sieht sich der Bergmann, was den Einfluß der Gebirgsmechanik betrifft, auf Erfahrungen oder auf mehr oder minder fundierte Theorien angewiesen.

Grob gesehen, basieren alle diese Theorien auf folgenden drei gebirgsmechanischen Grundvorstellungen:

a) Die Kragplatten-Mechanik

Das Gebirge ist als ein durch Pressung und Reibung versteifter Verband von Gesteinsplatten unterschiedlicher Eigenschaften aufzufassen. Durch Grubenbaue werden in diesem Plattenverband überwiegend bankrechte Kräfte und Bewegungen ausgelöst. Die Last des Gebirges über den Grubenbauen wird von den sie überspannenden Gesteinsbänken in der statischen Form von aufgelegten bzw. eingespannten Balken und Platten und in der Form von Kragplatten oder aus Kragplatten gebildeten Scheingewölben getragen.

b) Die Gewölbe-Mechanik

Das Gebirge ist in erster Linie als ein durch Tektonik und Bergbau-Einwirkung zerklüfteter Verband von mehr oder minder unregelmäßigen, bausteinartig geordneten und geschichteten Gesteinstrümmern aufzufassen. In diesem Bausteinverband werden Grubenbaue dadurch aufrechterhalten, daß sich über ihnen aus den Bruchstücken tragfähige Gewölbe bilden, die den Zusatzdruck aufnehmen.

c) Die Plastizitäts-Mechanik

Das Gebirge ist infolge seiner mannigfachen Zerklüftung und der Einlagerung von plastischen Schichten im ganzen als eine plastische bzw. pseudo-

plastische Decke aufzufassen. Es verhält sich im großen gesehen wie eine zähe, knetbare Masse. Seine elementare Bausteinstruktur kommt nur örtlich und eng-räumig zum Tragen und erlaubt im Bereich der Grubenbaue nur eine zeitlich und räumlich begrenzte Bausteinstatik.

Es ist unbestritten, daß alle drei Theorien unter entsprechenden petrologischen Voraussetzungen Gültigkeit haben. Diese eindeutigen Voraussetzungen sind jedoch im Kohlebergbau kaum anzutreffen. Vielmehr treten die Merkmale der drei Varianten infolge des komplexen Gebirgsaufbaues in unterschiedlicher Mischung auf. Die Erfahrungen in Peißenberg beim Vordringen des Bergbaues in große Teufen haben gezeigt, daß die Entscheidung, ob sich das Gebirge wie ein Kragplatten-Verband, wie ein Gewölbe bildender Baustein-Verband oder wie eine plastische Masse verhält, nicht nur von den mechanischen Eigenschaften der Gesteine abhängt, sondern ebenso von der Teufenlage der Grubenbaue, die maßgebend ist für den Gebirgsdruck.

Die Wechselwirkungen dieser beiden Haupteinflussfaktoren und ihre bergtechnischen Auswirkungen können etwa folgendermaßen beschrieben werden.

In geringerer Teufe und bei festen, harten Gesteinsschichten sind Balken, Platten und Kragplatten stark genug, den durch die Grubenbaue ausgelösten Zusatzdruck aufzunehmen. Sie vermögen das infolge ihrer ausreichenden Biege- und Zugfestigkeit. Der Türstock, evtl. ergänzt durch Zuganker ist unter diesen Verhältnissen der richtige Ausbau.

In mittleren Teufen und in weniger festem Gestein, das die geforderte Biegebeanspruchung nicht mehr aufnimmt, kann der Zusatzdruck nur durch ein Gewölbe aufgefangen werden, das nicht die Biege-, sondern die sehr viel höhere Druckfestigkeit seiner Bausteine beansprucht und daher weit tragfähiger ist. Diese mittleren Teufen sind die Domäne des dem Gewölbe angepaßten Bogenausbaues in seinen verschiedenen Ausführungsformen.

In größeren Teufen kommt es schließlich bei jedem Gestein einmal soweit, daß der herrschende Überlagerungsdruck die Gesteinsdruckfestigkeit überschreitet. Unter solchen Verhältnissen wird jedes Gestein, dem durch einen Hohlraum Bewegungsfreiheit nach einer oder mehreren Richtungen hin geschaffen wird, allmählich so weit zerklüftet und zerbröckelt, daß es in den Hohlraum hinein ausweichen kann. Diese Bewegung erfolgt im wesentlichen konzentrisch mit dem riesenhaften Kräftepotential des geostatischen Druckes und kann nur durch kreisrunden Ausbau verzögert werden. — Der bestgeeignete Ausbau hierfür ist der Gleitringausbau mit möglichst hoher Tragkraft, der bei Überlastung unter voller Aufrechterhaltung seines Widerstandes den Radius verkleinernd in sich zusammengleiten kann, ohne wie der starre Ring dabei deformiert und schließlich zerstört zu werden.

Der Teufeneinfluß auf das Gebirgsverhalten wäre für sich allein ein ziemlich klar zu fassender Faktor, denn er hängt ab vom spezifischen Gewicht des Gesteins und dessen Festigkeitswerten. Kompliziert wird das Gebirgsverhalten erst dadurch, daß die Gebirgskörper, mit denen wir es im Bergbau zu tun haben, aus einer großen Anzahl von Gesteinsschichten unterschiedlichster Festigkeitswerte und Dicken aufgebaut sind, die sich hinsichtlich ihres Verhaltens in der Bewegung laufend gegenseitig beeinflussen.

Die vorher gekennzeichneten Zonen typischen Gebirgsverhaltens können daher leider nicht nach der Teufenlage allein bestimmt werden. Sie sind aber auch nicht als gemischte Funktionen der Festigkeit der jeweils maßgebenden Gesteinsschichten und der Teufenlage zusammen eindeutig festgelegt, denn eine harte Gesteinsschicht beispielsweise, die zwischen weichen Nachbarschichten eingelagert ist, verhält sich im ganzen, im Bruch und in der Bewegung anders als eine Gesteinsschicht gleicher Stärke, die zwischen harten Schichten eingelagert ist. — Auch Einfallen, Tektonik und Wasserführung beeinflussen und verwischen die Charakteristik.

Diese Vielfalt der bestimmenden Faktoren und ihre oft in weiten Grenzen wechselnde Einflußgröße lassen die für uns so nachteilige, gefährliche und kostspielige Unberechenbarkeit des Gebirges verständlich erscheinen.

Trotzdem hat die Erfahrung gezeigt, daß sich in jedem Bergbaubereich das Gebirge grob in drei Teufenzonen einteilen läßt. In einer oberen Zone verhält es sich vorwiegend nach der Platten-Vorstellung, in einer mittleren Zone nach der Gewölbe-Vorstellung und in einer unteren vorwiegend pseudoplastisch. Dabei muß der Vorbehalt gemacht werden, daß sich aufgrund besonderer Verhältnisse und der Bergbaueinwirkung selbst in jeder dieser Zonen die Kennzeichen der anderen als Nebenerscheinung oder örtlich begrenzt sogar dominierend einstellen können. Die absoluten Teufenmaße, die diese Zonen einnehmen, sind allerdings sehr unterschiedlich.

Auch das oberbayerische Kohlenrevier muß diesbezüglich in zwei Lagerstättentypen unterteilt werden:

Die beiden östlichen Gruben, Hausham und Marienstein, verhielten die Bausteinzone, die überwiegend aus massigen, festen Sandsteinschichten besteht und daher bis in die erreichten Teufen von ca. 900 m, ähnlich wie auch im Ruhrkarbon Kragplatten- und Gewölbe-Mechanik zeigte.

Die Lagerstätten von Penzberg und Peißenberg jedoch gehören den „Cyrenen-Schichten“ mit ihren weichen Schiefen und Mergeln an, die nur in größeren bankrechten Abständen von wenigen festen Sandsteinschichten eingebunden und im Hangenden neben den Promberger Schichten meist bis zur Tagesoberfläche von der plastischen Decke der Oberen Bunten Molasse überlagert sind. Hier trat der Übergang vom Bereich der Gewölbe-Mechanik auf den der Plastizität von 800—900 m Teufe an markant in Erscheinung. Penzberg hat diese Schwelle mit knapp 800 m Grubenteufe gerade erreicht.

Die Abbaue von Peißenberg aber standen bei der Stilllegung im Jahr 1971 1250 m unter der Tagesoberfläche und strebten in fallendem Verhieb dem Muldentiefsten bei 1400 m Teufe zu. Hier konnten erstmals im Kohlebergbau rund 20 Jahre lang Erfahrungen und Erkenntnisse über die Gebirgsmechanik im pseudoplastischen Teufenbereich gesammelt und bergtechnisch verarbeitet werden, die auch andernorts dem Bergbau von Nutzen sein dürften.

2. Die spezielle Gebirgsmechanik im Lagerstättenbereich von Peißenberg

Auf den oberen Sohlen hielt sich in Peißenberg das Gebirge durchaus an die auch im Ruhrkarbon auf breiter Front erprobten, gebirgsmechanischen

Regeln. Es bestand auch zunächst kein Grund, bedeutendere Abweichungen zu befürchten, denn die für die Gebirgsmechanik als bestimmend geltenden Festigkeitswerte der Gesteinsschichten, wie beispielsweise Druckfestigkeit und Shore-Härte stimmten im wesentlichen überein. Man konnte sich also auch hinsichtlich der Methoden und Hilfsmittel des Abbaues sowie der Gestaltung und Führung der Grubenbaue ganz an die bewährten Vorbilder halten.

Als jedoch etwa ab 1950 erst die Abhauen, dann die Strecken, Querschläge, Überhauen, Schächte und schließlich die Abbaue selbst in wenigen Jahren bis in 1000 m Teufe vordrangen, traten überall rasch zunehmend so erhebliche Gebirgsdrücke und -bewegungen auf, daß sie mit den bisherigen Mitteln nicht mehr bewältigt werden konnten. Als Beispiele hierfür zeigen die Abbildungen 1 und 2 wie in zwei, nach herkömmlichen Gesichtspunkten gut ausgebauten



Abb. 1. Bankig aufgeschobene Streckensohle in 900 m Teufe (Gleitbogenausbau).

Strecken in rd. 900 m Teufe das Sohlengestein schon kurz hinter der Ortsbrust ohne von Wasser aufgeweicht zu sein, teils bankig, teils zu pseudoplastischer Masse zermahlen, in den unten nicht abgeschirmten Streckenquerschnitt hineingeschoben wurde. Damit wurde ein konzentrischer Druck- und Bewegungsvorgang eingeleitet, der in kurzer Zeit auch den Stahlausbau deformierte und die Strecken zusammendrückte. Verschiedentlich erfolgten ähnliche Gesteinsbewegungen und Querschnittsbeugungen auch explosionsartig mit großer Vehemenz, so daß nicht nur der Arbeits- und Kostenaufwand für Unterhaltung und Instandsetzung der Grubenbaue sprunghaft anstieg, sondern auch die Grubensicherheit gefährdet war.

Diese Entwicklung zwang dazu, den offensichtlichen Veränderungen in der Gebirgsmechanik auf den Grund zu gehen. Den Schlüssel zu ihrem Verständnis lieferte der folgende, im Rückblick geradezu simpel anmutende Versuch:

Aus allen gebirgsmechanisch repräsentativen und wichtigen Schichten des Ruhrkarbons und der Peißenberger „Cyrenen-Schichten“ wurden ca. 1 dm³ große Gesteinsbrocken gehauen und zunächst mechanisch untersucht. Ihre Härte lag generell im Bereich zwischen 50—120 Shore, und zwar die der Karbon-

proben mit dem Schwergewicht etwas über dem Durchschnitt, die der „Cyrenen-Schichten“ etwas darunter. Im ganzen hätten also nach dieser und ergänzenden Prüfmethode die Voraussetzungen für ein äquivalentes gebirgsmechanisches Verhalten vorgelegen.

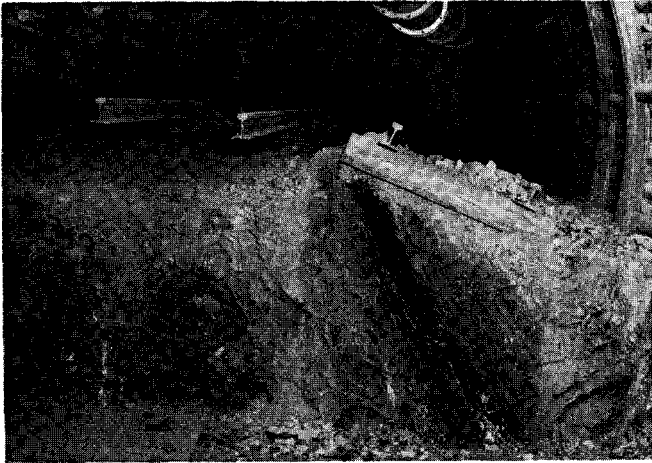


Abb. 2. Aufgeschobene Streckensohle in pseudo-plastischem Zustand.

Dann wurden diese Proben zur vergleichenden Beobachtung in normales Grubenwasser aus dem Hauptsumpf der Peißenberger Wasserhaltung gelegt. Während die Karbonproben nach mehreren Tagen mit unbedeutenden Ausnahmen keine sichtbaren Veränderungen zeigten, zerfielen die Peißenberger Proben zum großen Teil schon nach wenigen Stunden zu Schlamm, Sand, rolligem Granulat oder blättern, soweit sie Sand-, Kalk- oder Stinkstein-Zwischenlagen enthielten, fein bis grob auf. Nur die wenigen festen Sandsteine und einige sandige, sehr harte Mergel hielten dem Wasser stand.

Weitere Analysen und mikroskopische Untersuchungen brachten schließlich die erforderliche Klarheit in den aufgedeckten Sachverhalt:

Der für die Festigkeit der Gesteinsschichten maßgebende wirksame Kraftschluß zwischen den Gesteinskörnern erfolgt bei den Karbongesteinen vorwiegend über Brücken bzw. Gerüste aus Kieselsäure oder gleichwertigen, wasserresistenten Mineralien.

In den „Cyrenen-Schichten“ und der Oberen und Unteren Bunten Molasse dagegen dominiert vor der Karbonat- und Silikat-Bindung der Kraftschluß durch Ton-Mineralien, deren Festigkeit und Volumen je nach Wassergehalt enorm schwankt. Bei geringem Wassergehalt reicht die Festigkeit bei mäßiger Beanspruchung scheinbar an die SiO_2 -Bindung heran, mit steigendem Wassergehalt nimmt sie rapide ab und verwandelt die ursprünglichen Bindemittel sogar in Schmier- und Treibmittel.

Aber auch die relativ hohe Festigkeit im Trockenzustand ist trügerisch und besteht nur gegenüber mäßiger und kurzzeitiger Belastung. Bei langfristig einwirkender, starker Belastung erweist sie sich gemäß den bekannten Eigenschaften des Tons als mehr oder minder nachgiebig und vermag so auch schein-

bar festen Gesteinen in gewissen Grenzen echte Plastizität zu verleihen. Mit diesem Ergebnis stand fest, daß der Bergbau in Peißenberg endgültig in die „große Teufe“, d. h. in den Bereich vorwiegend plastischer Gebirgsmechanik vorgedrungen war und sich mit seiner weiteren Entwicklung und Methodik unverzüglich darauf einzustellen hatte, wenn es nicht sicherheitlich und wirtschaftlich mit ihm bergab gehen sollte.

Da eine ausgereifte und erprobte Bergtechnik für diesen Fall noch nicht zur Verfügung stand, war es notwendig, diese an Ort und Stelle selbst zu entwickeln. Dabei kam sehr zustatten, daß einschlägige Institute der Hochschulen, des Steinkohlenbergbau-Vereins und mehrere Firmen an den Problemlösungen interessiert waren und uns in Theorie und Praxis wirkungsvoll unterstützten.

3. Die Aus- und Vorrichtung in großer Teufe

Das vordringlichste Problem war, die Aus- und Vorrichtung den neuen Erschwernissen anzupassen, denn

a) sie eilt dem Abbaubetrieb räumlich und zeitlich weit ins unverritzte Feld voraus und steckt den Rahmen für ihn endgültig ab.

b) sie wird dann beim Nachfolgen des Abbaus meist mehrfach von den ihn begleitenden Wellen des Zusatzdruckes und der Gebirgsbewegungen überwalzt und muß gleichzeitig, trotz der dabei unvermeidlichen Schäden und Querschnittsverluste, ihre Funktion besonders gut erfüllen.

c) sie muß schließlich nach Durchzug des Abbaus noch jahrelang, meist jahrzehntelang für Förderung, Fahrweg und Wetterführung offengehalten werden.

Als erste Maßnahme wurde in allen Strecken und Querschlägen anstelle des unzureichenden Gleitbogenausbaus kreisrunder Gleitringausbau eingesetzt, der nun auch die aus der Sohle wirkenden Schubkräfte aufnehmen und als Druckkräfte auf seinen Umfang verteilen konnte. Gleichzeitig wurden in geeigneten Abschnitten dieser Ringstrecken Meßstellen für Druck- und Bewegungsmessungen eingerichtet mit dem Ziele, über den ganzen Verlauf der Streckenbelastung hinweg exakte Daten und Gesichtspunkte zu gewinnen für die optimale Bemessung, Gestaltung und Führung der Strecken und ihres Ausbaues in Zukunft.

Die Meßstellen waren so angelegt und ausgestattet, daß alle zwischen Ringausbau und Gebirge wirkenden Kräfte über hydraulische Druckmeßdosens, alle relativen Bewegungen zwischen Gebirge und Ausbau durch vermarkte Vergleichspunkte, alle absoluten Bewegungen durch optische Vermessung von Festpunkten aus und die Bewegungen innerhalb des Gesteinsmantels der Strecken bis zu 2,5 m Tiefe durch Markierungsanker in radialen Bohrungen laufend gemessen und in ihrem Verlauf in Weg-Zeit-Last-Diagrammen festgehalten wurden.

Mit dem gleichen Ziele wurde auch die Lage der Strecken innerhalb des Schichtengefüges und insbesondere zu den Kohlenflözen versuchsweise variiert.

Über die wichtigsten Abschnitte dieser Messungen und Versuche habe ich bereits 1962 und 1964 berichtet, so daß hier nur wesentliche Erkenntnisse und Folgerungen zusammenzufassen sind.

Am wenigsten problematisch waren die reinen Gesteinsstrecken und Querschläge der Ausrichtung und auch Flözstrecken und diese verbindenden Über- und Abhauen, soweit sie in Sicherheitspfeilern verliefen, in denen die Kohlenflöze nicht abgebaut wurden. Hier war mit Sicherheit der kreisrunde Querschnitt mit Gleitringausbau das Optimum. Der Gleitring selbst wurde weiterentwickelt und bald in seiner Tragkraft und Funktion erheblich verbessert. Insbesondere verbesserte Gleitringverbindungen bewirkten, daß die Ringe nur bei Erreichen der vorgesehenen Höchstlast nachgaben und dabei durch hohen Gleitwiderstand den Querschnittsverlust so klein wie möglich hielten.

Es wurde auch eine hydraulische Spannvorrichtung entwickelt, die, an den Gleitverbindungen angesetzt, die Ringe mit hoher Vorspannung gegen das Gebirge drückte. Dadurch wurde die beim Ausschießen des Streckenquerschnittes erfolgte Entspannung des Gesteins im Streckenmantel wieder rückgängig gemacht und so zusätzliche Tragkraft im Gestein selbst mobilisiert.

Allerdings mußten die Strecken-Vortriebsarbeiten selbst dem veränderten Gebirgsverhalten angepaßt werden. Es zeigte sich nämlich, daß das Gestein an der Ortsbrust auch bei weit ins unverritzte Feld vorgesetzten Strecken eine Art „Stoßgang“ aufwies, wie wir ihn so ausgeprägt nur im Abbau als Gang der Kohle kannten. In Abbildung 3 ist deutlich zu sehen, daß der Gesteinsstoß gar

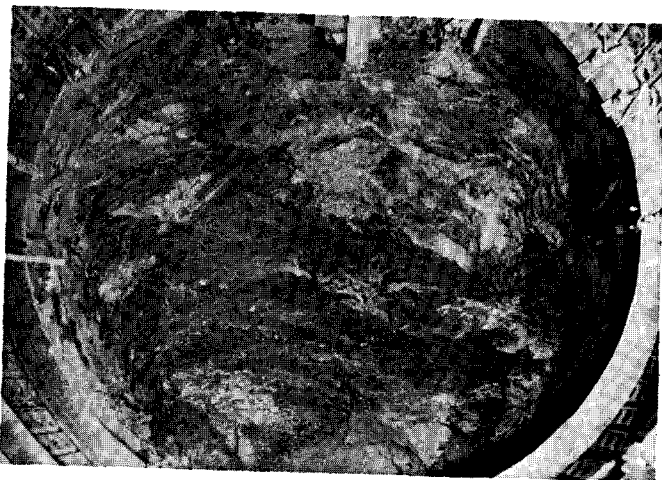


Abb. 3. Spannungsbruchstrukturen an der Ortsbrust.

nicht mehr seine eigentliche Schichtstruktur zeigt, sondern eine durch konzentrischen Druck hervorgerufene Spannungsbruchstruktur. Ohne Rücksicht auf Bankung und Schichtung bildet sich durch Abplatzen von flachen Schalen eine Kalotte über dem letzten Ausbauring, die sich sehr rasch nach allen Seiten hin ausweitet, wenn dies nicht durch rasches Einbringen des nächsten Ausbau-rings verhindert wird. Es kommt also darauf an, so schonend und sparsam wie möglich zu schießen und das Haufwerk mit großer Eile wegzuladen, um den nächsten Ausbauring einbauen zu können, bis die sich laufend erweiternde

Kalotte eben den Querschnitt dafür erreicht hat. Das selbsttätige Abplatzen ging so weit, daß nur etwa $\frac{1}{3}$ des Haufwerks für einen Abschlag hereingeschossen werden durfte. Während der Ausbauarbeit mußte das Gebirge wie ein rohes Ei behandelt werden, denn es bestand immer Gefahr, daß die im Kalottenmantel angesammelten Spannungen sich mit explosionsartigem Bruch lösten.

Fast alle diese Schwierigkeiten wären weggefallen, wenn es gelungen wäre, die Strecken ohne Schießarbeit maschinell kreisrund mit glattem Umfang auszuschrämen. Auch die Entwicklung solcher Strecken-Auffahrungsmaschinen wurde betrieben, führte aber nicht mehr zu einem brauchbaren Ergebnis. Trotzdem galt das Problem der Gesteinstrecken als ausreichend gelöst, auch im Hinblick auf die Endteufe von 1400 m.

Wesentlich schwieriger war die Lage in den Abbaustrecken und besonders in den Abbaugrundstrecken. Sie verlaufen notwendigerweise genau in der Zone zwischen dem Absenkungsgebiet der Abbaue und dem unverritzten Gebirge, in der sich zwangsläufig ein mächtiger Zusatzdruck konzentriert. Sie müssen mit Rücksicht auf eine reibungslose Streckenförderung dem Abbau mindestens 100 m voraus sein und geraten laufend kurz hinter ihrem Feldort in dessen vorausseilende Druckwelle, ehe die Hangendabsenkung des Abbaues selbst aufgefangen werden muß. Hinter dem Abbau brauchen sie noch Querschnitt und Standfestigkeit zur Förderung und Wetterführung auf Jahre hinaus.

Auch in diesen Grundstrecken wurde zunächst der kreisrunde Querschnitt mit Gleitring gewählt, weil sich an ihm asymmetrische Belastungen und Bewegungen aus verschiedener Richtung am besten beobachten und messen lassen. Tatsächlich erbrachten die Messungen schon bald die Grundlagen für wirkungsvolle Verbesserungen. Sie zeigten, daß der ursprünglich konzentrische Druck schon etwa 120 m vor der sich nähernden Abbaufont zwei rasch wachsende

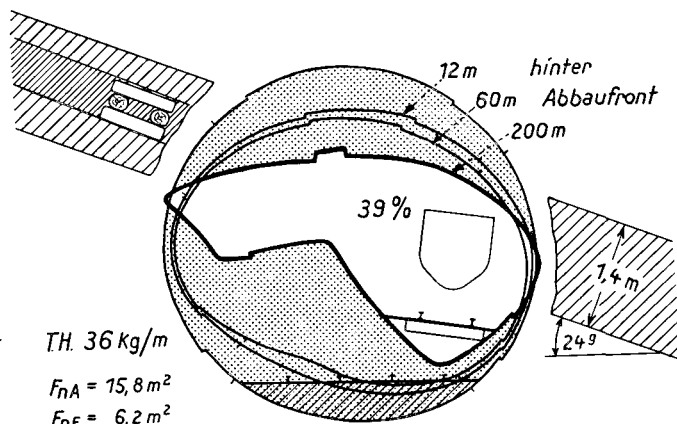


Abb. 4. Verformungsstufen von kreisrundem Gleitringausbau in einer Abbaustrecke.

Zusatzkomponenten entwickelte, die beim Einfallen von etwa 25° zwischen der Bankrechten und Lotrechten verliefen mit einer deutlichen Tendenz zur Lotrechten hin.

Dieser Zusatzdruck leitet die Deformation der Kreisringe zu flachen Ellipsen ein, die dann der gleichgerichteten Konvergenz beim Abbaudurchgang einen immer schwächer werdenden Widerstand entgegensetzen. Abbildung 4 zeigt, wie schnell dies zu einem Querschnittsverlust führt, der schon 200 m hinter der Abbaufont eine totale Streckenerneuerung durch Nachriß erfordert. Bild 5 läßt erkennen, welchen Aufwand dieses Unterfangen bedeutet angesichts des Eisensalates, vor allem an der Streckensohle.

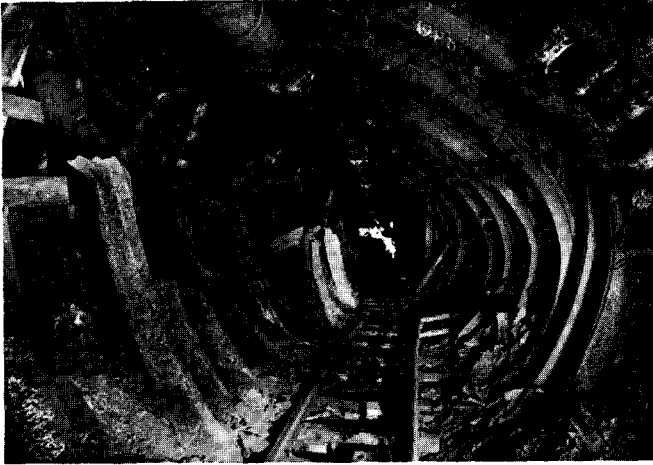


Abb. 5. Verformte Abbau-
strecke mit Gleitring 200 m
hinter dem Abbau.

Die Meßergebnisse und Beobachtungen ließen darauf schließen, daß elliptische Gleitringe mit den Achslängen $4\text{ m} \times 4,80\text{ m}$ mit der Längsachse 10° von der Lotrechten zum Einfallen hin geneigt den Anforderungen gewachsen sein müßten.

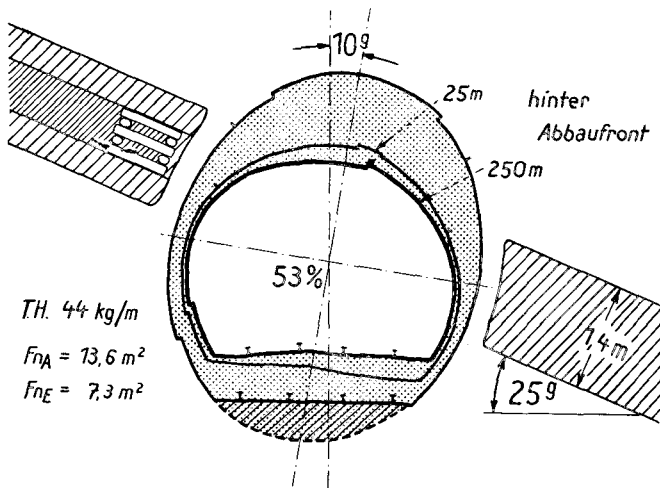


Abb. 6. Verformungsstufen
von elliptischem Ausbau
in einer Abbaugrundstrecke.

Die Durchführung dieser Maßnahmen brachte einen vollen Erfolg: Gebirgsmechanik und Ausbaufunktion wirkten während der kritischen Phasen so zusammen, daß 250 m hinter dem Abbau, wo die großen Bewegungen abgeklungen

waren und der Druck wieder gleichmäßig konzentrisch wirkte, der dafür optimale Kreisquerschnitt mit lediglich intaktem Ausbau erzielt war. Die Abbildungen 6 mit 8 dokumentieren diesen Vorgang.

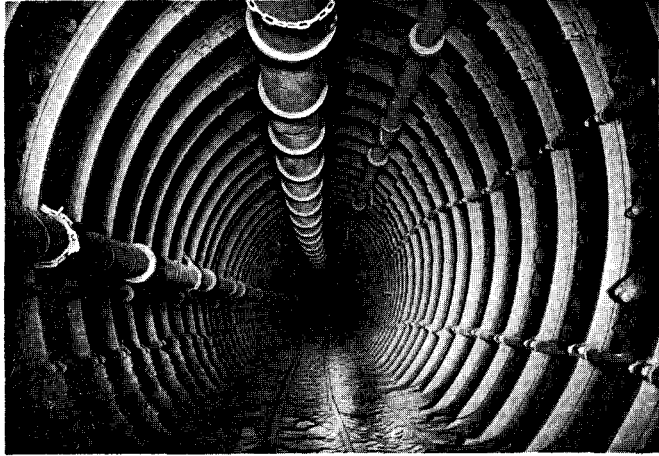


Abb. 7. Elliptischer Ausbau in einer Abbaugrundstrecke vor dem Abbau.

Was nun die Lage der Strecken zum abzubauenen Flöz betrifft, so hat die diesbezügliche Versuchsserie ergeben, daß ganz im Liegenden stehende Strecken selbst bei kreisrundem und von vornherein vermindertem Querschnitt viel weniger Querschnittsverlust unter der Abbauwirkung erleiden und danach ebenso stabil sind wie die vorerwähnten Ellipsenstrecken im Flöz. Leider hatte jedoch die Trennung der Strecken vom Abbau durch eine Gesteinsschwebe einen solchen zusätzlichen bergtechnischen Aufwand für Förderung und Bewetterung zur Folge, daß die Vorteile mehr als aufgezehrt wurden. Trotzdem verdient auch dieses Ergebnis festgehalten zu werden, denn wenn es im Zuge der bergtechnischen Weiterentwicklung gelingt, die Gesteinsstrecken ohne Schießarbeit maschinell auszuschrämen und am Abbaufuß im Flöz eine flache 50—100 m lange Blindstrecke mit schreitendem Ausbau zur mechanischen Zwischenförderung mitzuführen, dürfte die erst hinter dem Abbau aufgefahrne Kreisring-

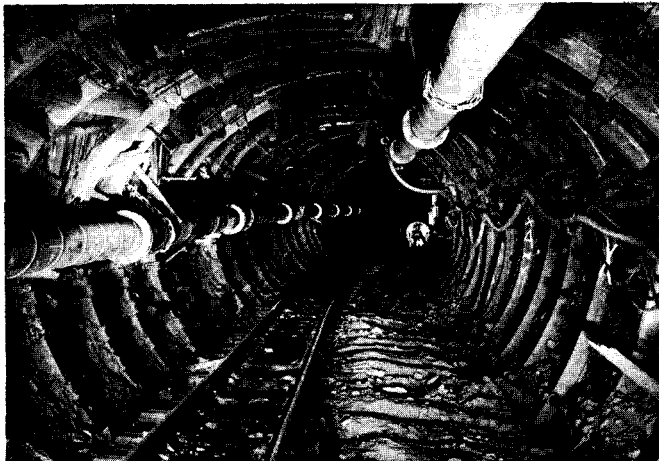


Abb. 8. Strecke der Abb. 7, jedoch 200 m hinter dem Abbau.

strecke im Liegenden die zuverlässigste und wirtschaftlichste Lösung darstellen, die auch die Gebirgsmechanik in noch viel größeren Teufen aushält.

Ein besonderes Problem in der Aus- und Vorrichtung der großen Teufe stellen die für jede Sohle lebensnotwendigen Großräume, wie Füllörter, Rangierbahnhöfe, Sümpfe, Pumpenräume, Maschinenkammern, Werkstätten und die ähnlich zu bewertenden Streckenverzweigungen dar. Sie erfordern das Mehrfache an Querschnitt wie die bisher besprochenen Förder- und Wetterwege und haben daher auch ein Mehrfaches an Druckbelastung aufzunehmen. Man hatte sie deshalb bisher gerne in die Sicherheitspfeiler der Schächte und Hauptquerschlagsabteilungen oder wenigstens in besonders feste Gesteine verlegt, wo man mit stabilen Gewölben rechnen konnte. Dort hat man sie dann praktisch nach den Regeln der allgemeinen Baustatik gestaltet und ausgebaut. Vor allem die weitflächigen, unverbauten Sohlen erwiesen sich schon in knapp 800 m Teufe als besondere Schwachstellen, von denen eine rasche Zerstörung ihren Ausgang nahm.

Für alle Großräume und Streckenverzweigungen wurden daher neue Formen und Ausbaumethoden entwickelt, die den Erfordernissen der pseudoplastischen Gebirgsmechanik gerecht wurden, indem sie nach keiner Richtung mehr Schwachstellen aufwiesen. Die Abbildungen 9 bis 13 zeigen hierfür einige typische Beispiele.

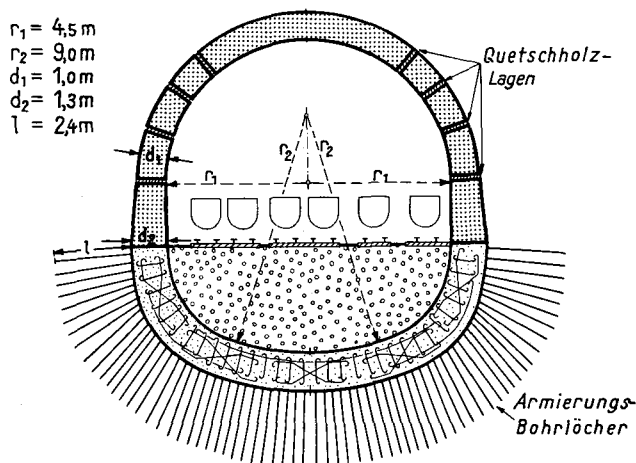


Abb. 9. Querschnitt durch das Füllort der 1000-m-Sohle.

Beim Füllort der 1000-m-Sohle (Abb. 9—10) wurde die Sohle von einer Eisenbetonschale gebildet, die der Länge nach in 4 m lange, gegeneinander bewegliche Abschnitte gegliedert war. Das Obergewölbe bestand aus Hartbrand-Mauerwerk, das in ebenfalls 4 m lange und unterschiedlich hohe Blöcke eingeteilt ist. Innerhalb des Mauerverbandes sind diese Blöcke nach allen Seiten hin zur Schonung und Lastverteilung von Holzquetschlagen umgeben. Die Firste wurden durch eine Hartmauerschale gebildet. Die Gefahr des Zerdrücktwerdens, die der großen Sohlenschale wegen ihrer weitgehenden Starrheit droht, wird dadurch gemindert, daß in ihrem ganzen Bereich der sie umgebende Gesteinsmantel auf eine Tiefe von 2,5 m durch Eisenbetonanker in großer Dichte armiert ist. Die unsymmetrische Rundung des Füllorts war notwendig, um in

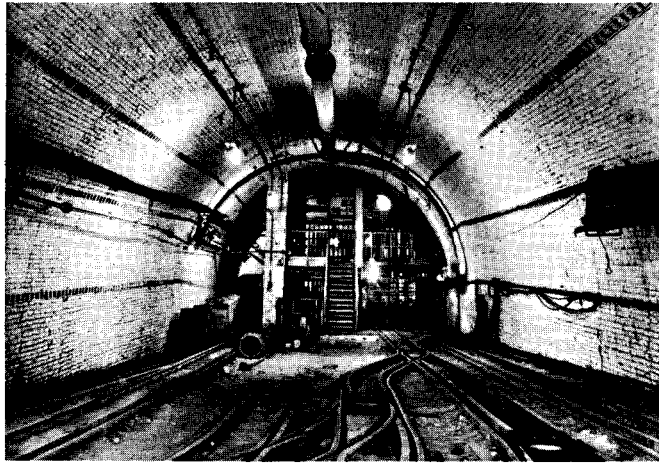


Abb. 10. Füllort der 1000-m-Sohle nach 10 Jahren Standzeit.

der Sohlenschale alle Funktionsgruben und Fundamente für die Füllortzurüstung einzuschließen. Das Füllort hat trotz starken Gebirgsdruckes seine Form und Standfestigkeit etwa 18 Jahre lang bis zur Stilllegung des Bergwerks erhalten.

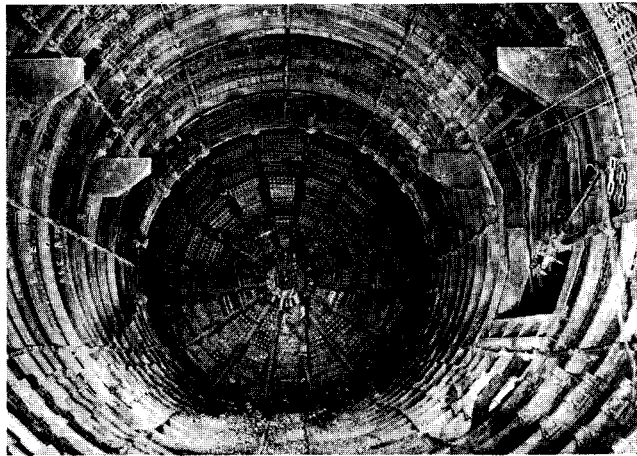


Abb. 11. Werkstatthalle mit Abschluß durch liegende Kuppel.

Abbildung 11 zeigt das Kopfende einer Werkstatthalle von 6,5 m Durchmesser mit Gleitringausbau und Kranbahnkonsolen im Rohbau. Es wird durch eine liegende Gleitbogenkuppel abgeschlossen.

Abbildung 12 zeigt das Übergangsstück zwischen normalem Streckenprofil und Großraum, das aus axial eingespannten Gleitbogensegmenten besteht.

Abbildung 13 schließlich gibt die Abzweigung einer Förderstrecke zum Hauptquerschlag der 1000-m-Sohle wieder, die aus stählernen Trägern und Hohlblockpfeilern so konstruiert ist, daß beide Grubenbaue mit ihrem vollen Kreisquerschnitt, aber ohne Querschnittserweiterung ineinander münden.

Alle diese Konstruktionen zielten neben der allseitigen Stützkraft auf einen lastsparenden, möglichst geringen Querschnitt ab. Der radiale Raumverlust wurde durch entsprechende Verlängerung der Orte wieder ausgeglichen. Wichtig

für den Erfolg ist auch, diese Großräume nicht wie meist üblich parallel zueinander oder zu Strecken und Querschlägen aufzufahren, sondern recht- oder schiefwinklig, damit sich ihre Zusatzdruckzonen nicht mehr als unvermeidbar überlagern und damit die Druckkräfte summieren können.

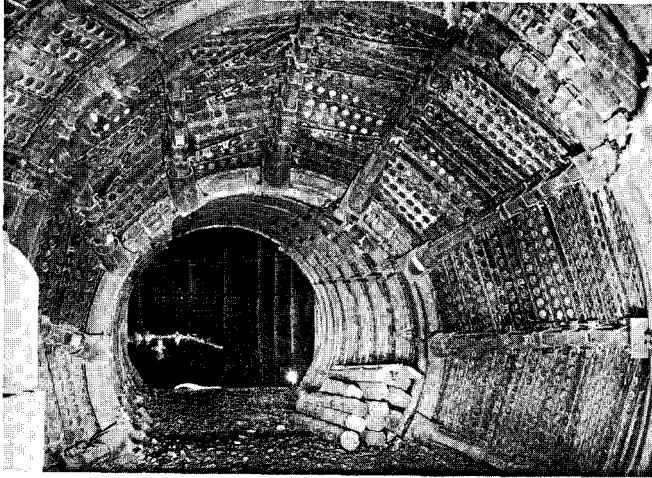


Abb. 12. Übergang von einer Strecke in einen Großraum mit axialen Gleitsegmenten.

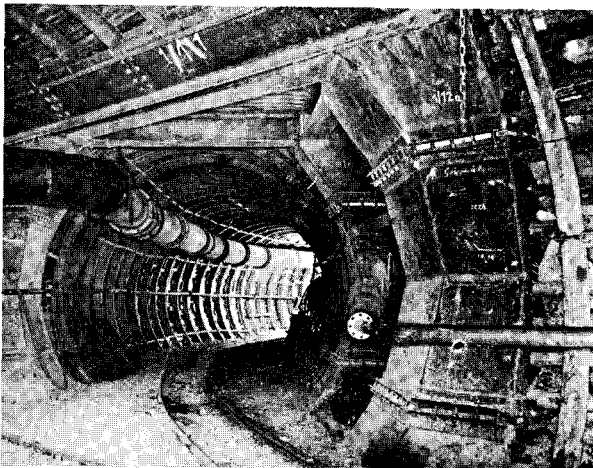


Abb. 13. Streckenabzweig auf der 1000-m-Sohle.

4. Der Abbau in großer Teufe

Was nun den Abbau selbst betrifft, so mag es zunächst erstaunlich klingen, daß er von den Tücken der Gebirgsmechanik in großer Teufe viel weniger betroffen wird als die Grubenbaue, die seiner Vorbereitung und seiner Versorgung dienen.

Dies liegt daran, daß sich auch in geringer Teufe über einer mehrere hundert Meter breiten Abbaufont, die sich täglich mindestens 1 m, meist mehrere Meter vorwärts bewegt, keine stabilen Gewölbe oder Kragplatten-Dächer halten

können. Der Stützpfeiler, der sie tragen könnte, nämlich das noch anstehende Kohlenflöz, wird vom Abbau permanent in breiter Front herausgesägt. Das hangende Gebirge stolpert darüber gewissermaßen von einem Versuch in den anderen, durch Gewölbe oder gleichwertige statische Gebilde Stabilität in dieser Bewegung zu gewinnen, bis es schließlich etwa 100 m hinter der Front als abgesenkte Decke auf dem Liegenden des ausgekohlten Flözes zur Ruhe kommt.

Dieses Wechselspiel zwischen Zusatzdruck, Spannungsansammlung, Bruch und Bewegung über dem Abbauraum führt zu jenen aus betrieblichen wie sicherheitlichen Gründen so mißlichen, meist periodischen Schwankungen im Gang der Kohle und im Hangendverhalten und gelegentlich auch, wenn die Spannungen nicht rechtzeitig gelöst werden, zu den gefürchteten Gebirgsschlägen.

In der großen Teufe, wo im Durchschnitt der Überlagerungsdruck größer ist als die Druckfestigkeit der Gesteinsschichten, ist das Gebirge schon vor der herannahenden Abbaufont im Zustand einer pseudoplastischen Decke und daher nicht mehr in der Lage, gefährliche Spannungen örtlich über dem Abbauraum zu akkumulieren. In ähnlichem Zustand ist das Liegende. Beide Decken „fließen“ hinter dem Abbaustoß entsprechend ihrer zähen, tragen und plastischen Konsistenz mit einer gewissen Verzögerung bis zum endgültigen Kraftschluß zusammen. Diese Verzögerung ist es, die unmittelbar hinter dem Kohlenstoß einen offenen, langsam konvergierenden Raum schafft, der bei einem täglichen Abbaufortschritt von mindestens 1,5 m ausreicht, um die mitwandernden Gewinnungs-, Förder- und Ausbaueinrichtungen aufzunehmen.

Die im Vergleich zum Kragplatten- und Gewölbebereich starke Konvergenz begünstigt Steinfall und Bruch, besonders aus den unmittelbar freigelegten Hangendschichten und erfordert guten Ausbau. Der bekannte, selbstschreitende, hydraulische Strebaustrau mit seinem genau definierten, gleichmäßigen Einsinkwiderstand erwies sich als dafür gut geeignet. Hinter dem Ausbaufeld brach dann das zerstückelte Hangende herein. Bei einer Flözmächtigkeit von 1 m brach es sich nach Maßgabe des Schüttungskoeffizienten in 1—3 m Höhe tot und bildete ein wirksames Polster von wachsendem Widerstand gegen die Konvergenz.

Das spröde Kohlenflöz gehört selbst auch der pseudoplastischen Masse an. Es wird im Bereich der vorausseilenden Druckwelle überlastet und vorgebrochen. So in seiner Tragkraft geschwächt, weicht es unter der Wirkung der einsetzenden Strebkonvergenz in den Abbauraum hinein aus. Dieser „Stoßgang“ ermöglichte in der großen Teufe Peißenbergs die schälende Kohलगewinnung mittels Hobel auch in harten Flözen, die ohne die gebirgsmechanische Vorzerkleinerung nur schneidend mittels der technisch viel aufwendigeren Walzenschrämlader gewinnbar gewesen wären.

Als man in der letzten Betriebsphase von der 1200-m-Sohle aus die Abbaurichtung um 90° schwenkte und von dem bisher angewendeten streichenden Verhieb zum fallenden Verhieb überging, wurde der Stoßgang erheblich schlechter, so daß im Interesse befriedigender Gewinnungsleistung doch wieder Walzenschrämlader eingesetzt werden mußten. Ob diese Veränderung nur eine Anlauferscheinung oder aber durch die Lage der tektonischen Kluftsysteme zur

neuen Vertriebsrichtung ein Dauerzustand war, konnte in der kurzen Zeit bis zur Stilllegung der Grube nicht mehr ergründet werden.

Abgesehen von diesem Vorbehalt kann jedoch gesagt werden, daß der Abbau in großer Teufe von der pseudoplastischen Gebirgsmechanik mehr Vorteile als Nachteile hatte, zumal auch die Wasserzuflüsse infolge des geringeren Kluft- und Porenvolumens der Gesteine erheblich geringer waren als auf den höheren Sohlen.

5. Schlußfolgerungen für die Grubenplanung in großer Teufe

Die pseudoplastische Gebirgsmechanik hat die für die Grubenplanung maßgebenden Gesichtspunkte erheblich verändert.

Nach herkömmlicher Auffassung und Erfahrung war es richtig, Fördersohlen jeweils für eine Standdauer von mehreren Jahrzehnten anzulegen. Voraussetzung für eine so lange Nutzungsdauer war, daß die gesamte Ausrichtung mit allen Versorgungsanlagen und auch die Richtstrecken und Abteilungsquerschläge außerhalb der Abbaueinwirkung gehalten wurden. Man erreichte dies teils durch Gesteinsauffahrung im Liegenden oder Hangenden des flözführenden Gebirges, teils durch Aussparung umfangreicher Sicherheitspfeiler vom Kohlenabbau.

Wir haben gesehen, daß in der großen Teufe weder Sicherheitspfeiler noch unverritztes Gestein eine Gewähr für so lange Standzeiten bieten, wenn nicht ein ungewöhnlich hoher Aufwand für die Sicherung in Kauf genommen werden soll.

Die tiefen Sohlen werden also zweckmäßig so angelegt, daß nur ihre Hauptquerschläge und die unverzichtbaren Großräume für die zentrale Versorgung auf so lange Zeit stehen müssen. Alle übrigen Hauptförder- und Wetterwege werden in die Flöze verlegt und dienen gleichzeitig als Abbaustrecken. Sie werden möglichst unmittelbar nach Beendigung des Abbaus des zugehörigen Flözes abgeworfen und durch die inzwischen im nächsten Flöz neu aufgefahrene Strecken ersetzt.

In Peißenberg wurde durch diese bewegliche Sohlengestaltung und die dadurch erzielten Einsparungen an Auffahrungs- und Unterhaltungsarbeiten erreicht, daß die Gesamtkosten für die Streckenauffahrung und -Unterhaltung in der großen Teufe absolut und pro t geförderter Kohle geringer waren als auf den oberen Sohlen. Auch auf den Betriebsablauf selbst wirkte diese Sohlengestaltung rationalisierend, denn ihr Wesen besteht neben der Beweglichkeit in einer optimalen Konzentration aller Grubenfunktionen auf ein geschlossenes Abbaufeld.

Es wäre jedoch ein Trugschluß, diese Rationalisierung allein dem Einfluß der großen Teufe zuzuschreiben. Sie lag etwa in der Richtung der ohnehin angestrebten Entwicklung und wurde durch die besonderen Verhältnisse in Peißenberg nur beschleunigt und präzisiert. Unter den Bedingungen der Gebölbemechanik mit sehr viel sparsamerem Aufwand durchgeführt, bringt sie selbstverständlich auch einen sehr viel höheren Nutzeffekt.

Zudem muß bedacht werden, daß die veränderte Gebirgsmechanik nicht das einzige Problem der großen Teufe ist. Nicht weniger wichtig und schwierig ist die Bewältigung des Problemkreises der Bewetterung, der Beherrschung der steigenden Temperaturen und der Schaffung befriedigender und auf dem Arbeitsmarkt noch attraktiver Arbeitsbedingungen.

Die Erfahrungen in Peißenberg zeigen also, daß das Vordringen eines Bergwerks in den Bereich der großen Teufe mit pseudoplastischer Gebirgsmechanik existenzbedrohend werden kann, wenn dieser schwerwiegende Wandel nicht rechtzeitig erkannt und bergmännisch wie finanziell vorausgeplant wird.

Literaturhinweise

- HEISSBAUER, H.: Verbesserung der Standfestigkeit von Abbaustrecken durch Ergebnisauswertung von Ausbauwiderstands- und Bewegungsmessungen auf dem Kohlenbergwerk Peißenberg. — Bergbauwiss., 9 (15/16), S. 352—355, Goslar 1962.
- Druckhafte Strecken in großen Teufen. — Schlägel u. Eisen, 1964 (2), S. 96—106, Düsseldorf 1964.

Manuskript bei der Redaktion eingegangen am 30. 12. 1974.

Zur Geologie im Ostfeld des Kohlenbergwerkes Peißenberg

Von PETER GEISSLER *)

Mit 1 Abbildung

Überschiebung, Schuppe, Kluft, Flöz, Dicke, Kohle, Reserve. — Alpenvorland (Peißenberg). — TK 25: 8232

Über die Geologie im Bereich der 1968 stillgelegten Schachanlage Peiting und der 1971 stillgelegten Schachanlage Peißenberg hat LENSCH 1961 ausführlich berichtet (LENSCH, G.: Stratigraphie, Fazies und Kleintektonik der kohleführenden Schichten in der Bayer. Faltenmolasse. — Geologica Bavarica, 46, 52 S., 19 Abb., 4 Tab., 6 Beil., München 1961). Dort findet sich auch ein ausführliches Literatur-Verzeichnis. Die Erkenntnisse dieser Arbeit haben sich in den folgenden letzten 10 Jahren der beiden Schachanlagen durchaus bestätigt.

Neue Erkenntnisse über die Geologie der Peißenberger Lagerstätte wurden in dieser Zeit hauptsächlich bei den umfangreichen Untersuchungsarbeiten und Abbauen im Ostfeld der Schachanlage Peißenberg gewonnen.

1. Tektonik

In diesem Feld östlich der knapp neben der Schachanlage nord-südlich verlaufenden Sulzer-Querstörung zwischen Peißenberg und Oberhausen sind die Flöze in 900 bis knapp 1500 m Tiefe aufgeschlossen worden. Die nördliche Begrenzung des Feldes ist durch die Peißenberger Überschiebung gegeben, deren sich nach Osten aufweitender Vorsattel durch einen Abbau in Flöz 10/11 auf ca. 2 km streichende Länge nach Osten zu verfolgt wurde. Nach Süden fallen die Flöze mit etwa 8 bis 11° ein zum nicht mehr aufgeschlossenen Muldentiefsten mit der Rottenbacher Überschiebung. Eine merkliche Verflachung der Schichten nach der Mulde zu — wie sie in Hausham und Penzberg zu beobachten war — konnte nicht festgestellt werden. Die Peißenberger „Mulde“ ist wohl viel mehr als eine Schuppe anzusehen und nicht so sehr als Mulde im engeren Sinne des Wortes.

Das ganze Schichtpaket fällt außerdem mit 3 bis 6° nach Osten zu ein, so daß sich ein mehr oder weniger südwest-nordöstliches verlaufendes Streichen ergibt. Wegen dieses Eintauchens der kohleführenden Gebirgsschichten in Richtung Penzberg liegen die bauwürdigen Flöze im Bereich der Bohrung „Auf dem Alta“ schon in Tiefen von etwas über 1200 m und im Bereich der Tiefbohrung „Oberhausen“ bei 1450 m.

*) Anschrift des Verfassers: Dr. PETER GEISSLER, 812 Weilheim, Zinngießerweg 5.

Im oben erwähnten Abbau in Flöz 10/11 wurde nach etwa 2 km streichender Baulänge eine nordnordost-südsüdwest streichende Störung aufgeschlossen. Auf Grund der Harnische ist es als sicher anzunehmen, daß der östlich dieser Störung liegende Flözteil tiefer liegt. Die Störung selbst hatte eindeutige Zeichen für Einengungstektonik. Es verdient festgehalten zu werden, daß im Ostfeld bei allen bekanntgewordenen tektonischen Störungen die östliche Scholle tiefer liegt als die westliche.

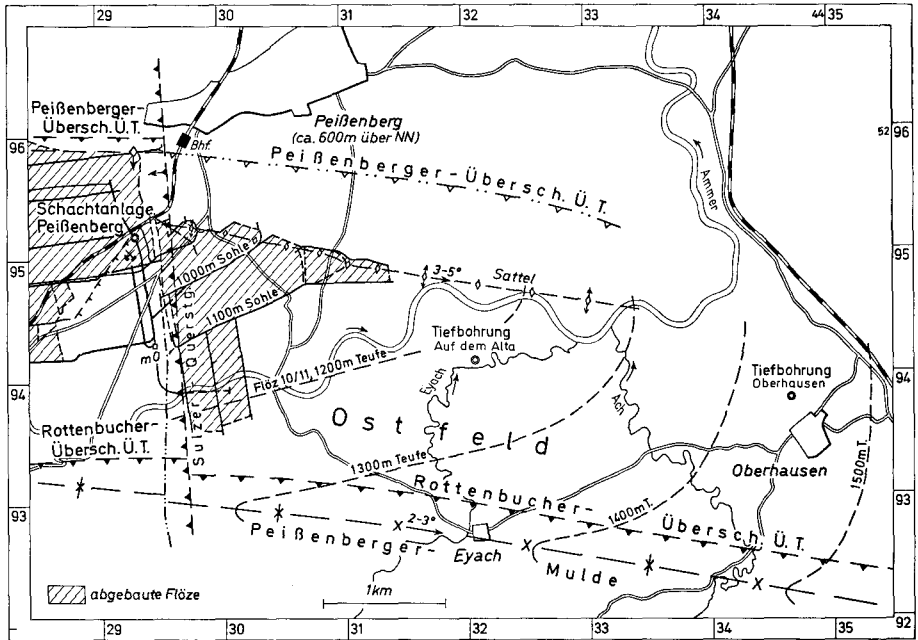


Abb. 1. Übersicht über das Ostfeld des Kohlenbergwerks Peißenberg.

Beim Abbau — insbesondere von Flöz 14 — wurden im Ostfeld 2 Kluff- und Schlechtensysteme beobachtet; eines mit einem Streichen von ca. 20° und ein weiteres mit einem Streichen von ca. 340° . Alle Klüfte bzw. Schlechten fallen nahezu senkrecht ein. Die Stärke und Häufigkeit der Klüfte wechselt ständig; welches System als Hauptsystem anzusehen ist, konnte nicht festgestellt werden. Auf den Klüften in Stinkstein war häufig ein dicker Belag mit einem bituminösen Material zu beobachten.

2. Flözausbildung

In den letzten Jahren wurden beim Kohlenbergwerk Peißenberg die Flöze 10/11 und 14 zu je 50% gebaut. Die Ausbildung des Flözes 10/11 in den Abbauen war unverändert gut. Die gebaute Kohlenmächtigkeit lag zwischen 100 und 120 cm. Nach Süden zu wurde gelegentlich eine Tendenz zur Flözverschlechterung beobachtet.

Das 33 m tiefer gelegene Flöz 14 hatte eine Kohlenmächtigkeit von 120 bis 140 cm. Hier war nach Süden zu eine deutliche Flözaufspaltung zu beobachten, wobei die Gesamt-Kohlenmächtigkeit wohl gleich blieb; die Bergemittel jedoch rasch auf über 3 m zunahmen. Das östlich im Mittelfeld gebaute Flöz 16 wurde im Ostfeld mit einer Mächtigkeit von nur ca. 30 cm als unbauwürdig festgestellt.

In der petrographischen Zusammensetzung des Nebengesteins waren keine signifikanten Veränderungen feststellbar. Der bankrechte Abstand zwischen den Flözen schien nach Süden zu zuzunehmen.

3. Kohlenvorrat

Im Jahr 1970 wurde in Peißenberg der tiefste Punkt aller oberbayerischen Kohlenreviere erreicht: Bei einem fallenden Abbau in Flöz 10/11 entlang der Sulzer-Querstörung wurde ca. 1700 m südlich des Schachtes eine Strecke bis auf eine Tiefe von 1245 m unter der Tagesoberfläche aufgefahren (652 m unter NN).

Der sichere und wahrscheinliche Kohlenvorrat der Schachanlage Peißenberg betrug bei der Stilllegung noch ca. 16,8 Mio t verwertbarer Kohle; der der Schachanlage Peiting 6,4 Mio t. Von den insgesamt rund 23 Mio t Kohlenvorrat liegen rund 16 Mio t im Ostfeld von Peißenberg. Bei diesen Zahlen handelt es sich nur um den nach bergmännischen Gesichtspunkten ermittelten Kohlenvorrat, d. h. die nach dem damaligen Stand der Technik von den Schachanlagen aus gewinnbaren Kohlen bis zu ca. 1300 m Tiefe.

Die insgesamt nachgewiesenen Kohlenvorräte im Peißenberger Revier liegen zwischen 50 und 100 Mio t.

Die Kleingruben südlich Peißenberg

VON PETER GEISSLER *)

Geschichte (1859—1949), Bergwerk, Kohle, Gewinnung. — Alpenvorland (Echelsbach, Bad Kohlgrub). — TK 25: 8231, 8332

1. Grube Schwarzerde bei Echelsbach

Im Ammertal südlich der Echelsbacher Brücke (Gradabteilungsblatt Nr. 8231 Peiting, vgl. Abb. 3 bei GEISSLER 1975, ds. Bd.) streichen die Schichten des Südflügels der Rottenbacher Mulde aus, die stratigraphisch an die Grenze zwischen der unteren Bunten Molasse und den Bausteinschichten gehören. Das Schichtstreichen ist ostwestlich; das Einfallen liegt bei 40° nach Norden. Eingelagert ist ein geringmächtiges Flöz mit 30—40 cm Kohle.

Die vorzügliche Kohle wurde im Stollenbau der Grube „Schwarzerde“ gewonnen. Für das Jahr 1859/60 wird die Förderung für die Eisenhütte Halblech mit ca. 55 t angegeben. Der Abbau verlief in östlicher Richtung auf etwa 750 m Länge. Auch auf der Westseite des Ammertales wurde streichend auf etwa 350 m Länge Abbau getrieben. 1924 wurde die Abbautätigkeit eingestellt und erst 1947 bis 1949 in kleinstem Umfang wieder aufgenommen. Nachdem sich bei diesen Untersuchungsarbeiten eine Verschlechterung der Kohlenführung bis auf unter 20 bis 30 cm Kohle herausstellte, wurde der Betrieb endgültig eingestellt.

2. Sankt-Martins-Zeche bei Bad Kohlgrub

Zwischen der Eisenbahnlinie Murnau—Oberammergau und der Staatsstraße Murnau—Bad Kohlgrub (Gradabteilungsblatt Nr. 8332 Unterammergau) tritt bei Jägerhaus ein ostwestlich streichendes geringmächtiges Flöz mit einem Einfallen von 85° nach Süden zutage. Die Schichten gehören zum Südflügel der Murnauer Mulde. Sie sind den Bausteinschichten zuzuordnen.

An einer Stelle, wo schon vorher bergmännische Untersuchungsarbeiten durchgeführt worden waren, wurde unter dem Namen Sankt-Martins-Zeche in den Jahren 1922 bis 1923 ein 65 m tiefer Schacht abgeteuft. In einem Flöz von maximal 0,4 m Kohlenmächtigkeit wurden seinerzeit insgesamt 200 m Strecken aufgeföhren und geringfügiger Abbau getrieben.

Wegen Unwirtschaftlichkeit wurde der Abbau bald danach eingestellt. Heute ist an dieser Stelle nur noch eine kleine Halde erkennbar.

Auch in der westlichen streichenden Fortsetzung dieses Kohlenvorkommens sind im Ammertal bei Scheibum Abbauversuche unternommen worden.

*) Anschrift des Verfassers: Dr. PETER GEISSLER, 8120 Weilheim, Zinngießerweg 5.



Räumliche Veränderung und Zusammensetzung der Flöze in den Kohlenbergwerken Hausham und Penzberg

Von PETER GEISSLER *)

Mit 12 Abbildungen und 2 Beilagen

Kohle (Glanzbraunkohle), O. Oligozän (Chatt), Flöz, Lagerstätten-Genese (paralisch), Molasse, Fazies-Abfolge (marin-terrestrisch), Fluß-Erosion, Alpid. Tektonik (im Neogen), Schuppe, Diagenese (Inkohlung). — Alpenvorland (Peiting, Peißenberg, Penzberg, Hausham). — TK 25: 8231, 8232, 8234, 8237

Kurzfassung

In der vorliegenden Arbeit werden die Flöze im mittleren und östlichen Teil des oberbayerischen Kohlenreviers, d. h. im Bereich der Bergwerke Penzberg und Hausham, auf ihre Zusammensetzung und ihre räumliche Veränderung hin untersucht. Es handelt sich um tertiäre Glanzbraunkohlenflöze aus dem Oberen Oligozän, deren Kohle örtlich als „Pechkohle“ bezeichnet wird.

Um die räumlichen Veränderungen der Flöze darstellen zu können, wurden den örtlichen Verhältnissen angepaßte „Mächtigkeits- und Strukturkarten“ entwickelt. Diese für jedes einzelne Flöz der beiden Bergwerke angefertigten Karten (vgl. Beilagen) zeigen die wesentlichen Merkmale des Flözes sowie den Aufbau desselben, die Kohlenführung und die Faziesentwicklung.

Als Erläuterung zu den Mächtigkeits- und Strukturkarten werden die Flöze im einzelnen beschrieben, wobei besonderer Wert auf die verschiedenen Veränderungen der Kohlenführung gelegt wird. Als Ergebnis der durchgeführten Untersuchungen ergibt sich folgendes Bild der oberbayerischen Kohlenlagerstätte:

Die Bildung der Flöze erfolgte paralisch im flachen Küstensaum des — grundsätzlich im Osten gelegenen — subalpinen Molassemeeres. Die Kohlen sind limnische Sedimente innerhalb einer Serie brakischer Schichten, den „Cyrenen-Schichten“. Limnische Sedimente sind auch die heutigen Zwischenmittel der Flöze, ein mehr oder weniger mit brennbarer Substanz durchwachsender Mergel und der sogenannte „Stinkstein“, ein leicht bituminöser Süßwasserkalk, der als fossile Seekreide gedeutet wird.

Der ehemalige Küstensaum, in dem die torfbildende Pflanzensubstanz sedimentierte, war nicht allzu breit; der größte gemessene Abstand zwischen den Bauwürdigkeitsgrenzen eines Flözes beträgt rund 8 km. Im Laufe des Zeitraumes, in dem die Flözbildungen stattfanden, d. h. vom Unteren Chatt (Hausham) bis zum Oberen Chatt (Penzberg), verlagerte sich das Trogtiefste der subalpinen Geosynklinale vom Südosten des Untersuchungsbereiches nach dem Nordosten und Norden. Die Längserstreckung des ehemaligen Küstensaumes liegt daher bei den älteren Flözen mehr in nord-südlichen und bei den jüngeren Flözen mehr in ost-westlichen Richtungen.

Die Flözveränderung in Richtung auf die terrestrische Fazies ist durch eine Verschieferung und Vertaubung gekennzeichnet; in Richtung auf das Trogtiefste der Synklinale zeigt sich eine zunehmende Neigung der Flöze zu Aufspaltungen sowie ein verstärkter mariner Einfluß auf die Fazies des Nebengesteins.

Der ehemalige Küstensaum wurde durch ein System von verschiedenen langsam fließenden oder stagnierenden Gewässern durchquert, die sich heute teils als mäandrierende Erosionsrinnen, teils als örtliche Aufspaltungen deutlich verfolgen lassen.

Weitere Flözveränderungen fanden statt, als die Sedimente der Molasse mit der noch wenig verfestigten Kohle an der Wende zwischen Miozän und Pliozän in die alpine Orogenese ein-

*) Anschrift des Verfassers: Dr. PETER GEISSLER, 812 Weilheim, Zinngießberweg 5.

bezogen und zu einzelnen Schuppen überschoben wurden. Umfangreiche schichtparallele Bewegungen bewirkten in einzelnen Flözpartien eine lebhafte Internfaltung der Kohle sowie kräftige — unregelmäßig über die Flözfläche verteilte — Flözstauungen und Ausquetschungen.

Die unruhigen Bedingungen bei der Sedimentation und Diagenese der Flöze prägen auch das Bild der rohstofflichen Eigenschaften der Kohle: Der Aschegehalt, der Schwefelgehalt und der Wassergehalt streuen in weiten Grenzen. Mit zunehmender Tiefenlage sinkt regelmäßig der Wassergehalt der (lftr.) Reinkohle, dieser ist daher für die oberbayerische Glanzbraunkohle der geeignetste Inkohlungsmaßstab. Der Heizwert ist bei den älteren Kohlen (Hausham) infolge des geringeren Wassergehaltes um rd. 500 kcal/kg höher als bei den Kohlen aus dem Oberen Chatt (Penzberg). Ein Vergleich zwischen den Kohlen aus dem Oberen Chatt zeigt, daß die Flöze im Westen (Peiting, Peißenberg) — wahrscheinlich infolge der größeren Versenkungstiefe vor der Auffaltung — stärker inkohlt sind als die in der Mitte des Reviers (Penzberg) und daß sie damit in ihren rohstofflichen Eigenschaften schon den Kohlen aus dem Unteren Chatt (Hausham) ähneln.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
0. Vorwort	62
1. Zur Geologie des Reviers	63
1.1. Stratigraphie	63
1.2. Fazies	64
1.3. Tektonik	66
1.4. Der Kohlenbergbau des Reviers	69
2. Untersuchungs- und Darstellungsverfahren	70
3. Beschreibung der Flöze	72
3.1. Kohlenbergwerk Hausham	72
3.2. Kohlenbergwerk Penzberg	81
3.3. Kohlenbergwerk Marienstein	89
4. Ergebnisse der Untersuchungen	90
4.1. Räumliche Veränderung der Flöze	90
4.1.1. Einfluß der Fazies auf die Flöze	90
4.1.2. Örtliche Veränderungen der Kohlenflöze	92
4.1.3. Streuung der Kohlenmächtigkeit	95
4.2. Rohstoffliche Eigenschaften der Kohle	97
4.2.1. Wassergehalt	98
4.2.2. Aschegehalt	100
4.2.3. Flüchtige Bestandteile	100
4.2.4. Schwefelgehalt	101
4.2.5. Heizwert	101
4.2.6. Inkohlung	102
5. Literatur	104

0. Vorwort

Die vorliegende Arbeit wurde 1965 unter dem Titel „Zusammensetzung und räumliche Veränderung der Flöze im mittleren und östlichen Teil des oberbayerischen Glanzbraunkohlenreviers“ von der Montanistischen Hochschule Leoben (Promotor Professor Dr. W. E. PETRASCHECK) als Dissertation angenommen. Sie macht es sich zur Aufgabe, die Flöze der oberbayerischen Faltenmolasse zwischen Loisach und Inn zu untersuchen. Dabei sollte das in über

100 Jahren in ständiger Arbeit in der Markscheiderei eines Kohlenbergwerks angefallene und festgehaltene Tatsachenmaterial, das neben den rein geodätischen und bergtechnischen Daten viele Angaben zur Geologie der Lagerstätte enthält, nicht nur für rein betriebliche Zwecke verwendet, sondern auch auf geologische Gesetzmäßigkeiten überprüft werden.

Die Veröffentlichung der Arbeit in der „Geologica Bavarica“ erscheint heute insbesondere deshalb gerechtfertigt, da die mitgeteilten Beobachtungen nach der inzwischen erfolgten Stilllegung der Bergwerke sonst sicher bald in Vergessenheit geraten wären. Neben älteren Unterlagen hat der Verfasser insbesondere auch die Ergebnisse eigener Untersuchungen verwertet, die er im Rahmen seiner beruflichen Tätigkeit als Markscheider der Kohlenbergwerke Hausham und Penzberg von 1957 bis 1967 vorgenommen hat.

1. Zur Geologie des Reviers

Unter Hinweis auf neue und ältere Veröffentlichungen, von denen insbesondere die von GANSS & SCHMIDT-THOMÉ (1955), HÖLZL (u. a. 1957, 1962), KRAUS & PAULUS (1962), LEMCKE (1973), PAULUS (1963), STEPHAN (1965), WÄCHTER (1959), ZIMMERLE (1964) und ZÖBELEIN (1953, 1957, 1962) zu erwähnen sind, sollen einleitend nur einige einführende Hinweise auf die Geologie des Gebietes gegeben werden.

In der Reihe der vom Bayerischen Geologischen Landesamt herausgegebenen geologischen Karten 1 : 25 000 sind im Bereich der subalpinen Molasse bereits die Blätter 8236 Tegernsee und 8237 Miesbach (Bergwerke Marienstein und Hausham) erschienen; in Druckvorbereitung ist derzeit Blatt Penzberg (Bergwerk Penzberg); in Bearbeitung sind die Blätter Uffing und Peiting (Bergwerk Peißenberg/Peiting).

Spezielle Untersuchungen in den oberbayerischen Kohlenlagerstätten führten nach den grundlegenden Arbeiten von WEITHOFER (insbesondere 1920), dem ehemaligen Generaldirektor der Oberbayerischen AG für Kohlenbergbau in München, unter anderen GILLITZER (1955, 1957, 1964) und LENSCH (1958, 1961) durch. Die Untersuchungen der beiden letzten Autoren beschränkten sich allerdings im wesentlichen auf den westlichen Teil des oberbayerischen Kohlenreviers, d. h. auf den Bereich der Kohlenbergwerke Peißenberg und Peiting.

1.1. Stratigraphie

Die oligozäne und miozäne Molasse des bayerischen Alpenvorlandes besteht aus einer rund 5000 m mächtigen Schichtfolge mariner, brackischer und limnisch-terrestrischer Sedimente mit intensivem Fazieswechsel sowohl in der Horizontalen wie auch in der Vertikalen. Zuunterst liegen zunächst noch in weiter Verbreitung marine Schichtglieder. Dazu gehören die Tonmergel-Schichten und als Rückzugsbildungen des sich nach Osten zurückziehenden Meeres die sandigen Baustein-Schichten. Darüber stellt sich dann in unserem Gebiet im Oberoligozän eine abwechselnd brackische, limnische und terrestrische Schichtfolge ein, die als chattische Brackwassermolasse (früher „Cyrenenschichten“) bezeichnet wird.

Diese Fazies hält im Bereich des oberbayerischen Pechkohlenreviers umso länger an, je weiter wir nach Osten kommen, während nach Westen zu die

Brackwassermolasse schon recht bald durch die sogenannte Untere Bunte Molasse ersetzt wird. Erst gegen Ende des Oberoligozäns verbreitet sich zunächst die Brackwassermolasse, dann auch die Meeressmolasse wiederum in unserem gesamten Gebiet (vgl. Abb. 1). Jüngere Schichten sind in dem hier behandelten Teil des oberbayerischen Kohlenreviers nicht mehr enthalten.

Die für eine Untersuchung der oberbayerischen Kohlenvorkommen besonders interessierende Feingliederung der chattischen Schichten erfolgte ursprünglich getrennt für jedes Grubenfeld und ist selbst innerhalb desselben infolge der starken seitlichen faziellen Verzahnungen teilweise räumlich nur begrenzt gültig. Sehr schwierig ist es, Schichtenschnitte von Grube zu Grube, d. h. über Entfernungen von rund 20 km hinweg, einwandfrei zu verbinden. Der hier abgebildete schematische Ost-West-Schnitt (Abb. 1) geht in seinem Entwurf auf WEITHOFER (1920) zurück, dessen Darstellung später u. a. von ZÖBELEIN (1953, 1957, 1962) verfeinert und ergänzt wurde. Neue Erkenntnisse brachte das von PAULUS (1963) vorgelegte Faziesprofil und die Bearbeitung der chattischen Schichtfolge auf den geologischen Karten Tegernsee und Miesbach (vgl. STEPHAN 1966; STEPHAN & PAULUS 1968).

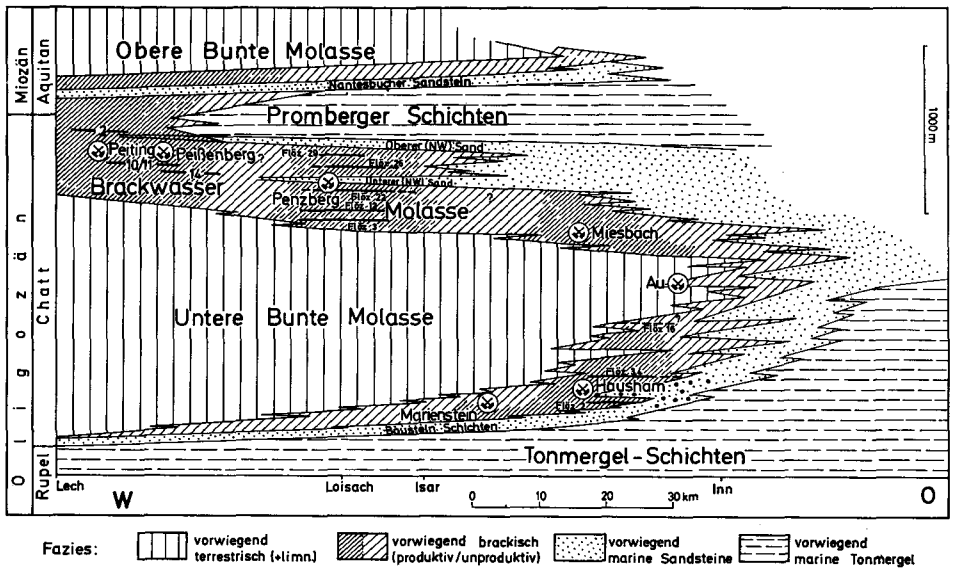


Abb. 1. Schematischer O-W-Schnitt durch die subalpine Molasse.

Abb. 1 verdeutlicht, daß die im nachfolgenden untersuchten Flöze im mittleren und östlichen Teil des oberbayerischen Kohlenreviers teils der unteren chattischen Brackwassermolasse (Bergwerk Hausham), teils der stratigraphisch 1500 m höher gelegenen oberen Brackwassermolasse (Bergwerk Penzberg) angehören.

1.2. Fazies

Die verschiedenen chattischen Faziesbereiche können mit Hilfe petrographischer, sedimentologischer und paläontologischer Merkmale beschrieben

und charakterisiert werden. Da die in dieser Arbeit behandelten Flöze in der Regel vorzugsweise nur mit brackischen und limnischen Bildungen verbunden sind — sei es, daß sie das Liegende der Flöze bilden bzw. das Hangende oder auch mit ihnen verzahnt sind — soll nur auf sie etwas näher eingegangen werden.

Die in der Brackwasserfazies abgelagerten Sedimente bestehen vorwiegend aus grauem bis grüngrauem mehr oder weniger sandigem Mergelgestein. Dieses kann durch sandreichere, feinste Zwischenlagen gut geschichtet sein. Oft deutet eine feine Bänderung durch dunklere und hellere Lagen auf besonders ruhige Sedimentationsbedingungen hin. Die brackischen Mergel sind meist sehr fossilreich. Die Fauna ist äußerst individuenreich, aber sehr artenarm.

Gelegentlich tritt auch der sogenannte „Muschelstein“ der oberbayerischen Bergleute auf, ein Sediment, das bis zu 20 cm mächtig werden kann und sich fast ausschließlich aus mehr oder weniger dicken Fossilshalen bzw. Schalenresten zusammensetzt. Die beiden häufigsten Fossilien der Brackwasser-Fazies sind die Muschel *Polymesoda convexa* (BRONGNIART) und die kegelförmige Schnecke *Tympanotomus margaritaceus* (BROCCHI). Die Muschel ist in den brackischen Mergeln Oberbayerns so häufig, daß ihr früherer Name „*Cyrena semistriata*“ namengebend für die gesamte Schichtfolge („Cyrenen-Schichten“) war.

Seitdem Bergbau in Oberbayern umgeht, ist bekannt (GÜMBEL 1861), daß die Glanzbraunkohlenflöze der oberbayerischen Molasse eng an die brackische Fazies geknüpft sind. Fast immer besteht das Hangende, oft aber auch das Liegende der Flöze aus Cyrenen-Mergeln; d. h. daß im Sedimentationsbereich schon teilweise vor Beginn der Flözbildung Brackwasser-Bedingungen herrschten und daß fast immer die Flözbildung durch einen Einbruch von Brackwasser beendet wurde.

Die limnische Fazies wird gegenüber der brackischen durch einen eindeutigen Wechsel im Fossilinhalt der Gesteine gekennzeichnet. Das häufige Auftreten von Süßwassermuscheln der Gattung *Unio* und von Süßwasserschnecken, wie z. B. *Coretus cornu cornu* (BRONGNIART) weist meist schon eindeutig auf den Charakter der Fazies hin.

Für die Entstehung der Kohle, d. h. um das Wachstum der kohlebildenden Flora zu ermöglichen, war das Vorhandensein von Süßwasser die wichtigste und unerläßliche Voraussetzung. Die Süßwasserfauna ist daher auch heute stets in unmittelbarer Nachbarschaft der Flöze, bzw. im Bereich der Zwischenmittel, zu finden.

Neben der Kohle ist in der subalpinen Molasse der „Stinkstein“ der oberbayerischen Bergleute (1955 von GANSS & SCHMIDT-THOMÉ „Stinkkalk“ genannt) ein weiteres, die limnische Fazies kennzeichnendes Gestein. Es handelt sich um einen teilweise recht mächtigen, spröden und harten, bräunlich bis mehr oder weniger gelblichen, geringfügig bituminösen Süßwasserkalk, der sehr häufig und weit verbreitet als bankiges Zwischenmittel innerhalb der Flöze (vgl. Abb. 2) oder an Stelle von vertaubten Flözen auftritt.

Die Bildung von Kohlenstoff und von Stinkstein erfolgte also unter fast denselben faziellen Bedingungen. Nach LENSCH (1961) ist der Stinkstein als



Abb. 2. Stinkstein als Zwischenmittel in Flöz 22 des Kohlenbergwerkes Penzberg.

fossile Seekreide, d. h. als anorganische oder organische(?) Kalkausscheidung, zu deuten, analog den Kalkschichten der postglacialen Moore Oberbayerns. Seinen Namen erhielt der Stinkstein infolge des deutlich wahrnehmbaren bituminösen Geruches beim Anschlagen.

Die terrestrische Fazies der subalpinen Molasse ist durch das Auftreten von mehr oder weniger bunt gefärbten Sedimenten gekennzeichnet. Die bräunlich-grüne oder rote Färbung der Mergel und Sandsteine war auch namensgebend für diese Schichtfolgen, die in der Stratigraphie als „Obere“ bzw. „Untere Bunte Molasse“ bekannt sind. Da bei der Ablagerung dieser Schichten der Luftsauerstoff meistens ungehindert an die abgestorbene Pflanzensubstanz herankam, verweste der größte Teil davon. Innerhalb der terrestrischen Sedimente treten daher höchstens lettige Kohlen- bzw. Kohlschiefer-Streifen auf.

1.3. Tektonik

Im Laufe des Jungmiozäns und des Pliozäns wurden Teile der Molasse-schichten in den alpinen Faltenbau miteinbezogen. Dabei wurde der südliche an den Flysch bzw. an das Helvetikum grenzende Teil der Molasse abgeschert und schuppenförmig aufgefaltet. Diese, im Untersuchungsgebiet 6 bis maximal 10 km breite, durch ost-westlich streichende Überschiebungsflächen begrenzte

Zone der „gefalteten Molasse“ (vgl. Abb. 3) ist das bergbaulich interessierende Gebiet, da nur hier die produktiven chattischen Cyrenen-Schichten in erreichbaren Teufen anstehen.

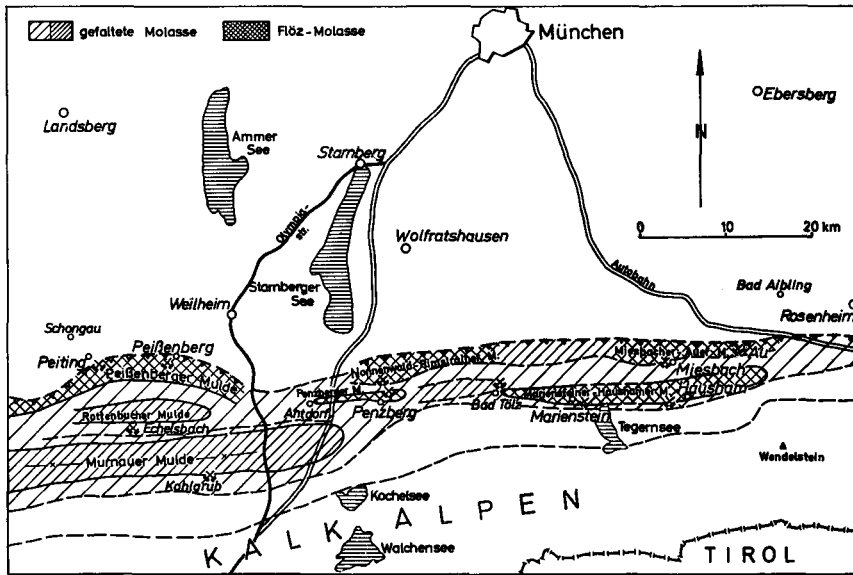


Abb. 3. Oberbayerisches Kohlenrevier.

Nördlich davon schließt sich die noch fast horizontal lagernde ungefaltete „Vorland-Molasse“ Oberbayerns an, in der das Chatt in 2000—3000 m Teufe ansteht, wie in letzter Zeit durch zahlreiche Erdölbohrungen nachgewiesen werden konnte (vgl. KRAUS & PAULUS 1962; PAULUS 1963 sowie MÜLLER & VEIT in ds. Bd.).

Die Großtektonik läßt in allen Mulden (Abb. 4) ein einheitliches Bauprinzip erkennen:

Die Nordflügel fallen halbsteil ein, der Muldenboden ist verhältnismäßig breit und ungestört, die Südflügel dagegen sind steil bis überkippt und häufig gestört. Zwischen den einzelnen Mulden liegen in den mehr oder weniger unterdrückten Sattelzonen mit rund 45° südfallende, nach der Tiefe zu flacher werdende Überschiebungs-(Scher-)flächen. Diese haben wie die Muldenachsen in der gefalteten Molasse und die Faltenachsen der Alpen ein ost-westliches Generalstreichen. Die Achsenflächen der Mulden fallen — wie durch neuere Grubenaufschlüsse in den Bergwerken Hausham und Penzberg nachgewiesen werden konnte — mit 80 bis 85° nach Süden ein.

In den vom Bergbau erschlossen gewesenen Bereichen nahe der Erdoberfläche überwiegen die eigentlichen Faltungs- und Überschiebungserscheinungen; nach der Teufe zu werden die Mulden flacher und ungestörter, wie von BREYER & DOHR (1959) auf Grund seismischer Untersuchungen nachgewiesen werden konnte. Es erscheint möglich, daß der unterschiedliche Grad tektonischer Beanspruchung in verschiedenen Teufen eine Erklärung ist für das fast vollständige

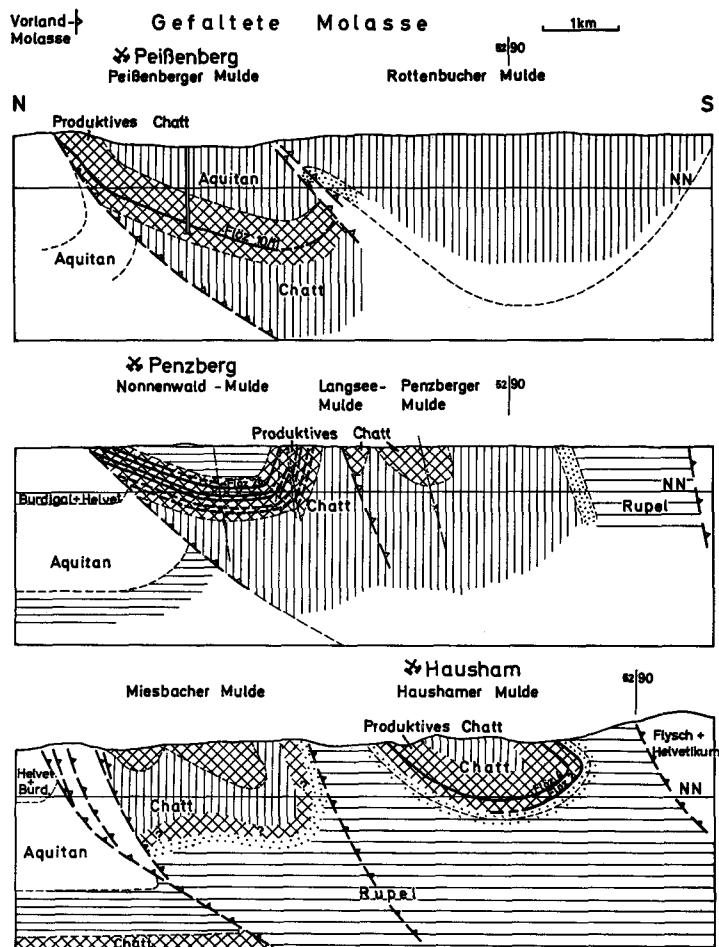


Abb. 4. Schnitte durch die kohleführenden Mulden.

Fehlen von Spezialtektonik in der Haushamer Mulde. Die Schichten dieser Mulde sind älter und daher ursprünglich tiefer gelegen als die der Penzberger bzw. Nonnenwald- und Peißenberger Mulde; sie sind nur infolge stärkerer Abtragung heute relativ oberflächennahe aufgeschlossen. GANSS (1955) versuchte die fehlende Spezialtektonik in Haushamer zu erklären, indem er die hier mächtigeren Sandsteinbänke der Bausteinschichten im Süden der Mulde gleichsam als Schild vor der Haushamer Mulde ansah.

Die Spezialtektonik in den Molassemulden ist ausschließlich bei der Auffaltung der Schichten infolge des Schubes aus dem Süden entstanden. In der Haushamer Mulde waren lediglich im Bereich des Knickes zwischen Südflügel und überkipptem Südflügel kleinere Überschiebungen zu beobachten; sonst fehlte, wie oben erwähnt, jegliche Spezialtektonik. Im Bergwerk Penzberg — aber auch in Peißenberg — traten hingegen eine Anzahl von Quer- und Längsstörungen auf; die saigeren Schubhöhen betragen wenige m bis zu

100 m, das Einfallen wechselte oft, war aber meist steil. Bei allen diesen Störungen handelt es sich um Einengungstektonik, vor allem im Kern der Mulde.

Da die großen Längs-Störungen im Südflügel der Nonnenwaldmulde verhältnismäßig selten aufgeschlossen waren, ist eine Deutung des Bewegungsvorganges, der zu ihrer Entstehung führte, nicht möglich. Wahrscheinlich handelt es sich um Aufschiebungen; eine Erklärung als Verschiebung ist jedoch auch denkbar. Besser aufgeschlossen waren eine Reihe nord-südlich streichender Querstörungen, die bei geringen Schubweiten meist Überschiebungscharakter hatten.

Auch die Kleintektonik im oberbayerischen Kohlenrevier ist alpinotyp ausgebildet. Charakteristische Kleinfaltungen wurden von WEITHOFER (1920) und anderen sowie — eingehender — von PETRASCHECK (1937, 1940, 1954) beschrieben. Die zugleich auftretenden Klüfte und Schlichten wurden von LANGECKER (1950) sowie besonders ausführlich von LENSCH (1961) untersucht.

Nahezu übereinstimmend wurden folgende — auch im Grubenbetrieb ständig zu beobachtende — Kluftsysteme festgestellt:

1. Ein nahezu bankrecht zu den Schichtflächen einfallendes Kluft- und Schlichtensystem in Flöz und Nebengesteinen, das aus einer besonders hervortretenden Querkluftschär senkrecht zum Streichen der Muldenachse (ac-Klüfte) und einer zurücktretenden Gegenschär von Längsklüften parallel zum Streichen (bc-Klüfte) besteht.

Die Schlichten und Klüfte dieses Systems haben glatte, oft mit Calzit belegte und fest verkittete Flächen ohne Bewegungsspuren. Sie sind vor der Faltung bei horizontaler Schichtlagerung durch Zerrungs- und Dehnungskräfte entstanden und stellen nach LANGECKER (1950) Schwundspalten dar.

2. Ein halbsteil bis steil nach Osten und Westen einfallendes System von großflächigen Scher-Schlichten (bzw. im geologischen Sprachgebrauch „Scherklüften“) in der Kohle, welche wie die des Quer- und Längskluft-Systems senkrecht und zurücktretend parallel zum Streichen der Muldenachse verlaufen. Diese Schlichten haben oft eine dünne, abtrennbare Calzit-haut und sind stets durch Rutschstreifen und glänzende Bewegungsflächen gekennzeichnet. In manchen Flözen (vgl. Abschnitt 3.1.2., Flöz Großkohl der Grube Hausham) dienten diese Flächen augenscheinlich als Gleitbahnen für den Stofftransport und die Umlagerung der Kohle. Nach LENSCH (1961) sind die Scherschlichten in einem sehr frühen Stadium der tektonischen Verformung entstanden und auf Zerrungs- und Einengungsvorgänge parallel und senkrecht zum Faltungsdruck zurückzuführen.

3. Ein System diagonal streichender und steil einfallender Scherkluffscharen, die allerdings nur örtlich in der Nachbarschaft der großen Überschiebungen und Querstörungen auftreten. Wegen ihrer Entstehung am Ende der Faltung weisen sie im Gegensatz zu den Kluftsystemen 1. und 2. keine Beziehung zu den Schichtflächen auf.

Soweit die Kleintektonik in einem noch sehr frühen Stadium des tektonischen Geschehens eine Mobilisierung des zumindest teilweise noch unverfestigten Sediments bewirkte und damit Veränderungen in der Kohlenführung hervorrief, wird in einem gesonderten Abschnitt über Mächtigkeitsveränderungen noch näher darauf eingegangen werden.

1.4. Der Kohlenbergbau des Reviers

Die kohleführenden Schichten der Faltenmolasse Oberbayerns liegen in einem über 100 km langen, schmalen Gürtel im Alpenvorland zwischen Lech und Inn (Abb. 3). Sie sind in die Auffaltung der Alpen im Jungtertiär miteinbezogen und zu einzelnen schuppenförmig hintereinanderliegenden Muldenzügen aufgefaltet worden.

Die im Vergleich zu anderen tertiären Kohlen verhältnismäßig stark inkohlte, tiefschwarze und harte *Glanzbraunkohle* der oberbayerischen Flöze wird in Deutschland seit GÜMBEL (1861) zur Unterscheidung von der Stein- und Braunkohle als „Pechkohle“ bezeichnet.

In den größeren und ergiebigeren Molassmulden wurde seit Anfang des letzten Jahrhunderts bis vor wenigen Jahren Bergbau betrieben. Im Westen geschah dies durch die BHS-Bayerische Berg-, Hütten- und Salzwerke AG in München mit dem 1971 stillgelegten Kohlenbergwerk Peißenberg und der 1968 stillgelegten Schachanlage Peiting. In der Mitte und im Osten des Reviers förderten bis zu ihrer Stilllegung im Jahre 1966 die Bergwerke Penzberg und Hausham der seinerzeitigen Oberbayerischen AG für Kohlenbergbau. Auch an zahlreichen anderen Stellen (vgl. Abb. 3) ist mit wechselndem Erfolg mehr oder weniger lange Bergbau umgegangen.

Die vorliegenden Untersuchungen wurden im Baufeld des Kohlenbergwerkes Penzberg im nördlichen Muldenzug (Nonnenwaldmulde) durchgeführt sowie im Baufeld des Kohlenbergwerkes Hausham in der Haushamer Mulde, die dem mittleren Muldenzug angehört.

Um die wirtschaftliche Bedeutung der einzelnen kohleführenden Mulden innerhalb der Gesamtlagerstätte zu veranschaulichen, sei erwähnt, daß im Oberbayerischen Kohlenrevier seit Beginn des Bergbaues bis zur Stilllegung der Werke rund 100 Millionen t verwertbarer Kohle gefördert worden sind.

Davon entfallen auf die Peißenberger Mulde rd. 42, auf die Nonnenwaldmulde 15 und die benachbarte ausgekohlte Penzberger Mulde 10 sowie die Haushamer Mulde rd. 30 Mio t verwertbarer Kohle. Der Rest verteilt sich auf die oben erwähnten kleineren Mulden.

Die oberbayerischen Bergwerke förderten in den letzten Jahrzehnten jährlich rund 2 Mio t verwertbarer Kohle. Sie waren deshalb auch schon in große Teufen (Peißenberg ca. 1250 m) vorgedrungen und hatten eine teilweise beachtliche streichende Ausdehnung erreicht (Hausham 14 km vom östlichsten zum westlichsten Punkt der Grube).

2. Untersuchungs- und Darstellungsverfahren

Bei der stark wechselnden Ausbildung bestand ein großes — zunächst einmal betrieblich bedingtes — Interesse, die Flöze an möglichst vielen Stellen zu untersuchen. Auf den Kohlenbergwerken Hausham und Penzberg hatte sich für die *geologischen Aufnahmen* auf Grund der Erfahrungen in den letzten Jahren folgende Arbeitsweise als günstigster Kompromiß zwischen der angestrebten größtmöglichen Genauigkeit einerseits und dem Zwang zum wirtschaftlichen Arbeiten andererseits herausgestellt:

1. Eine genaue geologische Aufnahme, die aus der Messung der einzelnen bankrechten Flözbänke, -schichten und -streifen einschließlich der Zwischenmittel besteht, dazu eine petrographische Aufnahme des Flözes und des Nebengesteins einschließlich der Fossilführung sowie die lagemäßige Festlegung des Aufnahmepunktes wurde — entsprechend DIN 21 941 — von jedem Neuaufschluß durchgeführt und dort, wo sich bei laufenden Betriebspunkten die geologischen Verhältnisse wesentlich änderten.

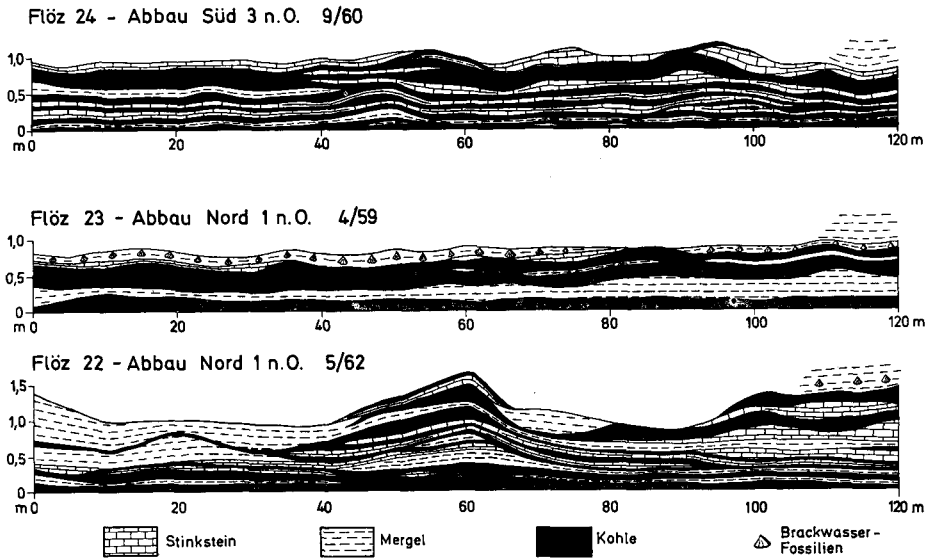


Abb. 5. Kohlenbergwerk Penzberg, Flözschnitte.

2. Bei der monatlichen Einmessung der Betriebspunkte in der Kohle, d. h. im Schnitt alle 50 m, wurden an jedem Ort die Flözmächtigkeit, die einzelnen Kohlenbänke und die Zwischenmittel eingemessen.

3. Von wichtigeren Vorrichtungsbetrieben erfolgte die Flözaufnahme in Abständen von 5 zu 5 m, um an Hand von 10fach überhöhten Flözchnitten Angaben über die Veränderungen der Flözausbildung, die Streuung der Flözmächtigkeit und die zu erwartende Kohlenführung zu erhalten.

4. In jedem Abbau wurde — je nach dem Abbaufortschritt — monatlich ein- bis zweimal, d. h. im allgemeinen in streichenden Entfernungen von 30—40 m, alle 10 m eine Flözaufnahme durchgeführt. Der Durchschnitt aus diesen Messungen diente zunächst statistischen und betriebswirtschaftlichen Zwecken.

Fallweise wurde das Aufnahmenetz bis auf eine Messungsdichte von 5×5 m verengt. Die Erfahrung zeigte jedoch, daß sich hierbei trotz des wesentlich höheren Meßaufwandes die Genauigkeit der ermittelten Durchschnittswerte nur unbedeutend steigern ließ.

Insgesamt wurden auf den beiden Bergwerken monatlich regelmäßig 350 bis 400 Flözmächtigkeits-Messungen durchgeführt. Die im oben angegebenen Umfang von 1959 bis 1965 aufgenommenen Zahlenwerte waren eine der wesentlichen Grundlagen für die Untersuchungen der Veränderungen der Flözmächtigkeit.

Die durchgeführten Aufnahmen wurden entscheidend ergänzt durch übernommene Unterlagen aus dem Grubenbild der Bergwerke und den Schichten-aufnahmen der Querschläge.

Insbesondere die Aufzeichnungen über die stets sehr gewissenhaft aufgenommenen rund 50 Querschläge der beiden Bergwerke, die die einzelnen Flöze in regelmäßigen Abständen durchquerten, erbrachten wertvolle Aufschlüsse über die Faziesentwicklung der Flöze und des Nebengesteins. Ein großer Teil der Flözchnitte in den Strukturkarten (vgl. Beilagen) ist aus diesen Unterlagen entnommen.

Die im Grubenbild enthaltenen Aufzeichnungen über die abgebaute Flöz-mächtigkeit sind — besonders im letzten Jahrhundert — oft nicht so ins einzelne gehend durchgeführt worden, wie es heute gemacht worden wäre; trotzdem war es auch hier möglich, wertvolle Hinweise über die Flözausbildung zu erhalten.

Eine überschlägige Kontrolle für die Richtigkeit der alten Angaben lieferten — soweit vorhanden — auch die statistischen Angaben über die ehemaligen Abbaue.

Auf diese Weise wurde versucht, bei der Erstellung der Flöz-Karten alle verfügbaren Unterlagen zu berücksichtigen.

Das Nebeneinander von Gebieten mit neuen, detaillierten Aufnahmen und solchen, wo lediglich einige wenige alte Aufzeichnungen vorhanden sind, kann für letztere u. U. eine größere Sicherheit der Kohlenführung vortäuschen. Diese Schwierigkeit muß beim Lesen der Karten berücksichtigt werden; sie ist aber in einem alten Bergbauggebiet nicht zu umgehen — es sei denn, man ließe alle alten Aufschlüsse unberücksichtigt.

Eine ro h s t o f f l i c h e P r o b e n a h m e (Schlitzprobe) nach DIN 21 941 wurde in den letzten Jahren an allen wichtigen Betriebspunkten in regelmäßigen Abständen durchgeführt. Hierbei wurde ein Netz von Probenahmestellen von etwa 200×200 m angestrebt.

Die Untersuchung der ca. 200 Schlitzproben erfolgte in den Laboratorien Hausham und Penzberg der Oberbayerischen AG für Kohlenbergbau nach den in DIN 51 700—51 741 festgelegten Prüfverfahren für feste Brennstoffe (vgl. Abschnitt 4.2).

Wegen der steilen und z. T. auch überkippten Lagerung der Flöze war der Abbaugrundriß als Kartengrundlage ungeeignet. Es wurde daher zur Veranschaulichung der räumlichen Veränderungen der Flöze eine flachrißliche Darstellung gewählt, d. h. praktisch eine Abwicklung der Flözfläche in die Kartenebene. Hierbei wird ausgehend von der maßstäblich dargestellten Muldenlinie senkrecht zu dieser im selben Maßstab die wahre Länge im Einfallen des Flözes auf die Karte aufgetragen.

Diese Darstellung ist zwar kartographisch nicht exakt, hat aber den großen Vorteil, auf einfache Weise ein anschauliches Bild der zur Zeit der Flözbildung vorhandenen Oberfläche zu ergeben. Nachdem die Mulden auch fast die Form von Zylinderhälften haben, ist die Verzerrung in den Karten unbedeutend und kann daher für die vorliegende Untersuchung vernachlässigt werden.

3. Beschreibung der Flöze

3.1. Kohlenbergwerk Hausham

Mitte des letzten Jahrhunderts begann an den Tagesausbissen im Nord- (1848, Grube Leitzach) und im Südflügel der Haushamer Mulde (1860, Moritzstollen bei Hausham) der planmäßige Abbau der Kohle. Von unbedeutenden Untersuchungsarbeiten auf hangendere Flöze abgesehen, wurden bis 1957 aus-

schließlich die beiden nur 2 bis 10 m bankrecht auseinanderliegenden Flöze Nr. 3 (Großkohl) und Nr. 4 (Kleinkohl) abgebaut. Erst dann kam als drittes — örtlich bauwürdiges Flöz — das rund 150 m im Liegenden der beiden Hauptflöze gelegene Flöz 2 (Philipp II) hinzu.

Die Bezifferung der Flöze in Hausham erfolgte wie im Bergwerk Penzberg und im Gegensatz zur Gepflogenheit in Peißenberg vom Liegenden zum Hangenden.

Die Haushamer Mulde hat ihren tiefsten Punkt rund 700 m östlich des Muldenschachtes (vgl. Beilage 1); die mit etwa 80° nahezu ost-westlich streichende Muldenlinie steigt von dort nach Osten und Westen erst ganz flach und dann allmählich stärker (bis zu 9°) ansteigend an. Die tiefsten Grubenbaue im Muldenboden des tiefsten gebauten Flözes, Flöz Philipp II, lagen 970 m unter der Rasenhängebank, d. h. 1000 bis 1100 m unter der dortigen Tagesoberfläche.

Die auch für das oberbayerische Revier ungewöhnlich kleine Zahl von bauwürdigen Flözen ist am besten charakterisiert durch den außerordentlich geringen ursprünglichen spezifischen Kohlenreichtum von rund 1,5 t ursprünglich anstehendem, verwertbaren Kohlenvorrat je m^2 Baufeld. Die entsprechenden Werte liegen in Penzberg und Peißenberg-Peiting bei $2,5 t/m^2$; im nieder-rheinisch-westfälischen Steinkohlenrevier sind sie etwa 10mal so hoch.

Die ständig hohe Förderung aus den beiden Hauptflözen (Großkohl insgesamt etwa 15, Kleinkohl etwa 14 Mio t_v) war nur möglich, weil die Kohlenführung — insbesondere des Flözes 4 (Kleinkohl) — über eine größere Erstreckung stetiger war als die der meisten anderen oberbayerischen Kohlenflöze. Als weiterer Vorteil gegenüber den anderen Bergwerken des Reviers trat hinzu, daß tektonische Störungen — bis auf den schmalen Bereich der engsten Überkipppungszone im Südflügel — in Hausham gänzlich unbekannt sind.

Zu erwähnen ist ferner, daß die geothermische Tiefenstufe der Grube Hausham mit bis zu $50 m/^\circ C$ vergleichsweise groß ist gegen die der anderen oberbayerischen Bergwerke mit rund $35 m/^\circ C$.

Die Abbaue des Bergwerkes gingen in den letzten Jahren im wesentlichen zwischen der 3. (500 m) Sohle und dem Muldenboden um, mit der 6. (710 m) Sohle als Hauptfördersohle. Gebaut wurde im Mittelfeld nördlich des Muldenschachtes der Nordflügel des Flözes Großkohl in Richtung auf dessen östliche Bauwürdigkeitsgrenze sowie das Flöz Philipp II im Südflügel; für die weitere Zukunft stand noch das Westfeld des Flözes Großkohl zum Verhieb an. Das Flöz Kleinkohl war seit etwa 1960 — bis auf einige Restpfeiler — ausgekohlt.

3.1.1. Flöz 2 — Philipp II

Das Flöz 2 (vgl. Beilage 1) wurde erst in letzter Zeit im Südflügel der Haushamer Mulde gebaut; es konnte immer von denselben Beobachtern mit den gleichen Maßstäben und besonders sorgfältig untersucht werden.

Der Bereich der Bauwürdigkeit ist bei diesem Flöz eng begrenzt: Im Westen spaltet es sich bei nur geringfügig verminderter Kohlenführung in mehrere Bänke auf, wobei die — brackischen! — Zwischenmittel nach Westen zu schnell

mächtiger werden; im Osten endet die Kohlenführung — oft plötzlich — bei der Annäherung an den marinen Faziesbereich.

Das Liegende des Flözes ist überall ein mariner Sandstein mit häufigen, den Abbau teilweise recht erschwerenden südwest-nordöstlich verlaufenden „Rippen“ an der ehemaligen Oberfläche (Beil. 1, Fig. 1 a), die vielleicht als ehemalige kleine Strandwälle bzw. Dünen aus dem Litoralbereich oder aber als größere Wellenrippel erklärt werden können. Bei in etwa symmetrischem Bau wurden Wellenlängen bis zu einigen m und Kammhöhen bis zu 50 cm beobachtet. Das Hangende war im Bereich der Rippen normal, gelegentlich schien es pseudo-tektonisch — wahrscheinlich infolge der geringeren Setzungen der weniger mächtigen Kohlepartien bei der Diagenese — parallel zu den Rippen im Liegenden aufgewölbt zu sein.

Die marine Ingression kündigt sich durch Auswaschungsrinnen (?) im Liegenden an, die ebenfalls südwest-nordöstlich streichen und bis zu einige m tief sind (Fig. 1 c in Beilage 1). Parallel dazu verlaufen symmetrische Oszillationsrippel im sandigen Hangenden. Die gleichmäßige Kohlenführung endet schließlich entlang einer, einem Saumriff ähnlichen, steilstehenden Flözverengung durch Sandsteine und Konglomerate.

Es kann angenommen werden, daß es sich bei dieser Erscheinung um eine Litoralbildung an einer Ingressionsküste handelt; diese Vermutung wird durch das Auftreten von mehr oder weniger großen Kohleteilchen in dem Konglomerat gestützt. Eine Deutung als eine auf syngenetische tektonische Einflüsse zurückführende Flözveränderung ist jedoch ebenfalls denkbar.

Bevor diese abrupte Bauwürdigkeitsgrenze selbst aufgeschlossen wurde, war einige km weiter östlich (Philipp-Querschlag 3, 3. Sohle) der Versuch gemacht worden, das Flöz Philipp II aufzufinden. Es stellte sich jedoch heraus, daß innerhalb einer Serie mächtiger mariner Sande und Konglomerate nicht einmal unbedeutende Kohlenschmitzen bzw. geringmächtige Brackwasser-Einschaltungen das Niveau des Flözes anzeigten (HÖLZL 1962).

Beide Bauwürdigkeitsgrenzen des Flözes verlaufen — weil gekrümmt, nur undeutlich erkennbar — etwa in Nord-Süd-Richtung bzw. Südwest-Nordost-Richtung, parallel zu den Rippeln und Wellenfurchen. Der dazwischenliegende, bauwürdige Streifen — d. h. der ehemalige Küstensaum — ist rund 2 km breit, wobei die Kohlenmächtigkeit von 30 bis 50 cm im Westen auf 70 bis 90 cm im Osten im wesentlichen gleichmäßig zunahm.

Die Flözablagerung ist — von den oben beschriebenen Unregelmäßigkeiten abgesehen — stetig gewesen. Auf tektonische Einflüsse zurückzuführende, den Rippen ähnliche, Flözstauungen entlang von kleinen Überschiebungen wurden öfter beobachtet; verglichen mit den entsprechenden Erscheinungen in Flöz 3, sind sie jedoch von geringerer Bedeutung.

Die Kohle der Oberbank ist sehr oft mit dem nach Osten zu geringmächtiger werdenden Hangendmergel verwachsen und verzahnt; ebenso treten — insbesondere in Richtung auf die Bauwürdigkeitsgrenzen zu — häufig bis zu mehrere cm große Sand- bzw. Mergellinsen im Hangenden der Oberbank auf.

Die Grenze zum Liegenden ist im Allgemeinen schärfer ausgebildet. Im Liegenden selbst konnte — ebenso wie bei fast allen anderen Flözen des Reviers — kein Wurzelboden aufgefunden werden; hingegen wurden gelegentlich Einschlüsse bzw. ins Liegende reichende Spaltenauffüllungen mit (doppleritischer?) Kohle angetroffen.

Flöz Philipp II ist das Flöz im oberbayerischen Kohlenrevier, bei dem der Einfluß der Fazies auf die Flözausbildung am deutlichsten ausgeprägt ist. Das Schema „terrestrische Fazies — Flözaufspaltung und Verschieferung — im Westen, marine Fazies — Sande und Konglomerate — im Osten und brackische Fazies — Optimum der Flözbildung — im dazwischenliegenden Küstensaum“ hat jedoch in der subalpinen Molasse allgemeine Gültigkeit, wenn es auch oft nicht so klar erkennbar ist.

Der bankrechte Flözabstand des Flözes 2 zum nächsthangenden Flöz 3 (Großkohl) beträgt rund 150 m. Eine nähere Untersuchung (vgl. Abb. 6) ergab, daß sich dieser Abstand scheinbar regelmäßig in der Richtung von Südosten nach Nordwesten vermindert.

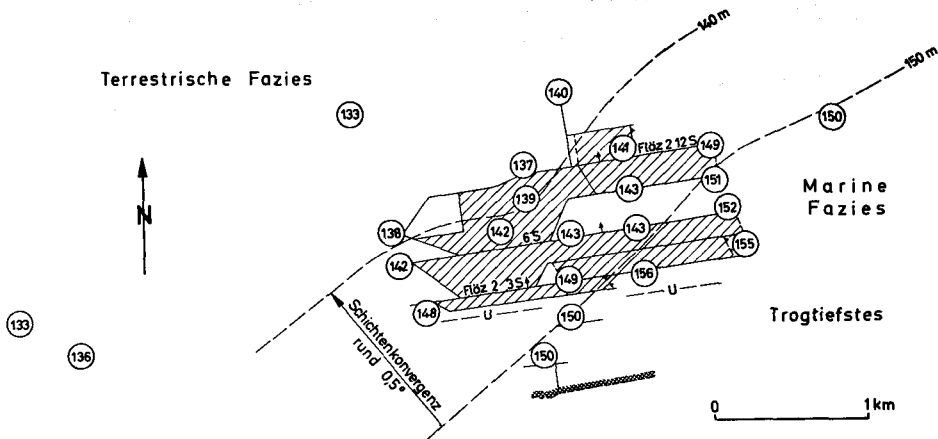


Abb. 6. Kohlenbergwerk Hausham, Schichtenmächtigkeit zwischen Flöz 2 und 3 in m.

Die Gebirgsschichten zwischen Flöz 2 und 3 werden im aufgeschlossenen Bereich je 1000 m in Richtung auf das ehemalige Trog tiefstes im Südosten zu um jeweils im Schnitt etwa 7% mächtiger (vgl. Abb. 6). Dies entspricht einer heutigen Schichtenkonvergenz von 1 : 100 bis 1 : 50 bzw. 0,5 bis 1°.

Der Sedimentationsraum muß zur Zeit der jeweiligen Moorbildung eine praktisch horizontale Oberfläche gehabt haben — mit einem Gefälle, das kleiner als 1 : 10 000 war, denn nur unter diesen Verhältnissen ist der mäandrierende Verlauf seiner Flußläufe (vgl. Flöz 4, Hausham und Flöz 24, Penzberg) entstanden. Die unterschiedlichen Schichtmächtigkeiten zwischen beiden Flözen lassen sich daher erklären:

1. durch unterschiedliche Senkung der damaligen Erdoberfläche in der Zeit zwischen der Ausbildung der beiden Flöze.

2. durch unterschiedliche Setzung des Sedimentationsmaterials in der darauf folgenden Zeit der Diagenese. Dies könnte insbesondere dann auftreten, wenn einseitig härteres Material in den Senkungstrog geschüttet worden ist.

Wahrscheinlich ist, daß im vorliegenden Fall beide Faktoren zusammengewirkt haben: 1. Die in derselben Richtung wie die Isopachysen der Gebirgsschichten zwischen Flöz 2 und 3 verlaufenden Wellenrippel und Wellenfurchen der marinen Ingression in das Flöz Philipp II lassen es sehr wahrscheinlich sein, daß das Trogtiefste zur Zeit der Bildung des Flözes im Südosten des heute aufgeschlossenen Gebietes zu suchen ist und 2. hat die von Süden (und Westen) her erfolgte (vgl. WÄCHTER 1959, GANSS 1955) Schüttung infolge der Differenzierung der Sedimente je nach Entfernung vom Ursprungsort im Süden wahrscheinlich nur eine geringere Setzung der Sedimente bei der Diagenese bewirkt als bei den im Schnitt weicheren Schichten des Nordflügels.

Es ist selbstverständlich, daß diese Betrachtung infolge möglicher Deformationen, die auf tektonische Einflüsse zurückzuführen sind, Fehler enthalten kann. Hinzu kommt, daß ja — mangels anderer Aufschlüsse — lediglich die Mächtigkeitsschwankungen eines Schichtpaketes untersucht worden sind, wobei ohne weiteres zwischenzeitlich andere Sedimentationsbedingungen geherrscht haben können.

Trotz dieser gewichtigen Einwände, die NEHM (1940) schon anlässlich ähnlicher Untersuchungen im Ruhrkarbon geltend machte, besteht ausreichender Grund zur Vermutung, daß auf diese Weise wenigstens die generelle Lage des aufgeschlossenen Flözbereiches zum ehemaligen Sedimentationsbecken ermittelt werden kann.

3.1.2. Flöz 3 — Großkohl

Dieses Hauptflöz der Haushamer Mulde wurde seit über 100 Jahren abgebaut. Der Abbau begann in den Stollensohlen des überkippten Südflügels zwischen der Schlierach und der Leitzach, wo das Flöz in sehr reiner und gleichbleibend mächtiger Ausbildung — daher der Name — angetroffen worden war. Mit dem Vordringen in größere Teufen zeigte es sich jedoch, daß sowohl die Reinheit wie auch die Gleichmäßigkeit der Ablagerung schlechter wurde. Als nach dem ersten Weltkrieg die Förderung verstärkt auf die 6. Sohle verlegt wurde, sah man das Flöz im Norden dieser Sohle, d. h. den Muldenboden und den ganzen Nordflügel, als unbauwürdig an (vgl. WEITHOFER 1920) und wendete sich in den folgenden Jahrzehnten weitgehend dem benachbarten, ruhiger abgelagerten Flöz 4 (Kleinkohl) zu. Erst als nach dem letzten Krieg die Kohlenvorräte in diesem Flöz geringer wurden, gelangte das Flöz Großkohl wieder verstärkt zum Abbau; in den letzten Jahren vor der Stilllegung war es mit rund 60 % an der Förderung beteiligt.

Der Grund, weshalb das Flöz seinerzeit als unbauwürdig betrachtet wurde, ist in den starken Mächtigkeitsschwankungen sowie in den weitgehenden Störungen des Flözverbandes im Nordflügel zu suchen. Hinzu kommt, daß das Hangende des Flözes aus einem gebräunen, bis zu 2 m mächtigen, grauen Mergel besteht, der von den Bergleuten „wilder Stein“ genannt wurde und der im Abbau oft als Nachfallpacken mitgewonnen werden mußte.

Wegen der starken Mächtigkeitsschwankungen konnten in der Mächtigkeitsskarte der Beilage 1 nur die Durchschnittswerte von Flözflächen im Ausmaß von etwa 100×100 m dargestellt werden.

Im einzelnen betrachtet, sind drei Ursachen für die starken Mächtigkeitsschwankungen festzustellen:

1. **Fließfältelung.** Gelegentlich sind im Flöz feine Bergemittelstreifen zu beobachten, die deutlich das Bild einer Fließfältelung zeigen, d. h. stets wechselnde Faltungsbilder, wo (vgl. Beilage 1, Figur 2 d) Streifen mit kleinsten Falten und Stauchungen mit nur leicht gewellten Bereichen dicht nebeneinanderliegen. Auch schlierenartig aufgelöste Bergemittelschnüre treten auf. Diese Erscheinung kann sicherlich als eine sehr früh erfolgte und mit großer Wahrscheinlichkeit durch subaquatische Rutschungen bewirkte Durchbewegung der noch sehr wasserreichen, kolloidalen Kohlensubstanz vor der Inkohlung erklärt werden (vgl. PETRASCHECK 1935 und 1940). Die Fältelung wirkt ungerichtet, die nordvergente Falten scheinen jedoch zu überwiegen. Die Kohle im Bereich der Fließfältelungen ist fest.

2. Wesentlich häufiger — in der Mulde und im Nordflügel des Großkohl-Flözes eigentlich überall — fand eine Internfaltung statt, die meist nur einzelne Kohlenbänke erfaßte, während die darüber und darunterliegenden Bänke ungestört erscheinen. Insbesondere an Hand der auffällig hellen Stinksteinmittel läßt sich die oft flexurartige Verfaltung mit stellenweisen Auswülbungen, kleinen Aufschiebungen mit harnischartig polierten Schichtflächen und ähnlichen Erscheinungen gut beobachten (vgl. Beilage 1 Figur 2 c und d).

Alle beobachteten internen Aufschiebungen und Falten haben nordvergente, ost-westlich streichende Faltenachsen-Flächen.

Die Kohle im Bereich der Internfaltung ist nicht mehr so fest wie im Bereich der Fließfältelungen. Sie erscheint zwar meistens noch äußerlich unversehrt, doch fehlt ihr oft der charakteristische pechschwarze Glanz, und sie wirkt matter, z. T. sogar schon mit einem dunkelbraunen Farbstich. Sowohl auf dem Wege vom Abbau zur Aufbereitung als auch bei längerer Lagerung zerfiel sie merkbar schneller als Kohlen aus den ungestörten Flözen.

Ob die Internfaltung noch auf subaquatische Rutschungen zurückzuführen ist (GANSS 1955), erscheint fraglich. Wahrscheinlicher ist, daß sie ein Ausdruck paradiagenetisch-tektonischer Bewegungen ist, d. h. Folge schichtparalleler Teilbewegungen im Gefüge vor oder zugleich mit der Inkohlung.

Ein Beweis für die „paratektonische und posttektonische Inkohlung“ des Flözes 3 ist die optische Anisotropie (schiefe Auslöschung) der Kohle unter dem Mikroskop (PETRASCHECK 1954).

3. Die schichtparallelen Massenbewegungen haben öfter auch den engeren Flözbereich, d. h. insbesondere den weichen und gebräunten Hangendmergel mit erfaßt. Diese größeren Flözstauchungen und Ausquetschungen sind fast ausschließlich an ost-westlich streichende und mit $30-45^\circ$ südfallende Aufschiebungsflächen gebunden (vgl. Beilage 1, Figur 2 a).

Die Kohle im Bereich der Flözstauchungen ist teilweise gänzlich umgelagert und zu Anhäufungszonen zusammengeschoben worden, während die benachbarten Bereiche ausgequetscht waren („Verdrückungszonen“).

Im Extremfall ist die Kohle einzelner Streifen pulverig mylonitisiert worden. Die chemische Analyse eines solchen Streifens ergab, daß die Kohle dann nur noch rund 18 % (i. waf.) flüchtige Bestandteile enthält gegen normalerweise über 40 %, daß sie also zu über einer Hälfte bereits entgast war.

Innerhalb des Flözes finden sich häufig infolge der schichtparallelen Gleitungen und Aufschüppungen senkrecht zur Streichrichtung glänzende Kohlen Spiegel und Harnischflächen am Hangenden mit nord-südlich verlaufenden Rillen. Die Spuren der Bewegungen in der Kohle selbst sind größtenteils wieder geheilt und zusammengebacken: die Kohle neigt jedoch zum Zerfallen. Häufig finden sich im Flöz schwarzbraun glänzende Lagen eines weichen, zerriebenen und zerscherten, schuppenförmig abblätternden Gemengels von Kohle und

Mergel, das örtlich „Letten“ genannt wurde. Eine Analyse dieses „Letten“ ergab 46,2 % Asche (i. roh) und einen Heizwert von 3130 kcal/kg.

Auch die Kohlenanreicherungen und Verdrückungen sind auf spätdiagenetische tektonische Einflüsse zurückzuführen, wofür schon ihre Bindung einmal an südfallende (die Gegenflächen fehlen!) Überschiebungsflächen, zum anderen aber an ein Scherklufsystem mit nord-südlich streichenden und mit 50—60° nach Osten oder Westen einfallenden Flächen spricht.

Die Ausbildung dieser Stauchzonen ist im Nord- und im Südflügel die gleiche.

LENSCH (1961) nahm an, daß die Kohle von Norden nach Süden in solche Stauchzonen bewegt worden ist, da er bei seinen Beobachtungen im Norden eine Ausquetschungszone fand. Dies scheint jedoch nicht zwingend zu sein, da im allgemeinen Anreicherungs- und Verdrückzonen sowohl im Fallen, wie auch im Streichen ständig wechseln — und zwar, trotz intensiver Beobachtung, ohne erkennbares System. Die Kohle kann daher — und das wird, da es den großtektonischen Bewegungen entspricht, für wahrscheinlicher gehalten — genau so auch aus den südlicher gelegenen Ausquetschungen nach Norden gepreßt worden sein.

Die Ursache für die Aufschiebungstektonik, die zur Bildung der Flözstauchungen und der Internfaltung führte, ist ohne Zweifel die Auffaltung der Molasseschichten in den jungalpidischen tektonischen Phasen des Miozän und Pliozän gewesen. Die noch nicht voll verfestigte Kohle in den Flözen bildete hierbei Inhomogenitätszonen mit geringerem Widerstand als die festen Gesteine. Bei der Faltung, einer Biege- und Knickfaltung, erfolgte eine Vielzahl schichtparalleler Verschiebungen entlang der Schichtflächen, wobei jedoch — worauf schon LANGECKER (1950) hinwies — infolge des hohen Anpreßdruckes der Alpen an die subalpine Molasse im Südflügel kein Ausweichen möglich war, also auch keine Verschiebung und keine Flözstauchungen.

Das auf den letzten Seiten geschilderte Prinzip der schichtparallelen Massenbewegungen innerhalb der Flöze gilt für alle Flöze Oberbayerns. In Flöz 3 (Großkohl) des Bergwerks Hausham sind Internfaltungen und Stauchungen zwar besonders ausgeprägt und extrem häufig anzutreffen; zum mindesten andeutungsweise sind schichtparallele Bewegungen jedoch bisher in jedem Flöz gefunden worden. Die Annahme einer „neutralen Faser“ der Faltung im Haushamer Flöz 4 nach LANGECKER (1950) erscheint daher, auch schon aus verformungsmechanischen Gründen, nicht richtig zu sein; eine solche kann nur im Liegenden der chattischen Schichten gelegen sein.

Das Flöz 3 wurde in bauwürdiger Ausbildung von den Hauptschächten aus im Südflügel je rund 4 km nach Osten und Westen aufgeschlossen. Weiter östlich ist das Flöz durch verschiedene Stinkstein- und Mergelbänke aufgespalten, wobei die Kohle an Mächtigkeit verliert. Die Bauwürdigkeitsgrenze im Osten verlief südost-nordwestlich. Ein mariner Einfluß war im Osten nicht nachweisbar.

Die Bauwürdigkeitsgrenze im Westen war noch nicht genau bekannt. Das Flöz wird zwar im Bereich der Grubenaufschlüsse nach Westen zu langsam geringmächtiger, eine Reihe von Untersuchungsbohrungen in 6,5 km Entfernung vom Schacht zeigte jedoch, daß das Flöz dort mindestens in bedingt bauwürdiger Ausbildung vorhanden war. Die leichte Buntfärbung des Nebengesteins in diesem Bereich deutet bereits den terrestrischen Einfluß auf die Fazies an.

Das Trogtiefste zur Zeit der Flözbildung scheint — worauf schon WEITHOFER (1920) hingewiesen hat — im Norden oder Nordosten der heutigen Aufschlüsse gelegen gewesen zu sein. Die Untersuchung der Mächtigkeit der Gebirgsschichten zwischen den Flözen 3 und 4 erbrachte streuende Werte zwischen 2 und 10 m mit zwei Bereichen geringen Flözabstandes im Osten. Dies Ergebnis deutet auf eine wohl wechselnde, im ganzen aber doch großräumige und gleichmäßige Absenkung des Geländes zur Zeit der Flözbildungen hin.

3.1.3. Flöz 4 — Kleinkohl

Wie das Flöz Großkohl war das bankrecht nur wenige m über demselben gelegene Flöz 4 (Kleinkohl, vgl. Beilage 1) seit Beginn des Bergbaues in Hausham in Verhieb. Seine Bauwürdigkeitsgrenzen, d. h. in etwa die Grenzen der limnischen Fazies, verliefen ungefähr parallel denen des Flözes 3 in südöstlich-nordwestlicher Richtung, allerdings gegenüber diesem um 4 bis 5 km nach Osten verschoben; die Flözbildung erfolgte in einer regressiven Phase des im Osten gelegenen chattischen Meeres. Der Flözbildungsraum zwischen diesen Grenzen ist rund 7 km breit und damit ähnlich dem des Flözes 3 wesentlich ergiebiger als der des Flözes 2.

Nach den Faziesgrenzen zu nimmt die Kohlenmächtigkeit ab; das Flöz spaltet sich unter Verschieferung nach Westen zu in den terrestrischen Bereich hinein auf — wie es schon von WEITHOFER (1920) beschrieben worden ist —, während an der östlichen Bauwürdigkeitsgrenze Kalk(= Stink-)stein an die Stelle der Kohle tritt und das Flöz schließlich unbauwürdig werden läßt. Im Bereich des Aufhauens zum Deisenrieder Stollen östlich des Wannenschlusses auf der 3. Sohle sind nur noch 10 bis 30 cm Kohle abgelagert worden.

Die Kohlenmächtigkeit ist mit 50 bis 70 cm über fast den ganzen Ablagerungsbereich hinweg erstaunlich konstant; lediglich im äußersten Südosten ist die gebaute Kohlenmächtigkeit infolge des gleichzeitigen Abbaues einer im Liegenden befindlichen örtlich stärker ausgebildeten Nebenbank deutlich größer.

Interessant ist, daß beim Abbau des Flözes auf über 6 km Länge eine schmale Auswaschungszone mit abgebaut bzw. untersucht wurde (vgl. Beilage 1), die infolge ihres mäandrierenden Verlaufes ohne Zweifel als ehemaliger Flußlauf zu erklären ist. Dieser trat beim Abbau als 15 bis 30 m breiter und 2 bis 2,5 m mächtiger Sandstreifen auf. Der Sandstein zeigte gelegentlich eine typische Kreuzschichtung und war durch kohlige Beimengungen schwarzgrau bis tiefschwarz gefärbt.

Unter der Annahme, daß der ehemalige Fluß die gesamte Mächtigkeit des ehemaligen Torfmooses ausfüllte und daß der Sand keine wesentliche Mächtigkeitsverringerung bei der Diagenese erlitt, läßt sich eine Verdichtung der kohlebildenden Substanz bei der Diagenese bis zur Glanzbraunkohle von 4 : 1 bis 5 : 1 errechnen.

Der chattische Fluß ist offensichtlich von Südwesten nach Osten verlaufen. Im Nordosten des Ablagerungsbereiches sind auch zwei weitere Auswaschungszonen aufgeschlossen worden, die wahrscheinlich als Altwasser bzw. Nebenfluß gedeutet werden können, vielleicht aber auch schon der Anfang eines Flußdeltas gewesen sind.

Das Hangende und das Liegende setzt sich aus Mergeln zusammen, die nach Osten zunehmend sandiger werden. In der Nähe der östlichen Bauwürdigkeitsgrenze wurde unmittelbar im Hangenden oft ein geringmächtiger Sandstein mit zahlreichen zusammengeschwemmten Schalen brackischer Fossilien („Muschelstein“) beobachtet, der wohl als erstes Anzeichen einer marinen Transgression zu werten ist. Die Kohle der Hangendbank ist — ähnlich wie bei Flöz 2 — intensiv mit dem Sandstein verwachsen und verzahnt.

Die Ablagerung des Flözes ist ruhig, lediglich örtlich wurden Ruschelzonen und Gebiete mit Internfaltung beobachtet (PETRASCHECK 1940).

3.1.4. Hangendflöze

Die Hangendflöze in der Haushamer Mulde, hauptsächlich die Flöze 7, 12 und 16, sind kaum untersucht worden. Die wenigen vorhandenen Querschlags- und Streckenaufschlüsse in diesen Flözen ergeben lediglich den Hinweis auf örtlich bauwürdige Flözbereiche. In Flöz 16 lief im Jahre 1965 ein Untersuchungsprogramm. Das Flöz wurde in wechselhafter Ausbildung angefahren und wies die von Flöz 3 her bekannte typische Internfaltung auf (vgl. Abb. 7).



Abb. 7. Kohlenbergwerk Hausham, Flöz 16 in der Muldenstrecke nach Osten oberhalb des 1. westlichen Querschlags auf der 3. Sohle.

3.2. Kohlenbergwerk Penzberg

Anfang des letzten Jahrhunderts begann der Kohlenbergbau in Penzberg. Zunächst wurden ausschließlich die Flöze in der südlichen, der *P e n z b e r g e r M u l d e* gebaut. Die Flöze stehen hier im Südflügel steil überkippt und im Nordflügel mit halbsteilem Einfallen an. Die Hauptträger der damaligen Förderung waren die Flöze 3, 12, 16, 17 und 20.

Um 1880 wurde mit der Untersuchung der nördlich der Penzberger Mulde gelegenen kleinen *L a n g s e e - M u l d e* und der großen *N o n n e n w a l d - M u l d e*, die dem nördlichen Muldenzug angehört, begonnen. Im Jahre 1899 war die Förderverbindung durch einen Querschlag auf der 1. (200 m) Sohle vom Nordflügel der Nonnenwaldmulde bis zum Südflügel der Penzberger Mulde hergestellt.

Auch die Nonnenwaldmulde hat im Nordflügel halbsteiles Einfallen, während die Flöze des Südflügels steil bis überkippt stehen. Zwei steilstehende große Störungen, die den Südflügel durchqueren, haben im Bereich der Hauptabteilung örtlich eine Schichtenverdoppelung bewirkt (vgl. Abb. 4).

Als Anfang dieses Jahrhunderts die Kohlenvorräte in der Penzberger Mulde zur Neige gingen, wurde im Südflügel der Nonnenwaldmulde der Nonnenwaldschacht abgeteuft (1914—1918) und dort mit der Förderung begonnen. Seit 1934 wurde ausschließlich aus den Flözen der Nonnenwaldmulde gefördert. Hauptfördersohle war bis 1956 die 4. (500 m) Sohle; danach war es die 5. (650 m) Sohle. Gebaut wurde bis etwa 1955 in den beiden Flügeln der Mulde; seit dem Umzug auf die 5. Sohle erfolgte der Abbau im wesentlichen in dem verhältnismäßig breiten, flachen Muldenboden der Flöze.

Von den 31 mit Zahlen benannten „Flözen“ der Nonnenwaldmulde, die zum Teil vollständig unbauwürdig sind und auch oft auskeilen, waren 9 — zum mindesten örtlich — als bauwürdig bekannt. Es sind dies die Liegendflöze 3 und 12, die mit Sicherheit identisch mit den entsprechenden Flözen der Penzberger Mulde sind; die mittlere Flözgruppe mit den Flözen 22, 23 und 24 und die oberhalb des Unteren Glassandes liegenden Hangendflöze der „Schwaiger Schichten“, die Flöze 25, 26, 28 und 29, die allerdings — bis auf Flöz 26 — lediglich örtlich bauwürdig gewesen sind.

Die Flöze 26, 24 und 23 sind im Bereich des engeren Baufeldes ausgekohlt; in den letzten Jahren wurde als tragendes Flöz das Flöz 22 abgebaut. Die Liegendflöze 3 und 12 wären in größerem Umfang erst in späteren Jahren zum Verhieb gekommen.

Die fast genau ost-westlich streichende Muldenachse der Nonnenwaldmulde taucht, von einer Querwelle östlich des Hauptschachtes abgesehen, generell mit etwa 2° nach Westen zu ein. Der tiefste Punkt der Grube im Muldentiefsten des Flözes 12 in der Hauptabteilung lag etwa 750 m unter der Rasenhängebank.

Das Baufeld des Bergwerkes Penzberg in der Nonnenwaldmulde ist im Norden durch eine mehrfach untersuchte Überschiebungszone, die sich in den Flözen durch große Schleppungen anzeigt, gegen das Miozän begrenzt. Die südliche Begrenzung ist durch die Ausbisslinie gegeben. Nach Osten zu steigt die Mulde allmählich bis zu einem in etwa 9 km Entfernung vom Schacht gelegenen

Quersattel (bei Bernwies) an, um dann wieder als „Rimslrainer Mulde“ einzutauchen.

Die westliche Begrenzung des Baufeldes wurde nicht genau aufgeschlossen. Im Flöz 24, dem in der Mulde am weitesten nach Westen gebauten Flöz, begann sie sich durch eine Reihe von Aufschiebungen abzuzeichnen, die sich wahrscheinlich von der nördlichen Hauptüberschiebung abspalten und in querschlägige Richtung übergehen. Bei Aufschiebungshöhen von 5 m und mehr lag jeweils der westlicher gelegene Teil des Flözes tiefer.

Ob — wie dies GILLITZER (1957) annahm — eine Verbindung zwischen der Penzberger Lagerstätte und der 20 km westlich dieser gelegenen Lagerstätte von Peißenberg vorhanden ist, erscheint fraglich. Abgesehen von den durchaus wahrscheinlichen faziellen Verschiebungen im Zwischenbereich sieht es so aus, als ob nur die im Raume Peißenberg und die im Baufeld des Nonnenwaldschachtes liegenden chertischen Schichten bei der Auffaltung so hoch überschoben worden sind, daß sie für den Bergbau erreichbar wurden. Das Ergebnis der Tiefbohrungen Oberhausen (Cyrenenschichten ab 1417 m Teufe) und Eberfing 1 (Cyrenenschichten von 2100 m bis ca. 2630 m) sowie die in diesem Bereich durchgeführten seismischen Untersuchungen scheinen diese Annahme zu bestätigen.

3.2.1. Flöz 3

In der steilen Lagerung des Südflügels der Nonnenwaldmulde war Flöz 3 — so wie seinerzeit in der Penzberger Mulde — eines der tragenden Flöze. Es ist hier über eine Bauhöhe von rund 600 m vom Schacht aus auf eine streichende Länge von 2,3 km nach Westen und 2,2 km nach Osten untersucht und viel gebaut worden. Im Bereich der den Südflügel der Nonnenwaldmulde querenden Störungen ist das Flöz 3 sogar auf rund 1 km Erstreckung doppelt abgebaut worden — einmal in der nördlichen, mit der Hauptmulde zusammenhängenden, sogenannten „b-Partie“ und einmal in der Südscholle, der „a-Partie“.

Das Flöz ist im West- und Mittelfeld sehr rein, lediglich im Ostfeld schalten sich zunehmend Stinksteinbänke in den Flözverband ein. Die durchschnittliche Kohlenmächtigkeit lag um oder knapp unter 50 cm.

Der verhältnismäßig geringen Faziesveränderung in Ost-West-Richtung steht allem Anschein nach eine größere Veränderung der Fazies von Norden nach Süden gegenüber. Während nämlich ein Abbauersuch im Nordflügel der Nonnenwaldmulde infolge der geringen Kohlenführung etwas enttäuschend verlief, ist das Flöz im Südflügel mit Erfolg gebaut worden und in der südlicher gelegenen Penzberger Mulde nach WEITHOFER (1920) noch besser ausgebildet gewesen.

Das Liegende des Flözes besteht im Südflügel aus mehr oder weniger sandigen Mergeln, im Nordflügel war es ein Sandstein. Das Hangende war überall ein — auffallenderweise fossilärmer — Mergel.

3.2.2. Flöz 12

Das 55 m im Hangenden von Flöz 3 gelegene Flöz 12 war wie dieses ein tragendes Flöz im Südflügel der Nonnenwaldmulde. Es ist hier auf fast 4 km streichende Erstreckung in der a-Partie und auf 3 km in der b-Partie von Ober tage bis zur Höhe der 5. Sohle, d. h. in einer Bauhöhe von insgesamt 650 m, mit gutem Erfolg gebaut worden.

Ein Abbauversuch im Nordflügel zwischen der 2. und 4. Sohle verlief — wie im Flöz 3 — nicht sehr zufriedenstellend. Das Flöz war hier verhältnismäßig oft verstaubt, und die Kohlenführung war wesentlich schlechter als im Südflügel, während der Stinkstein sehr an Mächtigkeit zugenommen hatte. In der Penzberger Mulde war auch dieses Flöz nach WEITHOFER (1920) wesentlich besser ausgebildet als in dem Südflügel der Nonnenwaldmulde. Die starke Faziesänderung in Nord-Süd-Richtung des Ablagerungsgebietes ist also, wie bei Flöz 3, auch hier zu beobachten gewesen.

Das charakteristische Merkmal dieses Flözes sind die vielen mehr oder weniger starken Stinkstein-Zwischenmittel, die oft zusammengenommen dieselbe Mächtigkeit wie die Kohle hatten.

Zur Erzielung eines besseren Ausbringens wurden daher — besonders in der steilen Lagerung — gelegentlich einzelne stärkere Stinksteinbänke im Hangenden oder Liegenden einschließlich kleinerer Kohlenbänke in den Abbauen nicht mitgewonnen, sondern angebaut. Dies war oft auch schon deshalb notwendig, um keine zu große Flözöffnung zu erhalten und um mit den in den Blindorten anfallenden Versatzbergen auszukommen. Die durchschnittlich gebaute Kohlenmächtigkeit lag daher mit 50 bis 55 cm unter der wahren Gesamtmächtigkeit der Kohle.

Das Nebengestein ist im ganzen Untersuchungsbereich ein verhältnismäßig sandarmer Mergel.

In neuerer Zeit war zur Untersuchung des Muldenbodens des Flözes ein fast 800 m langes Untersuchungsüberhauen aufgefahren worden, welches das Flöz im allgemeinen in der vom Südflügel her bekannten bauwürdigen Ausbildung angetroffen hatte. Nur im Bereich des Muldentiefsten spaltete sich das Flöz infolge eines bis zu 2,75 m stark werdenden Zwischenmittels aus Mergel auf eine Länge von 190 m auf (vgl. Beilage 2, Figur 1 a). Dieser Zwischenmergel ist limnischer Herkunft, wie an Hand der dort gefundenen Blatt- und Schilfreste sowie der Fossilien nachgewiesen werden konnte. Er ist stark tonig, feinkörnig und — worauf die oft zu beobachtende feine Streifung hinweist — unter ruhigen Sedimentationsbedingungen entstanden. Im Bereich seiner größten Mächtigkeit ist in den Mergel ein ost-westlich verlaufender Sandstreifen von rund 12 m Breite und maximal 3,2 m Mächtigkeit eingelagert. Die ganze Aufspaltung kann wohl — analog den entsprechenden Erscheinungen in Flöz 4 in Hausham — als ehemaliger Flußlauf mit benachbarten Altwässern gedeutet werden. Es ist möglich, daß zwei früher aufgeschlossene Auswaschungstreifen im äußersten Westen des abgebauten Bereiches im Südflügel (vgl. Beilage 2, Figur 1) von demselben Flußlauf verursacht worden sind.

3.2.3. Flöz 22

Rund 110 m im Hangenden des Flözes 12 liegt Flöz 22. Dieses Flöz, das in den letzten Jahrzehnten sowohl im Nord- als auch im Südflügel der Nonnenwaldmulde gebaut worden ist, war seit 1960 — infolge seiner guten Gewinnbarkeit in vollmechanisierten Abbauen — das tragende Flöz des Bergwerkes Penzberg.

Die guten Eigenschaften dieses Flözes bei der mechanischen Gewinnung waren im wesentlichen darin begründet, daß die Hangend- und Liegendschichten im abgebauten Feld aus mächtigen sandigen Mergeln und Sandsteinen bestan-

den, welche die für eine mechanische Gewinnung unbedingt notwendigen Festigkeitswerte aufweisen.

Das Flöz 22 hatte eine durchschnittliche Gesamt-Kohlenmächtigkeit von 60 bis 70 cm. Die bei der Gewinnung mitzunehmenden Bergemittel — meist Stinkstein-, aber auch Mergelbänke — lagen im allgemeinen in derselben Größenordnung; so daß sich bei einem Kohle : Berge-Verhältnis von 1 : 1 Ausbringen zwischen 35 und 40 % ergaben (vgl. Abb. 2).

An verschiedenen Stellen des Muldenbodens und des Nordflügels von Flöz 22 konnten Internfaltungen der Stinksteinbänke und manchmal auch subaquatische Rutschungen beobachtet werden. Abbildung 8 zeigt ein Beispiel hierfür: Bei normal gelagertem Hangenden und Liegenden sind mehrere Stinksteinbänke zu 30 bis 50 cm großen nordvergenten Falten zusammengeschoben und z. T. sogar entlang von südfallenden Störungsflächen überschoben worden. Die Kohle war in diesem Bereich wieder verkittet und erschien unversehrt. Auf dem rechten unteren Ende des Bildes ist eine schmale Stinksteinbank zu sehen, die schon fließfaltenähnlich, aber mit derselben Vergenz verfault ist.

Es ist auf den ersten Blick überraschend, daß die Internfaltung in Flöz 22 den von Flöz Großkohl in Hausham gewohnten Bildern (vgl. Beilage 1) so vollkommen gleicht. Wenn man sich aber überlegt, daß die Ursache in beiden Fällen in der „Decken“tektonik der sich ja ähnelnden Großmulden liegt, ist die gleiche Form der Internfaltung in beiden Flözen nicht mehr weiter verwunderlich.

Ob Internfaltungen in den Liegendflözen 3 und 12 bisher schon beobachtet worden sind, ist nicht bekannt. Es ist jedoch wahrscheinlich, daß die fehlenden Angaben hierfür nur eine Folge der noch unzureichenden Aufschlußverhältnisse im Nordflügel und im Muldenboden sind.

Das Flöz 22 ist auf eine streichende Erstreckung von 3 km im Nordflügel bzw. auf 5 km im Südflügel gebaut oder untersucht worden, ohne daß sich die



Abb. 8. Kohlenbergwerk Penzberg. Internfaltung in Flöz 22, Abbau Nord 3 nach Westen, Oktober 1964. Höhe 1,20 m.

Bauwürdigkeit wesentlich verändert hätte. Gute Aufschlüsse des Flözes in einem Untersuchungsquerschnitt bei Bernwies deuten sogar darauf hin, daß es im Osten noch auf eine weite Erstreckung hin bauwürdig vorhanden sein wird.

In Süd-Nord-Richtung bestehen zwischen der 3. Sohle im Nordflügel und dem Ausbiß im Südflügel zunächst keine wesentlichen faziellen Unterschiede, wenn man von der Zunahme des Sandanteiles im Hangendgestein absieht. Nördlich der 3. Sohle im Nordflügel jedoch ist das Flöz infolge mehrerer mächtiger werdender Mergelbänke gespalten und daher unbauwürdig. Die Aufspaltung, der größere Sandanteil im Norden und die Richtung der subaquatischen Rutschungen deuten darauf hin, daß das Muldentiefste zur Zeit der Bildung des Flözes 22 im Norden des heutigen Abbaubereiches lag.

Der südliche Teil des Muldenbodens wird von einer etwa südwest-nordöstlich streichenden, langgestreckten und rund 80 m breiten Aufspaltungszone durchzogen. Daneben wurden verschiedentlich kleinere, mehr runde Aufspaltungen beobachtet.

In diesen Zonen ist jeweils ein Zwischenmergel allmählich bis zu 2 m mächtig geworden. Diese Mergel sind lichtgrau, tonig und feinkörnig. Sie sind unter ruhigen Ablagerungsbedingungen sedimentiert worden; auf Grund ihres Fossilinhaltes sind sie limnischer Herkunft. Abdrücke von Schilf sind häufig.

Im Gegensatz zu der in Flöz 12 beobachteten Aufspaltung mit einer ausgeprägten Erosionsrinne in der Mitte, handelt es sich hier wahrscheinlich um ehemalige Süßwasserseen bzw. um von langsam fließendem Wasser durchzogene Rinnen, in denen sich unter dem Wasserspiegel Seton abgelagerte.

3.2.4. Flöz 23

Das ca. 28 m über Flöz 22 gelegene Flöz 23 gehörte zu den Flözen der Nonnenwaldmulde, die trotz einer nur durchschnittlichen Kohlenführung doch recht oft abgebaut worden sind. Da es allerdings für die Mechanisierung nicht die günstigen Voraussetzungen mitbrachte wie das Flöz 22, wurde in Flöz 23 in der letzten Zeit vor der Stilllegung nur noch in geringerem Umfang Abbau getrieben.

Im steilen Südflügel ist das Flöz in den westlichen Abteilungen in bauwürdiger Ausbildung mit nur geringen Zwischenmitteln angetroffen und dort auch nahezu vollständig ausgekohlt worden. In ebenso guter Ausbildung wurde es auch im Mittelfeld des Nordflügels zwischen der 2. Sohle und der Muldenlinie gebaut. Hier machte sich jedoch schon häufig eine Mächtigkeitszunahme der meist mergelig-lettigen Bergemittel bemerkbar. Im Norden und im Osten der abgebauten Flächen spaltet sich das Flöz und wird dadurch vollständig unbauwürdig. Es ist daher anzunehmen, daß zur Zeit der Flözbildung das Maximum der Senkungen des Sedimentationsbeckens im Norden bzw. Nordosten gelegen sein muß.

Ähnlich wie in Flöz 22 wurde durch zwei Abbaue im Nordflügel eine aus westlicher bis südwestlicher Richtung kommende „Aufspaltungszone“ aufgeschlossen, in der der Zwischenmergel über 60 cm mächtig wird. Offensichtlich handelt es sich auch hier um die Sedimente eines langsam fließenden, mäandrierenden limnischen Gewässers, das in Richtung auf die durch die heutige Flözspaltung kenntliche Flachsee geflossen ist und dabei das kohlebildende Moor durchquerte.

In der Penzberger Mulde wurde Flöz 23, genau so wie Flöz 22 und alle anderen Hangendflöze, nicht mehr aufgeschlossen, da diese Mulde stärker erodiert ist als die Nonnenwaldmulde und daher die mittlere Flözgruppe nur noch im Muldenkern vorhanden ist.

3.2.5. Flöz 24

Nur rund 10 m über dem Flöz 23 liegt das Flöz 24. Dieses Flöz war lange Jahre hindurch ein tragendes Flöz des Bergwerkes Penzberg und ist daher verhältnismäßig gut aufgeschlossen worden. Zwischen der Hauptüberschiebung im Norden und dem Ausbiß im steilen Südflügel ist das Flöz auf rund 2,5 km streichende Länge im Bereich des engeren Baufeldes des Nonnenwaldschachtes nahezu vollständig abgebaut worden (vgl. Beilage 2, Figur 4).

Die Kohlenführung war dabei gut; bei einer gebauten Flözöffnung von etwas über 1 m waren im Durchschnitt etwa 60 cm Kohle. Als Zwischenmittel traten fast ausschließlich mehr oder weniger mächtige Stinksteinbänke im Flöz auf. Das Hangende und Liegende besteht aus Mergeln, die — wenn sie mit Wasser in Berührung kommen — aufquellen und weich werden und damit den Abbau außerordentlich erschweren, wenn nicht gar unmöglich machen. Aus diesem Grunde wurde der 15 bis 20 m im Hangenden des Flözes gelegene, wasserführende, über 30 m mächtige „Untere Glassand“ soweit als möglich vor dem Abbau durch Vorbohren entwässert.

Innerhalb der abgebauten Flözflächen war die Kohlenführung nicht überall gleich gut. Es sind vielmehr deutlich drei 500 bis 800 m breite, von Westsüdwesten nach Nordosten verlaufende Streifen mit sehr guter Kohlenführung zu erkennen, die durch rund 200 m breite Zonen mit mäßiger bis schlechter Kohlenführung voneinander getrennt sind. In der Mitte dieser schlechter ausgebildeten Flözstreifen verlaufen mehr oder weniger stark mäandrierende Auswaschungs- bzw. Aufspaltungszonen.

Aus Figur 4 in Beilage 2 ist ersichtlich, daß es sich auch bei der Aufspaltung in Flöz 24 um eine 70 bis 150 m breite, starke Mächtigkeitszunahme eines Zwischenmittels innerhalb des Flözes handelt, in deren Kern ein 35 bis 40 m breiter und maximal 3 bis 4 m mächtiger Sandstreifen mehrfach aufgeschlossen worden ist. In der nördlichen Auswaschungszone ist die Aufspaltung des Flözes geringer.

Bei beiden Auswaschungszonen handelt es sich unzweifelhaft um synsedimentäre Erosionsrinnen. Diese waren von Gebietsstreifen umgeben, in denen das Wachstum kohlebildender Pflanzensubstanz zurücktrat zugunsten einer verstärkten Ablagerung von Seetonen. Die Fließrichtung dieser chattischen Gewässer beweist, daß das Sedimentationsbecken auch zur Zeit der Entstehung des Flözes 24 im Nordosten des heutigen Baufeldes lag.

Im Muldenboden des Westfeldes wurde in Flöz 24 eine lebhafte Internfaltung beobachtet, die — genau so wie in Flöz 22 und im Haushamer Flöz 3 — ausschließlich nordvergente Faltenbilder zeigte. Im Bereich der Überschiebungen und sonstiger Spezialtektonik wurden verschiedene kleinere Verdrückungen beobachtet, denen jedoch in unmittelbarer Nachbarschaft entsprechende Anreicherungszone gegenüberstehen.

3.2.6. Flöz 25

Das Flöz 25 liegt rund 30 m über dem Unteren Glassand und ist daher das erste Flöz der „Schwaiger Schichten“. Es ist meist nur zwischen 30 und 40 cm mächtig. Das Flöz ist deshalb auch nur im Nordflügel örtlich, wo es über 40 cm mächtig war, gebaut worden, und auch das nur in Zeiten, in denen die Kohle Mangelware war. Der Südflügel des Flözes ist unbauwürdig.

Die geförderte Kohlenmenge aus Flöz 25 liegt unter 300 000 t verwertbarer Kohle; das Flöz kann daher als unbedeutend bezeichnet werden.

Die nur wenigen Aufschlüsse in dem Flöz 25 erlauben keine gesicherten Aussagen über die Faziesbedingungen bei der Entstehung. Es läßt sich nur soviel sagen, daß nach Westen und Süden zu — anscheinend infolge eines stärkeren terrestrischen Einflusses zur Zeit der Flözbildung — eine Verschieferung und Flözverringering eintritt.

3.2.7. Flöz 26

5 bis 8 m über Flöz 25 liegt das Hauptflöz der Schwaiger Schichten, das Flöz 26. Seit Beginn der Bergbautätigkeit in der Nonnenwaldmulde ist dieses Flöz immer wieder mit Erfolg abgebaut worden. Dies war einmal auf rund 3 km streichende Baulänge im Nordflügel oberhalb der 4. Sohle der Fall und dann hauptsächlich im Westfeld des Südflügels auf rund 1000 m Baulänge, zu denen noch rund 500 m im Bereich der Hauptabteilung kamen. Schließlich ist das Flöz zwischen 1955 und 1961 noch einmal auf fast 2,5 km streichende Baulänge im Muldenboden zum Verhieb gekommen, erbrachte hier jedoch nicht mehr die vom Nord- und Südflügel her gewohnten guten Ergebnisse.

Das Flöz war im Schnitt 55 bis 60 cm mächtig, im Westfeld des Südflügels sogar rund 70 cm. Zwischenmittel im Flöz waren — zum mindesten im Mittelfeld — mit Ausnahme von geringmächtigen Mergelpacken seltener als in den anderen Flözen. Das Hangende und das Liegende besteht aus Mergel, wobei im unmittelbaren Hangenden des Flözes eine „Muschelschicht“ mit zahlreichen Schalen von *Polymesoda convexa* charakteristisch ist.

Die Kohle von Flöz 26 — vor allem im Bereich des Muldenbodens — war mit 15 bis 18 % Asche (i. wf), auch für oberbayerische Kohlen, sehr aschereich. Der große Aschegehalt war, neben anderen Ursachen, eine Folge zahlreicher Kalkschalen von Süßwasser-Schnecken der Gattung *Coretus* (früher „*Planorbis*“), die dicht nebeneinanderliegen und alle, in geringem Abstand voneinander ausgebildeten, Schichtflächen der Kohle bedecken.

Der abgebaute Teil des Flözes 26 ist im Osten und im Westen von Bereichen geringerer Kohlenmächtigkeit begrenzt. Innerhalb des Baufeldes war in hauptsächlich zwei etwa 500 m breiten Zonen die sonst gleichmäßig ausgebildete Kohlenführung des Flözes infolge örtlicher Auswaschungen so schlecht, daß ein lohnender Abbau oft unmöglich war. Von diesen Zonen verläuft eine von Nordosten her diagonal durch das gebaute Feld hindurch, während die andere ungefähr der Muldenlinie folgt.

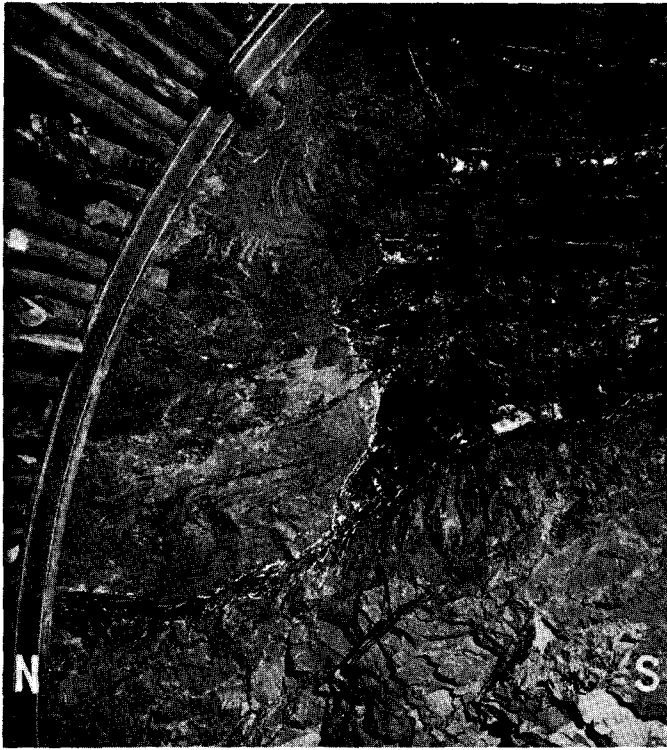


Abb. 9. Auskolkung in Flöz 26, Muldenstrecke nach Osten bei 123 m, Flözmächtigkeit 1 m.

Die Auswaschungen (vgl. Abb. 9) haben unregelmäßig geformte, meist mehr oder weniger runde Flözflächen mit Durchmessern von wenigen m bis zu 100 m erfaßt, in denen die Kohle bis auf geringe Reste am Liegenden und charakteristische Kohlensplitter im tauben Gestein allem Anschein nach weggespült worden ist. Die Erosion in diesen Flözbereichen ist vielleicht am besten als eine durch starke Strömungen oder durch Strudel bei einer Transgression hervorgerufene Auskolkung des noch humosen Kohleschlammes unmittelbar anschließend an dessen Entstehung zu erklären. In die ausgewaschenen Kolke ist dann das heutige Hangendmaterial, ein sandiger grauer Mergel mit vielen Schalenresten brackischer Fossilien, eingeflossen. Die dabei entstandenen Fließfalten und Stauchungen des eingeschwemmten Bergematerials erwecken den Eindruck, als wäre die Transgression von Norden oder Nordosten her erfolgt, was auf Grund unserer allgemeinen Kenntnis der palaeogeographischen Verhältnisse im oberen Chatt durchaus wahrscheinlich ist.

Der dabei ausgeschwemmte Kohleschlamm müßte hierbei nach Südwesten geschwemmt worden sein und könnte — möglicherweise — eine Erklärung für die ungewöhnlich gute Kohlenführung des Flözes 26 in diesem Feldesteil sein.

Die hier als Auskolkung bzw. Auswaschung bezeichneten Erscheinungen sind im oberbayerischen Kohlenbergbau in dieser Form nur im Flöz 26 der Nonnenwaldmulde bekannt. Eine andere Erklärung für dieses Auftreten tauben Gesteins im Flöz, d. h. etwa eine Erklärung als syngenetisch entstandene,

ehemals wasserführende und später mit Bergematerial ausgefüllte Mooraugen wird für unwahrscheinlich gehalten.

3.2.8. Flöz 28

Auf rund 1000 m streichende Baulänge und 700 m Bauhöhe ist im Nordflügel der Nonnenwaldmulde das ca. 36 m über Flöz 26 gelegene Flöz 28 abgebaut worden. Mit durchschnittlich knapp 60 cm Kohle, wenig Zwischenmitteln und einem verhältnismäßig guten Hangenden und Liegenden aus Mergel war das Flöz 28 in diesem Bereich durchaus bauwürdig. Die übrigen Aufschlüsse jedoch, vor allem auch im Südflügel, zeigten das Flöz in wesentlich schlechterer Ausbildung, so daß es — bis auf den engeren, abgebauten Bereich — als unbauwürdig bezeichnet werden mußte.

3.2.9. Flöz 29

Ähnliches wie für das Flöz 28 galt für das rund 35 m über demselben gelegene Flöz 29. Auch dieses war nur im Nordflügel und zwar zwischen dem Ausgehenden im Norden und der 1. Sohle auf rund 1,5 km streichende Baulänge örtlich bauwürdig. Alle anderen Aufschlüsse des Flözes wiesen eine starke Zunahme der Stinksteinbänke im Hangenden auf, während der Kohleanteil sank.

3.3. Kohlenbergwerk Marienstein

In der westlichen Fortsetzung der Haushamer Mulde zwischen Mangfall und Isar treten bei der Ortschaft Marienstein im Süden und bei Reichersbeuern im Norden Schichten der Brackwassermolasse auf. Im Jahr 1904 wurde hier das Kohlenbergwerk Marienstein eröffnet. Die Förderung dieses Bergwerks war stets deutlich geringer als in den Nachbarbergwerken Hausham und Penzberg. Sie betrug jedoch immerhin im Spitzenjahr 1959 98 000 t verwertbare Kohle. Am 31. 1. 1962 wurde das Bergwerk stillgelegt.

Das in enger Verbindung mit dem Bergwerk gestandene Kalk- und Zementwerk, das weiter in Betrieb ist, hat früher auch „Stinkstein“ als Rohstoff für die Zementherstellung verwendet, der bis jetzt auch noch aus alten Halden des früheren Kohlebergwerkes gewonnen wurde.

Die sogenannte Mariensteiner Mulde ist regelmäßig ausgebildet. Die Schichten streichen Ost-West. Sie fallen im Nord- und Südflügel mit ca. 60° ein und verflachen gleichmäßig zum Muldentiefsten zu. Die Mulde ist ca. 2 km breit und taucht mit etwa 2 bis 3° nach Osten zu ein. Das Muldentiefste der Flöze liegt bei etwa 800 m. Das Ausgehende im Nord- und Südflügel ist durch Schürfe gut bekannt.

Grundlage des Bergbaues war das Flöz 5 mit 40 bis 55 cm Kohlenmächtigkeit. Die Gesamtmächtigkeit einschließlich des hauptsächlich aus Stinkstein bestehenden Nebengesteins betrug 0,7 bis 1,3 m. Dieses Flöz ist im Nord- und Südflügel sowie seit 1955 im Muldenbereich abgebaut worden. Nach Westen zu machten sich Anzeichen für eine Flözaufspaltung bemerkbar.

20 m im Liegenden von Flöz 5 liegt Flöz 2. Dieses ist im Süden großflächiger gebaut worden, im Norden nur örtlich. In Zusammensetzung und Mächtigkeit schwankte das Flöz oft plötzlich. Die durchschnittliche gebaute Mächtigkeit lag zwischen 40 und 50 cm.

Nur gelegentlich wurde das zwischen den Flözen gelegene Flöz 3 gebaut. Im Hangenden von Flöz 5 sind keine bauwürdigen Flöze vorhanden. Eine Identifizierung der Mariensteiner mit den Haushamer Flözen ist wiederholt versucht worden. Danach (STEPHAN 1965) handelt es sich bei den beiden Mariensteiner Hauptflözen um Flöze, die stratigraphisch den marinen Bausteinschichten der Haushamer Mulde, faziell den ältesten Haushamer Flözen, also denen der Liegend-Flözgruppe unter der Philipp-Flözgruppe entsprechen.

Die Schichten, die in Hausham noch der Brackwassermolasse angehören, sind hier in der Fazies der Unteren Bunten Molasse ausgebildet.

Die chemischen Eigenschaften der Mariensteiner Kohle entsprechen denen der Liegendflöze von Hausham.

Bei der Stilllegung wurde ein Kohlenvorrat (sicher + wahrscheinlich + möglich) von ca. 0,9 Mio t verwertbarer Kohle errechnet.

4. Ergebnisse der Untersuchungen

4.1. Räumliche Veränderungen der Flöze

Die Veränderung der Kohlenführung eines Flözes kann auf mehrere, grundsätzlich verschiedene Ursachen zurückgeführt werden. Diese sind:

1. Großräumige gerichtete Veränderungen, die auf Grund unterschiedlicher fazieller Bedingungen bei der Entstehung der Kohle zu erklären sind (Abschnitt 4.1.1.),

2. örtliche anormale Schwankungen, die nur durch das Hinzutreten von neuen, von der Ablagerung der kohlebildenden Substanz unabhängigen, Faktoren erklärt werden können. Hierzu gehören die Mächtigkeitsveränderungen durch Erosion und die Schwankungen der Kohlenführung infolge tektonischer Einflüsse (Abschnitt 4.1.2.),

3. eine mehr oder weniger zufällige Streuung, die — wenn alle gerichteten oder örtlich anormalen Veränderungen eliminiert sind — innerhalb eines nicht zu kleinen Beobachtungsbereiches den Gesetzen der Wahrscheinlichkeit gehorchen sollte (Abschnitt 4.1.3.).

4.1.1. Einfluß der Fazies auf die Flöze

Die untersuchten Flöze im oberbayerischen Glanzbraunkohlenrevier sind als küstennahe limnische Sedimente in mehr oder weniger breiten Streifen zwischen dem terrestrischen und dem marinen Faziesbereich entstanden.

Bei den Flözen der Kohlenbergwerke Hausham und Marienstein verlaufen diese Streifen, im großen und ganzen gesehen, in nord-südlichen Richtungen;

bei den Flözen des Bergwerkes Penzberg liegen sie im wesentlichen ost-westlich. Da die kohleführenden Mulden der subalpinen Molasse in ihrer Ost-West-Ausdehnung erheblich größer sind als von Norden nach Süden, wurden die Faziesgrenzen durch die Bergwerke Hausham und Marienstein häufiger und deutlicher aufgeschlossen als im Bergwerk Penzberg, wo die Mulden in etwa parallel zu dem ehemaligen Küstensaum verlaufen.

Der marine Faziesbereich liegt, was auf Grund unserer allgemeinen paläogeographischen Kenntnisse des Chatt zu erwarten war, in allen Flözen im Osten bzw. im Norden. Nur in einem einzigen Falle allerdings — im Flöz Philipp II des Bergwerkes Hausham — wurde die Annäherung an die marine Fazies deutlich erkennbar aufgeschlossen. Hierbei konnten verschiedene charakteristische Erscheinungen der küstennahen marinen Fazies — Oszillationsrippeln, Wellenrippel und Wellenfurchen sowie Auswaschungsrinnen — immer stärker werdend im sandig-konglomeratig ausgebildeten Nebengestein beobachtet werden, bis das Flöz schließlich schlagartig (Strandwall einer Ingressionsküste?) im Osten endete. Die Kohlenführung war hierbei bis zum letzten Meter gleichförmig.

Bei allen anderen Flözen wurde die Bauwürdigkeitsgrenze nach Osten und Nordosten zu, d. h. in Richtung auf die marine Fazies, nur durch Zunahme der — meist limnischen — Bergemittel, insbesondere des Stinksteins, gekennzeichnet.

Die im Ruhrkarbon zur Unterscheidung mariner von brackischen und limnischen Sedimenten in neuester Zeit verschiedentlich angewandte „Bor-Methode“ (der Borgehalt eines Gesteins ist eine Funktion der Salinität des Bildungsraumes) erschien für die vorliegenden Untersuchungen zu aufwendig und wurde deshalb nicht angewendet. Der reiche Fossilgehalt der subalpinen Molasse ermöglichte auch ohne dieses Hilfsmittel eine deutliche Erkennung der Fazies der Gesteine.

Es muß jedoch festgestellt werden, daß eine Zunahme der Bergemittel auch in Richtung auf den terrestrischen Faziesbereich zu stattfindet, wobei die Kohlenführung zunächst in etwa konstant bleibt. Die Zunahme der Bergemittel für sich allein kennzeichnet also nur die Annäherung an den Rand des Ablagerungsgebietes eines Flözes, nicht jedoch, ob es sich um den Übergang zur marinen oder zur terrestrischen Fazies handelt.

Die eigentliche terrestrische Fazies, die in allen Flözen im Westen des Ablagerungsbereiches liegt, ist durch eine zunehmende Verschieferung der Flöze, d. h. durch eine Zunahme des Mergelanteils in der Kohle, die sich auch als Aufspaltung äußern kann, charakterisiert. Diese Erscheinung, die *V e r t a u b u n g* („V“ in den Mächtigkeits- und Strukturkarten), konnte besonders gut in den Haushamer Flözen 2 und 4 an deren westlicher Bauwürdigkeitsgrenze beobachtet werden.

Das Wort „Vertaubung“ wird verschiedentlich im weiteren Sinne für jegliche stärkere Verringerung der Kohlenführung verwendet ohne Rücksicht darauf, ob die Ursache hierzu schon in der Genese lag oder ob die Flözveränderung erst später durch Erosion oder Tektonik hervorgerufen wurde. In der vorliegenden Arbeit wurde — insbesondere auch in den Mächtigkeits- und Strukturarten — so weit als möglich unterschieden zwischen Vertaubung, Auswaschung und Auskolkung (durch Erosion verursacht) sowie Verdruck bzw. Ausquetschung und Stauchung (durch tektonische Einflüsse bewirkt).

Ferner verdient festgehalten zu werden, daß in den meisten untersuchten Flözen das Hangende und Liegende brackisch ausgebildet war. Eine terrestrische

Fazies des Nebengesteins konnte — was auf Grund der Entstehung selbstverständlich ist — nie und ein marin ausgebildetes Nebengestein nur im Grenzbereich beobachtet werden. Wie dies LENSCH (1958) schon im westlichen Teil des Reviers feststellte, bestehen also feste Zusammenhänge zwischen der Fazies des Nebengesteins und der Flözführung.

4.1.2. Örtliche Veränderungen der Kohlenflöze

Auch innerhalb des limnischen Großfaziesbereiches ist die Kohlenführung der Flöze nicht konstant. Verschiedene Einflüsse tektonischer und nichttektonischer Art bewirkten schon während der Entstehung der kohlebildenden Moore und auch danach mehr oder weniger starke Unterschiede in der Kohlenführung der Flöze.

Versuch zu einer Systematik der Flözveränderungen

Herkunft	syngenetisch	epigenetisch
nichttektonischer Art	Vertaubungen (Verschieferungen) Aufspaltungen Zunahme der Bergemittel	Auswaschungen Auskolkungen
tektonischer Art	subaquatische Rutschungen Erdbebenspalten	Verdruckzonen Ausquetschungen Flözstauchungen

Eine der auffallendsten Flözveränderungen, die auch für die Abbauführung einschneidende Folgen hat, sind die *Aufspaltungen* (vgl. Beilage 2) der Flöze und die oft damit verbundenen Auswaschungen durch damalige Flüsse. Beiden gemeinsam ist die Ursache: ein die kohle- bzw. moorbildende Pflanzengemeinschaft querendes Gewässer. Im Falle der lokalen Flözaufspaltungen (die größeren Aufspaltungen der Flöze — erkennbar an der meist brackischen Fazies des Zwischenmittels — sind eine Folge wesentlicher fazieller Veränderungen im Flözbildungsbereich) handelt es sich offenbar um stehende (mehr oder weniger kreisrunde Aufspaltung, vgl. Flöz 22, Bergwerk Penzberg) oder höchstens sehr langsam fließende verschilfte Gewässer (Flöz 24, 23 und 22 des Bergwerkes Penzberg), die ein meist toniges limnisches Material sedimentierten. Im Bereich dieser Gewässer war zur Zeit der Flözbildung ein Pflanzenwachstum nur in geringem Umfang möglich (Schilfreste!). Infolge der unterschiedlichen Mächtigkeitsverringering bei der Diagenese erscheinen diese örtlich und zeitlich (die Kohle der Hangend- und Liegendbänke geht meist durch) begrenzt aufgetretenen Gewässer heute als Aufspaltungen der Flöze.

Dort, wo aus irgendwelchen Gründen eine der Bänke nicht durchgeht, ergibt sich das Bild einer örtlichen Vertaubung.

Teils inmitten einer solchen Aufspaltungszone (Flöz 12 und Flöz 22 des Bergwerkes Penzberg), teils aber auch ohne einen größeren mergelig ausge-

bildeten Übergangsstreifen (Flöz 4 des Bergwerkes Hausham) traten die an ihrer sandigen Ausbildung erkennbaren, mäandrierenden *Auswaschungen* („A“ in den Mächtigkeits- und Strukturkarten) durch Flußläufe auf, die die noch unverfestigten Tonmergel bzw. die noch humose Kohlensubstanz ausgewaschen und an deren Stelle Flußsande mit typischer Kreuzschichtung und einzelnen Kohlegeröllen sedimentiert haben.

Die Tatsache, daß die chattischen Flußläufe und Gewässer anscheinend bevorzugt im Muldenboden der heutigen Mulden auftreten, ist zunächst verblüffend. Obwohl die Auffaltung der subalpinen Molassemulden erst im Pliozän, d. h. wesentlich später als die Sedimentation erfolgte und sich die Verteilung von Land und Meer bei verschiedenen marinen Transgressionen im Oligozän und Miozän noch öfter änderte, wurde versucht, dieses Zusammenfallen durch die Annahme zu erklären, daß der heutige Muldenbau zur Zeit der Bildung der Flöze schon vorgeprägt war. Diese Erklärung ist aber unbefriedigend. Für wahrscheinlicher wird es gehalten, daß dieses Zusammentreffen von ehemaligen Flußläufen und heutigem Muldenboden zufälliger Natur ist.

Während der ganzen Zeit der Flözbildung war das Meer im Osten bzw. Nordosten, während im Süden die ersten Deckengebirge, die Vorläufer unserer Alpen, lagen. Die Gewässer müssen daher in etwa senkrecht auf die Küste zu, generell von Südwesten nach Nordosten geflossen sein, was auch aus den Mächtigkeits- und Strukturkarten entnommen werden kann.

Es ist auffällig, daß die früheren Gewässer bevorzugt in Gebieten mit überdurchschnittlicher Kohlenführung verlaufen. Die Ursache für diese Erscheinung ist wohl darin zu suchen, daß es sich hier um Bereiche stärkerer Absenkung der Erdoberfläche — und damit vermehrter Moorbildung — handelt, in denen die Wasserläufe bevorzugt verlaufen sind.

Im Westen des Reviers, im Bereich des Wetterschachtes des Bergwerkes Peißenberg, wurden im dortigen Hauptflöz, dem Flöz 10/11, ebenfalls verschiedene, im wesentlichen südwest-nordöstlich streichende Aufspaltungszonen aufgeschlossen, in denen infolge der Mächtigkeitszunahme des Zwischenmittels immer nur jeweils die Unter- bzw. Oberbank des Flözes gebaut werden konnte. LENSCH (1961) erklärte diese örtlich als „Schieferzonen“ bezeichneten Aufspaltungen als eine durch gerichtete tektonische Spannungen verursachte schichtparallele Massenbewegung des Bergemittelmaterials bei noch nicht abgeschlossener Diagenese.

Dieser Auffassung kann nicht ohne weiteres gefolgt werden. Es wird vielmehr vermutet, daß es sich auch hier, wie in Penzberg, um ehemalige Wasserläufe handelt. Für diese Erklärung spricht einmal das Fehlen einer, bei einer Erklärung als tektonische Erscheinung notwendigen, in südost-nordwestlicher Richtung verlaufenden Gegenschär von Bergemittelwülsten, zum anderen aber, daß die Mergel in diesen Zonen vollständig unversehrt waren. Schließlich ist nicht einzusehen, weshalb die tektonischen Spannungen gerade das Bergemittel gestaut haben sollen, während die — doch weichere — humose Kohlensubstanz unversehrt geblieben sein soll.

Das bei allen aufgeschlossenen Aufspaltungs- bzw. Erosionszonen nahezu übereinstimmend ermittelte Streichen von etwa 60° gegen Norden läßt die begründete Vermutung zu, daß auch bei künftig aufzuschließenden Flözveränderungen dieser Art dasselbe Streichen auftreten wird.

Ebenfalls durch epigenetische Erosion sind wahrscheinlich die *Auskolkungen* (vgl. Abb. 9) in Flöz 26 des Bergwerks Penzberg entstanden. Diese unzusammenhängenden, mehr oder weniger großen und meist abgerundeten Gumpen sind vermutlich bei der Transgression der Moorschichten infolge einer starken Strömung oder durch Strudel im Brandungsbereich der Küste aus den

noch unverfestigten humosen Sedimenten herausgewaschen worden. Ähnliche Erscheinungen sind aus keinem anderen Flöz des Reviers bekannt geworden.

Abgesehen von diesen nicht durch tektonische Einflüsse verursachten Veränderungen der Flöze nehmen im Oberbayerischen Kohlenrevier die auf tektonische Einflüsse zurückzuführenden Mächtigkeitsveränderungen einen sehr großen Raum ein. In jedem der untersuchten Flöze konnten — teils mehr, teils weniger deutlich, besonders häufig und ausgeprägt aber im Flöz 3 des Bergwerks Hausham und im Flöz 22 des Bergwerks Penzberg — subaquatische Rutschungen, Internfaltungen sowie Flözstauungen und Ausquetschungen festgestellt werden.

Allen diesen Erscheinungen gemeinsam ist, daß die tektonischen Kräfte das kohlebildende moorig-humose Sediment in einem diagenetisch noch nicht oder nur wenig verfestigten Zustand antrafen, in dem die zukünftigen Kohlenflöze besondere Schwächezonen im Gebirge waren.

Die subaquatischen Rutschungen sind die ältesten Flözveränderungen dieser Gruppe. Diese Rutschungen oder Gleitungen der breiartig wassergetränkten Torfmasse sind vermutlich noch syngenetisch in Richtung auf das Trogtiefste des Sedimentationsbeckens erfolgt. Innerhalb der Kohle sind die damaligen Bewegungsflächen bei der Inkohlung wieder verheilt; an Hand der vielfältigen Fließfältelungsbilder einzelner feiner Bergemittelstreifen im Flöz ließen sich die auf kleinem Raum erfolgten unregelmäßigen Faltungen und Stauungen jedoch gelegentlich auch heute noch erkennen. Oft sind hierbei allerdings Bilder entstanden, die den rein tektonisch verursachten Flözveränderungen stark ähneln, so daß eine scharfe Abgrenzung dieser beiden Erscheinungen meist kaum möglich war.

Gelegentlich wurden Fließfältelungsbilder beobachtet, die — wie eine mikroskopische Untersuchung ergab — wohl auf eine Stauchung der Kohle bei der Diagenese zurückgeführt werden müssen. Diese Zusammendrückung ist durch die örtlich relativ frühzeitig in die Zellhohlräume der schon plastisch gewordenen Holzsubstanz eingewanderte Kieselsäure erkennbar geworden.

Es ist wahrscheinlich, daß die in Flöz 2 des Bergwerks Hausham beobachteten, teilweise mit Kohle gefüllten, Spalten im Liegenden als *E r d b e b e n s p a l t e n*, d. h. auch als Folge syngenetischer Tektonik, erklärt werden können.

Nach Beendigung der Sedimentation der subalpinen Molasse waren die nur wenig verfestigten humosen Kohleschichten unter dem Einfluß der die Auffaltung der Alpen bewirkenden tektonischen Kräfte einer starken Pressung vom Süden her ausgesetzt. Dies führte — in Verbindung mit den bei der Auffaltung der Schichtpakete ausgelösten Gleitbewegungen — zu einer Schlechtenbildung und zu umfangreichen Verschiebungen der Kohle- und Bergesubstanz innerhalb der einzelnen Flöze. Diese schichtparallelen Massenwanderungen, deren Bewegungsbahnen in der Kohle mehr oder weniger vollständig verheilt sind, erkennt man deutlich an der *I n t e r n f a l t u n g* einzelner Flözpartien, die im oberbayerischen Kohlenrevier sehr häufig zu beobachten ist. Alle bisher beobachteten Internfalten sind nordvergent, wofür an Hand einer schematischen Darstellung der Mechanik der Faltung einer oberbayerischen Mulde eine Erklärung gegeben werden konnte. Diese Erklärung (starke Pressung im Süden, Ausweichmöglichkeit im Norden) steht im Einklang mit der auffallenden Tat-

sache, daß die schichtparallelen Massenbewegungen im Nordflügel wesentlich häufiger und stärker auftreten als im Südflügel.

Sehr zahlreich sind auch — in Verbindung mit südfallenden Aufschiebungsflächen — größere, einen meist streichenden Verlauf aufweisende Flözstauungen und diesen Anreicherungszone entsprechende Ausquetschungen. Auch diese Flözveränderungen hatten durchweg denselben gesetzmäßigen Aufbau wie die Internfaltungen. Sie sind aber — und das ist die Schwierigkeit für jeden bergmännischen Abbau — restlos ungeordnet und wie zufällig über die Flözflächen verteilt. Alle Versuche, ein System dieser, im Flöz Großkohl des Bergwerkes Hausham besonders ausgeprägten umfangreichen Stauungs- und Ausquetschungszone herauszufinden, sind fehlgeschlagen. Es läßt sich nur so viel sagen, daß sich die Kohlenführung eines Flözes über größere Bereiche hinweg — d. h. über Flächen, die größer sind als einige ha — wieder einem gewissen Durchschnittswert näherte.

Derartige Verdruck- bzw. Anreicherungszone (in den Mächtigkeits- und Strukturarten mit „D“ bezeichnet) finden sich bei vielen Flözen auch in räumlichem und ursächlichem Zusammenhang mit den größeren tektonischen Störungen — insbesondere den Aufschiebungen (vgl. Kohlenbergwerk Penzberg, Flöz 22 und 24). Zu erwähnen sind hier ferner die in früherer Zeit abgebauten Kohleanreicherungen im Muldenkern der engen Mulden (Penzberger-, Langsee- und Plutzer-Mulde).

4.1.3. Streuung der Kohlenmächtigkeit

Auch innerhalb desselben Faziesbereiches und unter Ausschaltung der großen Flözveränderungen schwankt sowohl die Gesamtmächtigkeit wie auch die Kohlenmächtigkeit der oberbayerischen Flöze sehr stark. Da die Gesamtmächtigkeit eines Flözes in vielen Fällen von der Wahl des Abbauverfahrens abhängig war (Anbauen einzelner, nur unwirtschaftlich zu gewinnender Kohlenbänke; Mitnahme von Nebengestein zur Erzielung einer größeren Streböffnung), wurden die Veränderungen derselben nicht weiter untersucht. Die Kohlenmächtigkeit hingegen wurde — wegen ihrer Bedeutung für die Betriebsüberwachung und die Planung — auf ihre Veränderung hin einer näheren Untersuchung unterzogen.

Die gebaute Kohlenmächtigkeit war hierbei im allgemeinen mit der Gesamtkohlenmächtigkeit gleichzusetzen, weil ein Anbauen von Kohle seit Beginn der Mechanisierung nur noch in Ausnahmefällen erfolgte.

Als Versuch, die innerhalb des Oberbayerischen Reviers recht unterschiedliche Größe der Streuung der Kohlenmächtigkeiten der einzelnen Flöze auch quantitativ beschreiben zu können, und um Vergleiche mit anderen Revieren zu ermöglichen, wurden in Abb. 10 verschiedene „Verteilungsbilder der Kohlenmächtigkeit“ dargestellt.

Hierzu wurden sämtliche gemessenen Kohlenmächtigkeiten — um eine genügende Sicherheit für die Aussagen zu erhalten, mindestens 500, meist jedoch 800 bis 1000 Einzelmessungen — einer geschlossenen Flözfläche von rund 0,1 km² darauf untersucht, mit welcher prozentualen Häufigkeit die Kohlenmächtigkeiten in Bereichen von 10 zu 10 cm auftreten.

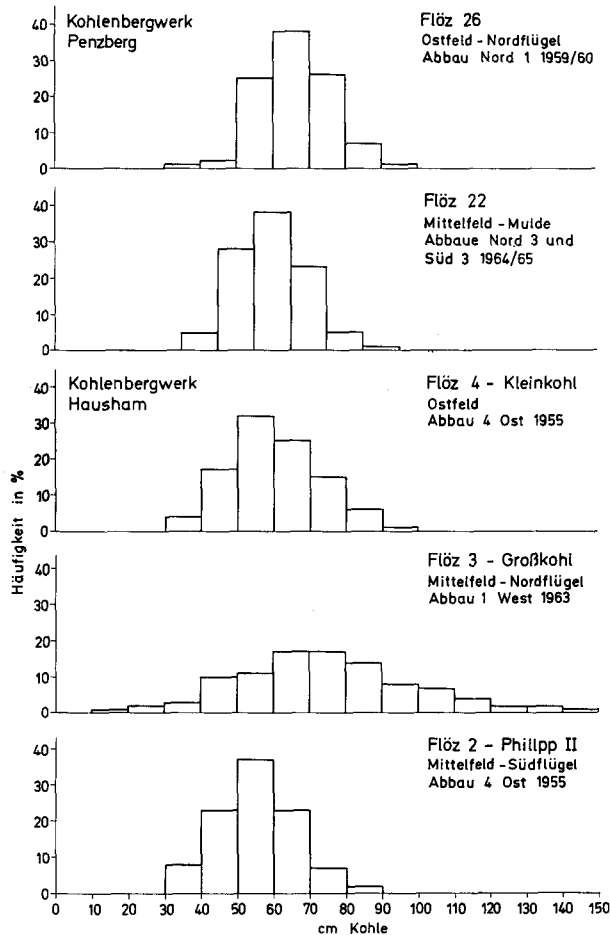


Abb. 10. Verteilungsbilder der Kohlenmächtigkeiten innerhalb einer Flözfläche von 0,1 km².

Es wurde hierbei durchweg festgestellt, daß — unabhängig von der Größe des arithmetischen Mittels — die am häufigsten auftretende 10 cm-Gruppe von Mächtigkeiten bei fast allen oberbayerischen Flözen nur zwischen 30 und 40 % der gemessenen Werte enthält. Die benachbarten nächstgrößeren bzw. nächstkleineren Gruppen liegen jeweils bei der Hälfte bis $\frac{2}{3}$ des Maximalwertes; der Rest verteilt sich — in etwa in GAUSS'scher Verteilung — auf die übrigen Mächtigkeitsgruppen.

Eine Ausnahme bildet das Flöz 3 — Großkohl — des Bergwerkes Hausham, bei dem die Streuung der Kohlenmächtigkeit infolge der intensiven schichtparallelen Massenwanderungen im Muldenboden und im Nordflügel, auch bei Ausschaltung ausgesprochener Vertaubungs- bzw. Anreicherungszone, extrem hoch ist.

Die Ursache zu der starken Streuung der Kohlenmächtigkeiten liegt einmal in den in der subalpinen Molasse besonders wechselhaften Ablagerungsbedingungen zur Zeit der Flözbildung, zum anderen aber natürlich auch in verschie-

denen — durch die Tektonik bewirkten — kleinen und kleinsten Flözveränderungen, die sich mit letzter Konsequenz wohl kaum aufgliedern lassen.

4.2. Rohstoffliche Eigenschaften der Kohlen

Als Richtlinie für die Ermittlung der verschiedenen stoffcharakteristischen Größen und Kennzahlen der Oberbayerischen Kohlen dienen das Lagerstättenarchiv Steinkohlenbergbau — DIN 21 941 — sowie die einschlägigen Laboratoriumsvorschriften (Brennstoffnormen) DIN 51 700 bis 51 724.

Da der Umfang der Untersuchungen auf ein wirtschaftlich vertretbares Maß beschränkt bleiben mußte, wurden erstens ausschließlich Schlitzproben am frischen Kohlenstoß genommen und zweitens von der erhaltenen Rohkohle nur die durch Ausklauben der Bergemittel erhaltene Reinkohle, die lediglich den in ihr gebundenen Mineralstoffanteil enthält, chemisch untersucht. Der Vorgang des Ausklaubens entspricht hierbei dem Aufbereitungsprozeß bzw. der Sink- und Schwimmanalyse.

Die Untersuchung erfolgte in den Laboratorien der Oberbayerischen AG für Kohlenbergbau durch die Herren Dipl.-Ing. POLLAK † und Chemotechniker AUER. Die zu Vergleichszwecken angeführten Werte aus dem Westen des Reviers stammen aus einem unveröffentlichten Arbeitsbericht von LENSCH (1959).

Bei der starken und auch stark wechselnden Durchwachsung der oberbayerischen Kohlenflöze mit Bergemitteln ist die Entnahme einer für den betreffenden Bereich typischen Probe schwierig durchzuführen und oft ausgesprochen problematisch. Die Ergebnisse — sogar einzelner dicht nebeneinanderliegender Proben — streuen deshalb auch sehr stark. Als Beispiel hierfür seien die Untersuchungsergebnisse von drei an einem Tage von einem Beobachter in je 10 m Abstand genommenen Schlitzproben aus einem Streb in Flöz 22 des Bergwerkes Penzberg angeführt:

Probe Nr.		S 78	S 79	S 80
Grobe Feuchtigkeit	(i. roh)	3,8 ‰	2,9 ‰	3,9 ‰
Hygr. Feuchtigkeit	(i. roh)	11,2	13,1	11,6
Asche	(i. wf)	14,2	10,9	11,3
Brennbare Substanz	(i. roh)	72,8	74,8	75,0
Heizwert /H _w /	(i. roh)	4840 WE	5050 WE	5080 WE
Flüchtige Bestandteile	(i. waf)	48,2 ‰	48,4 ‰	49,2 ‰
Gesamt-Schwefel	(i. roh)	4,9	4,4	4,9

Es ist offensichtlich, daß die Untersuchungsergebnisse bei erneuter Probenahme am gleichen Ort innerhalb eines verhältnismäßig großen Streubereichs schwanken, daß also der Wert einer einzelnen Probe nur gering ist.

Ja, sogar innerhalb einer Schlitzprobe verändert sich die Zusammensetzung der Kohle — z. B. zwischen Unterbank und Oberbank — beachtlich.

Auch bei der Eintragung der Ergebnisse der Untersuchung der rohstofflichen Eigenschaften der Kohle in die verkleinerten Fladrisse der einzelnen Flöze (vgl. Fig. 2 b—e in Beilage 2) war die Inhomogenität der oberbayerischen Kohlenflöze an der starken und unregelmäßigen Veränderung der verschiedenen Kennwerte zu erkennen.

Die folgenden Abschnitte zeigen hauptsächlich die Ergebnisse der Untersuchungen in Flöz 22 des Bergwerkes Penzberg und in Flöz 2 des Bergwerkes Hausham, da diese beiden Flöze in den letzten Jahren auf engem Raum sehr viel gebaut worden sind und dort daher die meisten Proben genommen werden konnten.

4.2.1. Wassergehalt

Die grobe Feuchtigkeit, d. h. das Wasser, das beim Liegen der Brennstoffe an der Luft bei Raumtemperatur verdunstet, ist im allgemeinen gering. Sie betrug bei den Kohlen des Bergwerkes Hausham etwa 1—2 % und bei den — jüngeren — Penzberger Kohlen 2—3 %.

Da die grobe Feuchtigkeit von dem mehr oder weniger großen Wassergehalt des Gebirges im Bereich der Entnahmestelle abhängig ist, wurde bei den Untersuchungen nur die hygroskopische Feuchtigkeit zur Charakterisierung der Kohlen herangezogen. Die angewandte Methode der Trocknung der (lftr) Kohle im Trockenschrank bei 106° C ist weniger zeitraubend als die genauere Xylol-Methode. Sie liefert allerdings gegenüber der letzteren Minderwerte bis zu 1 %. Obwohl die hygroskopische Feuchtigkeit ebenfalls eine relative Größe ist, die sowohl von der Korngröße wie auch von der Temperatur und Feuchtigkeit der Raumatmosphäre abhängt, ist sie zu Vergleichszwecken noch besser geeignet als die Gesamtfeuchtigkeit.

Die hygroskopische Feuchtigkeit der Kohlen im Baufeld des Bergwerkes Hausham lag zwischen 5 und 8 %, während sie bei den Kohlen des Bergwerkes Penzberg zwischen 10 und 13 % schwankte.

Innerhalb eines jeden Flözes sinkt die hygroskopische Feuchtigkeit — wie nach der SCHÜRMANN'schen Regel zu erwarten war — mit zunehmender geodätischer Teufe. Figur 1 e in Beilage 1 zeigt ein Beispiel hierfür aus dem Flöz 2 des Bergwerkes Hausham. Wie daraus ersichtlich ist, wird der Gehalt an hygroskopischer Feuchtigkeit mit dem Vordringen in die Mulde deutlich geringer. Die Streuung der Werte liegt etwa bei ± 1 %.

Um diese Abhängigkeit zu verdeutlichen, wurden in Abb. 11 die ermittelten Werte der hygroskopischen Feuchtigkeit aller durchgeführten Schlitzproben der Bergwerke Hausham und Penzberg als Funktion der geodätischen Teufe des Entnahmeortes dargestellt. Aus der Abbildung ist zu ersehen, daß sowohl der — höhere — Gehalt an hygroskopischer Feuchtigkeit der Penzberger Kohlen wie auch der der Haushamer Schlitzproben mit zunehmender Teufe der Probe-stelle sinkt. Die Abnahme des Wassergehaltes liegt im Durchschnitt bei rund 0,5 %/100 m Teufenzunahme, wobei die Einzelwerte um etwa $\pm 1,5$ % streuen.

Eine nähere Untersuchung dieses Ergebnisses im Hinblick darauf, ob die durch verschiedene Signaturen gekennzeichneten, stratigraphisch unterschiedlich tief gelegenen Flöze auf derselben geodätischen Höhe einen unterschiedlichen Wassergehalt haben, erbrachte keine eindeutigen Ergebnisse. Im Sinne der eigentlichen SCHÜRMANN'schen Regel wäre für die Liegendflöze ein geringerer Wassergehalt zu erwarten gewesen; das Gegenteil scheint, insbesondere in Hausham, der Fall zu sein. Hier haben die Proben der Flöze 3 und 4 (Großkohl und

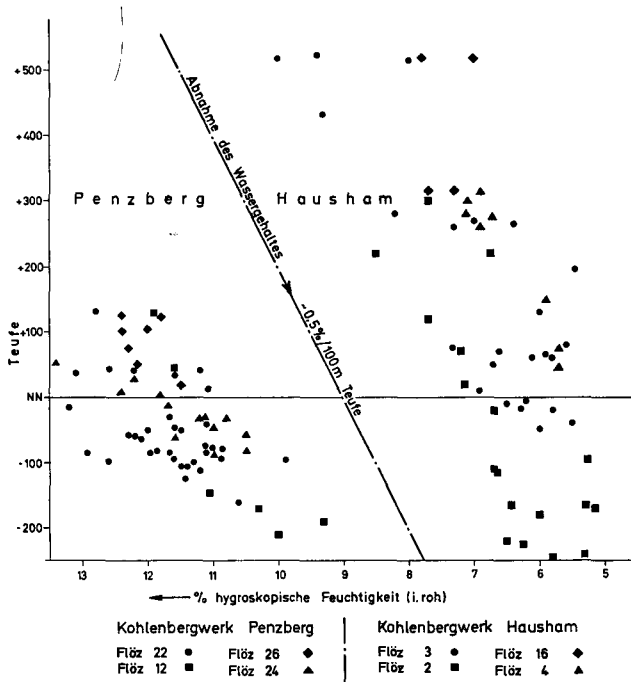


Abb. 11. Der Wassergehalt der Kohle in Hausham und Penzberg als Funktion der Tiefenlage.

Kleinkohl) im Verhältnis zu Flöz 2 (Philipp II), das 150 m im Liegenden derselben liegt, meist einen etwas geringeren hygroskopischen Wassergehalt. Die Ursache zu dieser Erscheinung scheint in der stärkeren paradiagenetischen Durchbewegung der Kohle dieser Flöze zu liegen. Generell war bei der Auswertung zu beobachten, daß verruschetete Kohlen und Kohlen aus Störungsbereichen einen geringeren Wassergehalt haben als ungestörte Proben.

Einen gewissen Einfluß auf die hygroskopische Feuchtigkeit der Kohle hat sicherlich auch die petrographische Zusammensetzung derselben.

LOCH (1956) hatte an Hand einiger Proben festgestellt, daß der Wassergehalt der oberbayerischen Kohle im Südflügel stärker abnimmt und in Alpennähe deutlich geringer ist als im Nordflügel. Dieser Beobachtung kann auf Grund des vorliegenden Probenmaterials nicht zugestimmt werden. Es hat vielmehr den Anschein, daß die — stärker der Internfaltung und Staudung ausgesetzt gewesenen — Kohlen des Nordflügels häufiger einen geringeren Wassergehalt haben als die entsprechenden Kohlen des Südflügels. Der verhältnismäßig hohe Wassergehalt des Haushamer Flöz 2, das ja bisher lediglich im Südflügel aufgeschlossen worden ist, kann ebenfalls auf diese Weise erklärt werden.

Eine Untersuchung verschiedener Flöze auf mögliche Veränderungen des hygroskopischen Wassergehaltes im Streichen erbrachte — wahrscheinlich infolge der noch zu geringen Zahl an Proben — keine eindeutigen Ergebnisse. Es scheint sich bisher lediglich anzudeuten, daß der Wassergehalt der Kohle nach Osten zu größer wird, während er nach Westen zu sinkt.

4.2.2. Aschegehalt

Die Bestimmung des Aschegehaltes der Proben erfolgte im elektrischen Muffelofen bei ca. 775° C. Der bei dieser Methode bestimmte Verbrennungsrückstand ist, da die Verbrennung unter oxydierenden Bedingungen erfolgt, nicht unbedingt identisch mit dem ursprünglichen Bestand an mineralischen Verbindungen. Insbesondere Karbonate und Schwefelverbindungen können einen geringeren als den wahren Aschegehalt vortäuschen. Bei geringen Aschegehalten sind diese Unterschiede unbedeutend; bei den relativ hohen Asche- und Schwefelgehalten der oberbayerischen Kohle spielen sie aber schon eine Rolle. Da es sich bei den folgenden Untersuchungen jedoch nur um Vergleichswerte handelte, wurde diese Fehlerquelle unberücksichtigt gelassen.

Der Aschegehalt wurde in den Abbildungen auf wasserfreie (wf) Substanz bezogen, um den Einfluß der unterschiedlichen Feuchtigkeit der Proben zu eliminieren.

Wie aus Fig. 1 e in Beilage 1 und Fig. 2 b in Beilage 2 ersichtlich ist, schwankt der Aschegehalt der Reinkohle eines Flözes ohne erkennbare Regelmäßigkeit in weiten Grenzen. Für die Flöze Philipp II in Hausham und Flöz 22 in Penzberg lagen diese Grenzen zwischen 7 und 11 % (i. wf); bei den übrigen Flözen streuten die Werte zwischen 8 und 12 %. Ähnliches galt für die Kohlen im Westen des Reviers. Nur das Flöz 26 in Penzberg hatte im ganzen Bau Feld Aschegehalte von über 12 % (i. wf) (vgl. Abschnitt 3.2.7).

Die angegebenen Durchschnittswerte für den Aschegehalt der Reinkohlen wurden im Bereich der Erosionsrinnen und — besonders deutlich — am Nordostrand des Ablagerungsgebietes der Flöze, im Bereich der Faziesänderung der Sedimente in den marinen Bereich hinein, mit bis zu 20 % Asche wesentlich übertroffen. Die zunehmende Aufspaltung und Verunreinigung der Flöze in diesem Grenzbereich war also nicht nur als Bergemittleinlagerung makroskopisch erkennbar, sondern erfaßte auch bereits die äußerlich noch rein erscheinende Kohlen substanz.

Mit Ausnahme von dieser auffallenden Zunahme des Aschegehaltes am Rand des Flözbildungsbereiches sind die starken Streuungen der Aschegehalte der Reinkohle mehr oder weniger zufälliger Art. Sie sind durch den verschieden hohen Aschegehalt der kohlebildenden Pflanzen zu erklären; hinzu kommt die infolge der unruhigen Sedimentationsbedingungen unterschiedlich starke Einschwemmung tonig-kalkiger Mineralsubstanz in den humosen Kohlen schlamm.

Bei 3 Proben des Flözes 2 — Philipp II — im Bergwerk Hausham, die deutlich unterscheidbare Gefügebestandteile aufwiesen, wurden versuchsweise die vitritreichen Kohlestreifen ausgelesen und auf den Aschegehalt untersucht. Es ergab sich, daß diese Vitrinite einen gleichmäßigen und um mindestens 2 % geringeren Aschegehalt als die Gesamtproben aufweisen.

4.2.3. Flüchtige Bestandteile

Die Bestimmung der Flüchtigen Bestandteile durch Erhitzen im Muffelofen unter Luftabschluß auf über 800° C stellt ein Konventions-Verfahren zur Klassifizierung der Steinkohlen dar, das für Oberbayerische Kohle bei deren

hohen Gehalten an karbonatischen Bergemitteln, Schwefelverbindungen und hydratwasserhaltigen Stoffen nur sehr bedingt brauchbar ist.

Nur versuchsweise wurde daher von einer Reihe der durchgeführten Schlitzproben auch die Bestimmung der Flüchtigen Bestandteile durchgeführt. Es ergaben sich für die Proben aus dem Bergwerk Penzberg Werte, die im allgemeinen zwischen 48 und 52 % (i. waf) streuen. Ähnlich liegende Werte wurden auch für die Kohlen aus Hausham gefunden. Auch für die Kohlen im westlichen Teil des Reviers hat LENSCH dieselben Werte ermittelt.

Die Streuung der Werte ist vollständig unregelmäßig. LENSCH glaubt an Hand verschiedener Proben eine leichte Zunahme der Flüchtigen Bestandteile (i. waf) mit zunehmender Teufe festgestellt zu haben. Im Untersuchungsbereich konnte weder eine derartige, noch eine andere Tendenz auch nur andeutungsweise festgestellt werden.

4.2.4. Schwefelgehalt

Schwefel kommt in der Kohle teils organisch gebunden vor, teils in anorganischer Bindung als Sulfid- oder Sulfatschwefel. Für die vorliegenden Untersuchungen wurde nur der Gesamtschwefel nach ESCHKA bestimmt. Dieser Gesamtschwefel ist in der oberbayerischen Kohle zu etwa $\frac{2}{3}$ organischer Schwefel; der Rest ist Pyritschwefel. Der Sulfatschwefelgehalt ist gering. Der Schwefelgehalt aller oberbayerischen Kohlen liegt im allgemeinen zwischen 5 und 7 % der (lftr) Reinkohle. Nur ein einziges Flöz, das Flöz 22 in Penzberg, hat einen etwas geringeren Schwefelgehalt als alle übrigen Flöze. Wesentliche, die Flöze charakterisierende Unterschiede im Schwefelgehalt, wie man sie z. B. im rheinisch-westfälischen Steinkohlenrevier beobachten kann, wurden nicht festgestellt.

Desgleichen konnten innerhalb eines Flözes keine Andeutungen für eine gerichtete Veränderung des Schwefelgehaltes (nach der Teufe zu oder in Richtung auf die Grenze des Flözbildungsbereiches zu) gefunden werden.

Der hohe Schwefelgehalt der oberbayerischen Kohle ist vermutlich eine Folge des vielen Kalkes (Stinkstein!), der bei der Sedimentation die Entstehung von Schwefel begünstigte.

4.2.5. Heizwert

Die Bestimmung der Verbrennungswärme (früher H_0) und des Heizwertes (früher H_u) erfolgte in der kalorimetrischen Bombe.

Der Heizwert ist, da die oberbayerische Kohle ausschließlich zu Heizzwecken verwendet wird, der wirtschaftlich bedeutsamste rohstoffliche Kennwert. Bezogen auf die Kohle im Anlieferungszustand (= i. roh) schwankt dieser Wert in weiten Grenzen, da er von dem verschieden hohen Anteil an brennbarer Substanz (Rohprobe abzüglich Wasser und Asche) in der Kohle abhängig ist. Der Anteil an brennbarer Substanz wiederum ist abhängig von der Trennwichte, mit der die Reinkohle in der Aufbereitung abgeschwommen wird, bzw. der Schärfe, mit der unreine Kohle aus einer Schlitzprobe ausgelesen wird.

Die in den Schlitzproben ermittelten Heizwerte (i. roh) lagen z. B. im Flöz 22 in Penzberg (vgl. Fig. 2e in Beilage 2) zwischen 4820 und 5520 kcal/kg, d. h. der Streubereich beträgt 700 WE oder rd. 14 %. Aus der Karte ist ersicht-

lich, daß der Muldenbereich — da dort die Wassergehalte gering sind — gute Heizwerte aufweist und daß die Kohle im nordöstlichen Flözbereich — da dort die Aschegehalte hoch sind — schlechtere Heizwerte hat.

Allgemein lagen die ermittelten Heizwerte der (lftr) Kohlen aus dem Bergwerk Penzberg zwischen 4900 und 5500 kcal/kg, während sie für die Kohlen aus dem Bergwerk Hausham um rd. 500 WE höher waren, d. h. zwischen 5400 und 6000 kcal/kg lagen. Die Hauptursache dieses höheren Heizwertes ist der um rd. 5 % geringere Wassergehalt der Haushamer Kohle.

Um den Einfluß des schwankenden Wasser- und Aschegehaltes zu eliminieren, wurden die Heizwerte versuchsweise auf (waf) Substanz umgerechnet. Diese Werte sind, da namentlich der Aschegehalt nicht den echten Mineralstoffanteil wiedergibt, ebenfalls kein guter Maßstab für die Kohlenqualität.

Auch die Angabe der *V e r b r e n n u n g s w ä r m e* ist kein geeigneter Parameter für vergleichende Inkohlungsuntersuchungen in der oberbayerischen Kohle. Für das Flöz 22 in Penzberg lagen die Verbrennungswärmen (i. waf) z. B. zwischen 6990 und 7360 WE. Die Streuung der Einzelwerte ist also geringer als beim Heizwert; es zeigt sich aber auch kein deutlich erkennbarer Unterschied mehr zur Haushamer Kohle, die Werte von 7100 bis zu 7450 kcal/kg aufweist.

Soweit es bis jetzt beurteilt werden kann, haben die jeweils stratigraphisch tiefer gelegenen Flöze in keinem der beiden Bergwerke einen eindeutig höheren Heizwert bzw. eine höhere Verbrennungswärme als die Hangendflöze. Auch innerhalb eines Flözes konnte keine Tendenz zu einer gesetzmäßigen Veränderung in irgend einer Richtung beobachtet werden.

4.2.6. I n k o h l u n g

Der Inkohlungsgrad einer Kohle kann durch verschiedene Kriterien gekennzeichnet werden: verschiedene Autoren verwenden die Elementaranalyse als Maßstab, andere wie z. B. BASSIR (1964) im Miozän des Lavanttales nehmen den Heizwert. Für vergleichende technologische Untersuchungen der Steinkohlen wird der Reifezustand üblicherweise durch den Gehalt an flüchtigen Bestandteilen — teils in der Reinkohle, teils im Vitrit — gemessen.

Alle diese Parameter sind bei den oberbayerischen Kohlen zur Bestimmung des Inkohlungsgrades unbrauchbar. Wie in Oberschlesien und im Saarkarbon — vgl. DAMBERGER & KNEUPER & TEICHMÜLLER (1964) — wurde daher der Wassergehalt der (lftr) Kohlen, d. i. der Gehalt an hygroskopischer Feuchtigkeit, als brauchbarer und leicht zu bestimmender Inkohlungsmaßstab verwendet.

Im Unterschied zu obigen Untersuchungen wurde auf eine zusätzliche Bestimmung des hygroskopischen Wassergehaltes auf dem Umweg über die Verbrennungswärme, den Kohlenstoffgehalt und das Wasserhaltevermögen („DAMBERGER'scher Mittelwert“) verzichtet. Außerdem erfolgte die Bestimmung des Wassergehaltes nur an der — meist einheitlich claritischen — Reinkohle und nicht an dem selten auftretenden Vitrit. Die von DAMBERGER, KNEUPER & TEICHMÜLLER zur Verringerung der Streuung durchgeführte Umrechnung der hygroskopischen Feuchtigkeit auf aschefreie Substanz wurde nicht vor-

genommen, da hierfür bei den vorliegenden ersten Inkohlungsvergleichen noch keine Notwendigkeit vorlag.

Aus den Untersuchungen ergab sich folgendes Inkohlungsbild der oberbayerischen Kohlenlagerstätte:

Im ganzen Untersuchungsbereich ist der Inkohlungsgrad der Kohlen eindeutig von der heutigen Tiefenlage der Flöze abhängig. Der hygroskopische Wassergehalt der Kohle (vgl. Abschnitt 4.2.1.) nimmt mit zunehmender Teufe je 100 m um rund 0,5 ‰ ab. Der entsprechende Gradient beträgt nach DAMBERGER, KNEUPER & TEICHMÜLLER (1964) im Saargebiet 0,46 ‰.

Herr Dr. PAULUS (vgl. Erläut. Bl. 8237, Miesbach) von der Deutschen Erdöl AG stellte freundlicherweise das Ergebnis einer Kohlenprobe aus der Vorlandmolasse zur Verfügung, die von M. TEICHMÜLLER 1960 untersucht wurde. Die Probe wurde als Spülprobe aus dem (vermutlich unteren) Chatt in einer Tiefe von rd. 2300 m unter NN in der Erdölbohrung Feilnbach 1 ostnordöstlich Hausham genommen. Sie zeigt sowohl in der Elementaranalyse und im Reflexionsvermögen wie auch im Wassergehalt (4,5 ‰) eine etwas höhere Inkohlung als die Kohle aus dem Bergwerk Hausham.

Unter Berücksichtigung der seigeren Schubhöhe zwischen Vorland-Molasse und gefalteter Molasse von etwa 2000 m entspräche diese Kohlenprobe einer Probe aus der Haushamer Mulde in

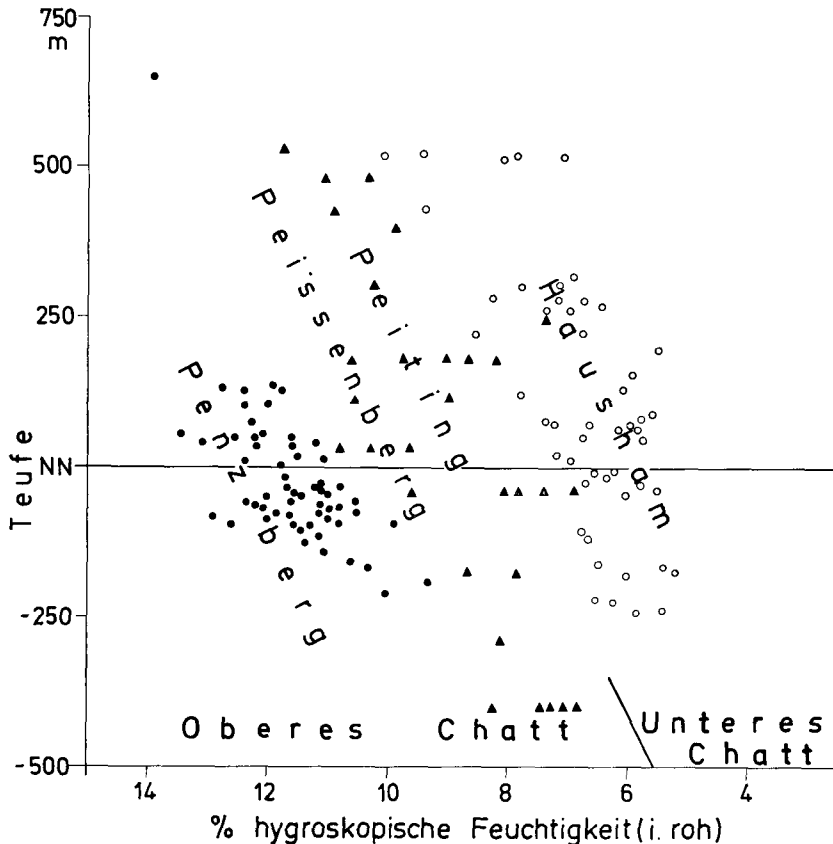


Abb. 12. Der Wassergehalt oberbayerischer Kohlen in Abhängigkeit von der Teufe.

einer Tiefe von 250 bis 500 m unter NN. Es ist auffällig, daß dieser Punkt in Abb. 12 durchaus noch in der Verlängerung des Streubereiches der Haushamer Proben liegt. Diese Beobachtung gibt Grund zu der Annahme, daß zum mindesten ein wesentlicher Teil der Inkohlung der subalpinen Kohlen schon vor der Auffaltung der Molasse unter dem Einfluß des Überlagerungsdruckes und der Temperatur erfolgt ist.

Eine Veränderung des Inkohlungsgrades der Kohle mit zunehmendem Alter der Flöze konnte in keinem der beiden Bergwerke beobachtet werden, obwohl die Flöze jeweils bankrecht bis zu 450 m auseinanderliegen.

Dagegen sind die stratigraphisch etwa 1500 m höher liegenden Kohlen aus dem Oberen Chatt (Bergwerk Penzberg) deutlich geringer inkohlt (ca. 5 % größere hygroskopische Feuchtigkeit) als die Kohlen aus dem Bergwerk Hausham in entsprechender Tiefenlage.

In Abbildung 12 ist diese Abhängigkeit noch einmal dargestellt; gleichzeitig wurden auch die von LENSCH (1959) übernommenen Untersuchungsergebnisse aus dem Westen des Reviers eingetragen. Es zeigt sich hierbei die auffallende Tatsache, daß die — nahezu gleich alten — Kohlen aus dem Oberen Chatt im Westen des oberbayerischen Kohlenreviers (Peiting, Peißenberg) stärker inkohlt sind als die im mittleren Teil des Reviers (Penzberg).

Die Ursache hierzu wird in der unterschiedlichen Versenkungstiefe der Flöze zu suchen sein. Nach der Flözbildung — insbesondere im Torton und Sarmat — lag, wie von GANSS & SCHMIDT-THOMÉ (1955), ZÖBELEIN (1955), PAULUS (1963) u. a. beschrieben, das bisher im Osten gelegene Hauptsenkungs- und Sedimentationsgebiet im Westen des Reviers. Die westlichen Flöze des oberen Chatt waren also tiefer versenkt und infolgedessen einem stärkeren Überlagerungsdruck und einer höheren Temperatur ausgesetzt gewesen. Heute sind sie daher stärker inkohlt und ähneln z. T. schon den Kohlen aus dem unteren Chatt.

6. Literatur

- BASSIR, S. H.: Die Kohlenflöze des Lavanttales. — Diss. Inst. Geol. u. Lagerstättenlehre, Mont. Hochsch. Leoben, 74 S., 2 Abb., 11 Anl., Leoben 1964. — [Maschinenschrift].
- BREYER, F. & DOHR, G.: Betrachtungen über den Bau der Gefalteten Molasse im westlichen Bayern mit Beziehung auf das Molasse-Vorland und die angrenzenden Teile der Alpen auf Grund geophysikalischer Untersuchungen. — Erdöl u. Kohle, **12**, S. 315—323, 6 Abb., Hamburg 1959.
- DAMBERGER, H., KNEUPER, G. & TEICHMÜLLER, M. u. R.: Das Inkohlungsbild des Saarkarbons. — Glückauf, **100**, S. 209—218, 9 Abb., Essen 1964.
- GANSS, O.: Das Süddeutsche Molassebecken — ein Überblick. — Z. deutsch. geol. Ges., **105**, S. 303—306, 1 Abb., Hannover 1955.
- GANSS, O. & SCHMIDT-THOMÉ, P.: Die gefaltete Molasse am Alpenrand zwischen Bodensee und Salzach. — Z. deutsch. geol. Ges., **105**, S. 402—495, 8 Abb., Profiltaf., Hannover 1955. — [Ausführliches Literaturverzeichnis].
- GILLITZER, G.: Geologische Neuaufnahme des Peißenberger Kohlenreviers. — Geologica Bavarica, **23**, 64 S., 14 Abb., 2 Taf., 1 geol. Karte 1 : 25 000, München 1955.
- Geologische Lagerung der Pechkohlenformation im Peißenberger Ost- und Penzberger Westfeld sowie mutmaßlicher Zusammenhang der Flözzüge. — Geol. Jb., **72**, S. 639—650, 1 Abb., Hannover 1957.

- Zur Frage einer neuen Horizontierung der Kohlenmolasseschichten in Peißenberg und Penzberg-Nonnenwald (Oberbayern). — Erdöl u. Kohle, **17**, S. 516—525, Text- u. Tafelabb., Hamburg 1964.
- GÜMBEL, C. W. v.: Geognostische Beschreibung des bayerischen Alpengebirges und seines Vorlandes. — 950 S., 25 Abb., 42 Prof.-Taf., 1 Bildtaf., 5 geol. Karten, Gotha (J. Perthes) 1861.
- HAGN, H.: Die stratigraphischen, paläogeographischen und tektonischen Beziehungen zwischen Molasse und Helvetikum im östlichen Oberbayern. — *Geologica Bavarica*, **44**, S. 5—208, 10 Abb., 1 Tab., 12 Taf., München 1960.
- HAGN, H. & HÖLZL, O.: Zur Grenzziehung Katt/Aquitain in der bayerischen Molasse. — *N. Jb. Geol. Paläontol.*, S. 1—40, 2 Tab., Stuttgart 1954.
- HÖLZL, O.: Die Corbiculidae der oligozänen und miozänen Molasse Oberbayerns. — *Geologica Bavarica*, **29**, 84 S., 6 Abb., 7 Taf., München 1957.
- Die Molluskenfauna der oberbayerischen marinen Oligozänmolasse zwischen Isar und Inn und ihre stratigraphische Auswertung. — *Geologica Bavarica*, **50**, 275 S., 13 Abb., 12 Taf., München 1962.
- KORSCHULT, F.: Die Haushamer Mulde östlich der Leitzach. — *Geogn. Jh.*, **3**, 1890, S. 44—64, 1 Abb., 1 Tab., Cassel 1890.
- KRAUS, L. & PAULUS, B.: Neue Erkenntnisse über die Promberger Schichten und die kohleführenden Ablagerungen der subalpinen Molasse zwischen Isar und Lech. — *Erdöl u. Kohle*, **15**, S. 783—790, 3 Abb., 3 Taf., Hamburg 1962.
- LANGECKER, F.: Schichten und Gebirgsdruckerscheinungen in der Oberbayerischen Pechkohle. — *Sammelbd. Int. Gebirgsdrucktag.*, Leoben 1950.
- LENSCH, G.: Flözausbildung und Nebengesteinfazies im oberbayerischen Pechkohlenrevier. — *Glückauf*, **94**, S. 1190—1193, 3 Abb., Essen 1958.
- Stratigraphie, Fazies und Kleintektonik der kohleführenden Schichten in der bayerischen Faltenmolasse. — *Geologica Bavarica*, **46**, 52 S., 19 Abb., 4 Tab., 6 Beil., München 1961.
- LOCH, H. J.: Vergleichende Untersuchung der Gesteinsverdichtung und der Inkohlung im oberbayerischen Pechkohlengebiet. — *Geol. Meldearb., Mont. Hochsch. Leoben* 1956. — [Maschinenschrift].
- LEMCKE: Zur nachpermischen Geschichte des nördlichen Alpenvorlandes. — *Geologica Bavarica*, **69**, S. 5—48, München 1973.
- NEHM, W.: Über die Kartierung von Faziesschwankungen. — *Mitt. a. d. Markscheidewesen*, **51**, S. 154—158, 5 Abb., Stuttgart 1940.
- PAULUS, B.: Zur Stratigraphie und Fazies der oligozänen und miozänen Molasse im südlichen Oberbayern. — *Bull. Ver. Schweiz. Petrol.-Geol. u. Ing.*, **30**, S. 53—97, 12 Abb., Riehen/Basel 1963.
- PETRASCHECK, W. E.: Gefügeuntersuchungen an tektonisch beanspruchten Kohlen. — *Z. deutsch. geol. Ges.*, **87**, S. 622—632, Berlin 1935.
- Das tektonische Gefüge alpiner Glanzbraunkohlen. — *Z. deutsch. geol. Ges.*, **92**, S. 441—449, 6 Fig., 3 Abb., Berlin 1940.
- Zur optischen Regelung tektonisch beanspruchter Kohlen. — *Tschermak's mineral. u. petr. Mitt.*, **4** (1—4), S. 232—239, 2 Abb., Wien 1954.
- Lagerstättenlehre. — 2. Aufl., 374 S., 232 Abb., Wien (Springer) 1961.
- STACH, E.: Petrographie und Entstehung der Peißenberger Pechkohle. — *Z. deutsch. geol. Ges.*, **77**, S. 260—299, Abb., Berlin 1926.
- STEPHAN, W.: Zur faziellen und zyklischen Gliederung der chattischen Brackwasser-Molasse in Oberbayern. — *Geologica Bavarica*, **55**, S. 239—257, 3 Abb., 2 Beil., München 1965.
- Molasse-Zone. — In *Erl. Geol. Karte 1 : 25 000*, Bl. Nr. 8236 Tegernsee, S. 93—132, München (Bayer. Geol. Landesamt) 1966.

- STEPHAN, W. & PAULUS, B.: Molasse-Zone. — In Erl. Geol. Karte 1 : 25 000, Bl. Nr. 8237 Miesbach, S. 202—287, München (Bayer. Geol. Landesamt) 1968.
- VOLL, G.: Zur Mechanik der Molasseverformung. — *Geologica Bavaria*, **17**, S. 135—143, 5 Abb., München 1953.
- WÄCHTER, V.: Dichte, Porosität und Chemismus in der subalpinen Molasse Oberbayerns. — Diss. Univ. München 1959. — [Maschinenschrift].
- WEITHOFER, K. A.: Das Pechkohlengebiet des bayerischen Voralpenlandes und die oberbayerische AG für Kohlenbergbau. — Denkschrift, München (Wolf u. Sohn) 1920.
- ZIEHR, H.: Uranhaltige Kohlen in Europa. — *Glückauf*, **97**, S. 1370—1381, 10 Abb., 5 Taf., Essen 1961.
- ZIMMERLE, W.: Sedimentology of a Tertiary Beach Sand in the subalpine Molasse Trough. — *Developments in Sedimentology*, **1**, Deltaic and Shallow Marine Deposits, S. 447—457, 6 Abb., Amsterdam 1964.
- ZÖBELEIN, H. K.: Zur Altersdeutung der Cyrenenschichten in der subalpinen Molasse Oberbayerns. — *Geologica Bavarica*, **17**, S. 113—134, 2 Abb., München 1953.
- Kritische Bemerkungen zur Stratigraphie der subalpinen Molasse Oberbayerns. — *Abh. Hess. L.-Amt. Bodenforsch.*, **23**, S. 7—76, 2 Abb., Wiesbaden 1957.
- Über die Bausteinschichten in der Subalpinen Molasse des westlichen Oberbayerns. — *Z. deutsch. geol. Ges.*, **113**, S. 261—265, 2 Abb., Hannover 1962.

Manuskript bei der Redaktion eingegangen am 12. 11. 1974.

Chemische Kennzeichen der oberbayerischen Glanzbraunkohle in den Bergwerken Peißenberg und Peiting

Von LILLY PINSL *)

Mit 3 Abbildungen

Kohle (Glanzbraunkohle), Diagenese (Inkohlung), Einfluß, Tiefe, Chem. Analyse. — Alpenvorland (Peißenberg, Peiting). — TK 25: 8231, 8232

Kurzfassung

Langjährige chemische Analysen zeigen, daß die Inkohlung der Glanzbraunkohle im Zusammenhang mit zunehmender Teufe steht.

Im Verlauf ihrer Entstehung ist die oberbayerische Kohle, die eine Übergangstellung von der Braunkohle zur Steinkohle einnimmt, einer Vielfalt von Einflüssen ausgesetzt gewesen. Nach kohlenpetrographischen Untersuchungen der Bergbauforschung GmbH Essen besteht die Kohle in ihrer reinsten, glänzenden Form aus Holzüberresten, also aus Vitrit und stellt demnach keine Faulschlamm-, sondern eine Humuskohle dar. Das deutet darauf hin, daß die Torfteile durch den sie umhüllenden Gesteinschlamm vor Luftzutritt und damit vor Fäulnis geschützt waren. Beim späteren Abbau der Kohle wirkte sich dieser Umstand sehr günstig aus durch die geringe Methangasbildung in den oberbayerischen Kohlengruben. Stärkere Methangasansammlungen mit Gehalten bis zu 80—90 % Methan wurden nur vereinzelt in sog. „Bläsern“ beobachtet.

Die vitritische Kohle verliert ihren Glanz durch die Beimengungen an Tonmineralien und Sand. Die Mineralsubstanzen sind, wie mit zunehmender Teufe festgestellt wurde, zum Teil sehr fein verteilt mit der Kohle verwachsen.

Neben der Hauptmasse Vitrit, bei der der mineraldurchsetzte Vitritanteil überwiegt, enthält das Kohlengefüge auch Durit, Brandschiefer und in geringer Menge Fusit. Die Gemengteile enthalten in wechselnden Gehalten Fossilien und Schwefelkiesnester. Der Bitumenanteil (Montanwachs) liegt bei etwa 0,1 %. Kohle mit Anreicherungen an Muscheln und sonstigen Fossilien besitzt eine Asche mit hohem Kalkgehalt.

In den Jahren 1949—1971 wurden im Laboratorium des Kohlenbergwerkes Peißenberg umfangreiche chemische Untersuchungen angestellt, die eine wertvolle Unterstützung zur Steuerung der Aufbereitung, zur Qualitätsbeurteilung und zu Möglichkeiten der Verwertbarkeit der Kohle boten.

Die Untersuchung der oberbayerischen Kohle wurde nach den DIN-Vorschriften für feste Brennstoffe vorgenommen. Die unterschiedliche Zusammen-

*) Anschrift des Verfassers: Chem.-Ing. LILLY PINSL, 8123 Peißenberg, Guggenberg 43.

setzung der Begleitmaterialien und die infolge des geringeren Inkohlungsgrades größere Empfindlichkeit der Kohle erschwerten teilweise eine direkte Anwendbarkeit dieser Bestimmungsmethoden. Für diese Fälle konnten jedoch im Laufe der chemischen Überprüfung spezielle Verfahren ausgearbeitet werden, so daß reproduzierbare und sichere Werte, auch an anderen Untersuchungsstellen, gewährleistet waren. So war es auch möglich, eine empirische Formel zur Ermittlung des Mineralstoffgehaltes bzw. des wahren Ballastgehaltes der Peißenberger und Peitinger Kohle zu entwickeln, um die Zusammensetzung der Reinkohle festzustellen.

Aus den Jahresdurchschnittsanalysen der Nußsorten I—IV von 1952—1969, denen als Probenmaterial der Durchschnitt sämtlicher täglich während der Verladung abgenommener Proben zugrundeliegt, wurde die durchschnittliche Zusammensetzung der Reinkohle errechnet:

		Peißenberg	Peiting
Kohlenstoff elementar gebunden	%	73,5	72,7
Wasserstoff	"	5,4	5,3
Stickstoff	"	1,7	1,5
Sauerstoff	"	14,4	14,7
Schwefel organisch gebunden	"	5,0	5,8
Oberer Heizwert	kcal/kg	7400	7330
Unterer Heizwert	"	7116	7053
Durchschnittl. Mineralstoffgehalt (bezogen auf Kohle i. wf.)		15,7 %	

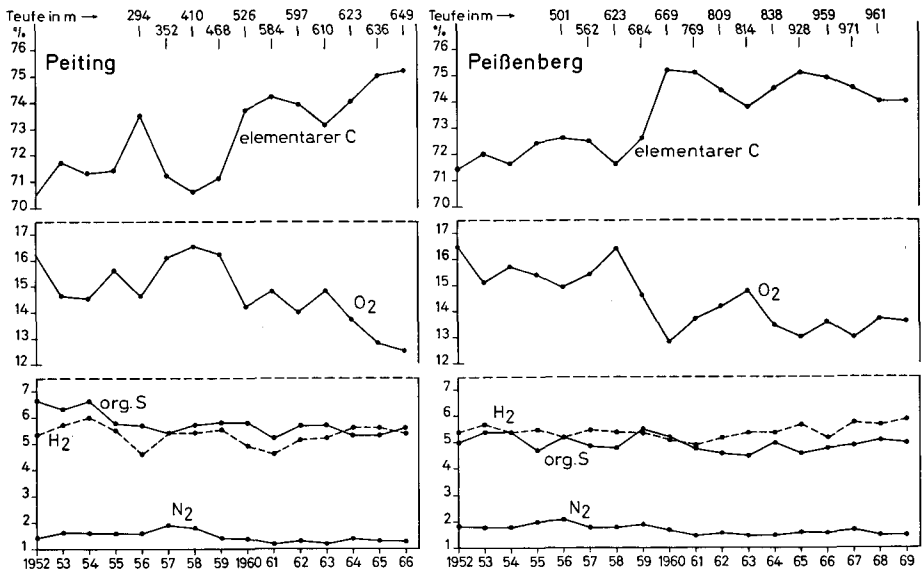


Abb. 1. Elementare Zusammensetzung der Peitinger und Peißenberger Reinkohle (wasser-mineralstoff-frei) in Abhängigkeit von der Teufe.

Mit Hilfe dieser auf Reinkohle umgerechneten Werte gelang es, den mit zunehmender Teufe fortschreitenden Inkohlungsgrad der Peißenberger und Peitinger Kohle von 1952—1969 graphisch darzustellen (Abb. 1). Aus diesem Diagramm ist folgendes zu erkennen:

Reinkohlezusammensetzung	Peißenberg	Peiting
Kohlenstoff steigend von	71 auf 74	70 auf 75
Wasserstoff	leicht steigend	schwankend
Stickstoff	leicht steigend	schwankend
Sauerstoff sinkend von	16,5 auf 13,5	16,0 auf 12,5
Schwefel (org.) sinkend von	schwankend	6,6 auf 5,6

Es zeigt sich also, daß bei zunehmender Teufe Kohlenstoff und Sauerstoff als Leitbestandteile zur Erkennung einer eindeutigen Inkohlungstendenz für die oberbayerische Kohle im ballastfreien Zustand angesprochen werden können. Die Werte der übrigen Bestandteile streuen oder zeigen nur schwache Tendenzen.

Weitere Leitbestandteile zur Erkennung einer eindeutigen Inkohlungstendenz der oberbayerischen Kohle in Abhängigkeit von der Teufe haben sich angeboten in den Durchschnittsgehalten der flüchtigen Bestandteile und des fixen Kohlenstoffes bezogen auf den wasser-aschenfreien (wahre Asche) Zustand der Kohle von 1952—1969, was im Diagramm der Abb. 2 gut veranschaulicht werden konnte. Der fixe Kohlenstoff steigt von 39 % auf 53 % (größte Teufe = 1502 m Flöz 14 der Bohrung Oberhausen) bei gleichzeitigem Rückgang der flüchtigen Bestandteile von 53 % auf 43 %. Die Verkokungsrückstände der

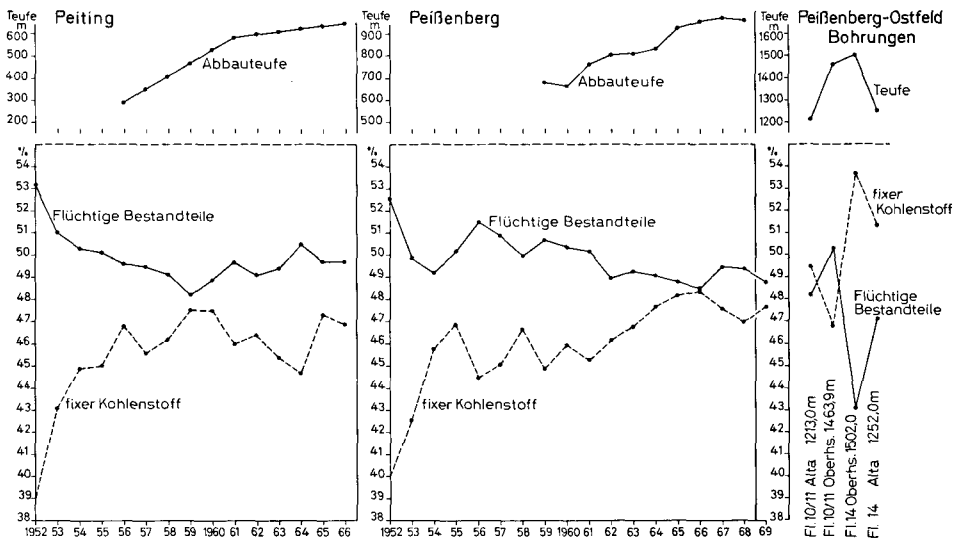


Abb. 2. Flüchtige Bestandteile (carbonatkohlensäurefrei) und fixer Kohlenstoff der Reinkohle (wasser-aschenfrei) von Peitinger und Peißenberger Kohle sowie von Kohlen der Flöze 10/11 und 14 aus den Tiefbohrungen „Auf dem Alta“ und Oberhausen in Abhängigkeit von der Teufe.

4 Proben aus den Teufen 1213—1502 m der Flöze 10/11 und 14 in den Bohrungen Alta und Oberhausen waren leicht backend.

Für die Feuerungsanlagen der Industrie (Rost-, Unterschub-, Staub- und Schmelzfeuerungen) und im Haushalt (BHS-Dauerbrenner) standen die gewaschenen Grobsorten N I, II, III und Feinsorten N IV, V, Feinkohle, die ungewaschenen Feinsorten Rohgrieß und Staubkohle sowie die grobstückige Kesselkohle (Nachwäsche und Abfall) zur Verfügung. Zur Beurteilung des Brennverhaltens dieser Kohlsorten spielte, in Abhängigkeit von den verschiedenen Flözen, das Verhältnis der Tonminerale im Mineralstoffanteil der Kohlen zu den darin basisch wirksamen Calcium-Magnesium-Carbonaten eine wichtige Rolle. Es zeigte sich, daß bei einem

$$\text{Molzahlenquotienten } \frac{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3}{\text{CaO} + \text{MgO}} \sim 1,0$$

in der Kohlenasche ein störungsfreies Brennverhalten der Kohle zu erwarten war.

Störungen traten ein:

a) bei einem zu hohen Anteil der Tonminerale durch Erniedrigung der Erweichungs- und Schmelzpunkte, was zu starken Verschlackungen führte. Dagegen war für Schmelzfeuerungen ein höherer Anteil an saueren Mineralien erwünscht.

b) bei einem zu hohen Anteil an Calciumoxid durch Erhöhung der Erweichungs- und Schmelzpunkte, wodurch die bindende Wirkung der Silikate abgeschwächt wurde und die Asche staubförmig vorlag. Sie fiel durch die Roste,

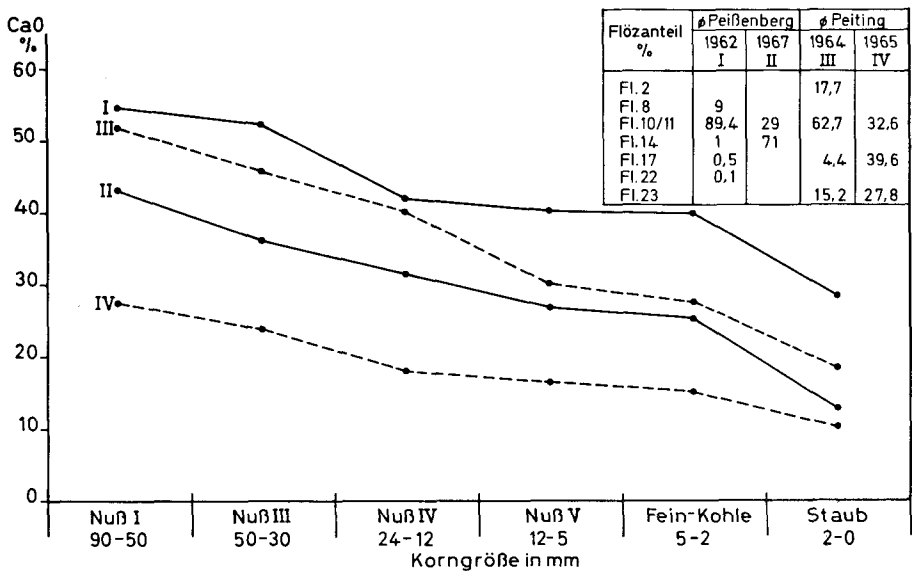


Abb. 3. Veränderung der Aschezusammensetzung von Peißenberger und Peitinger Kohlsorten in Abhängigkeit von der Korngröße und der Flözbeteiligung an der Förderung; dargestellt durch den aus der Carbonatkohlensäure der Kohlen berechneten und auf die SO_3 - und glühverlustfreien Mineraloxide der Kohlen-bezogenen CaO-Anteil.

das Feuer erstickte und bei nassem Asche-Austrag erfolgten durch den hohen Anteil an freiem CaO heftige Reaktionen mit dem Wasser. Sehr unangenehm wirkte sich natürlich dieser Umstand auf Schmelzfeuerungen aus.

Dagegen wurden für Staubfeuerungen Kohlen mit höheren Ascheschmelzpunkten bevorzugt. Die an Elektrofiltern abgeschiedene Asche konnte außerdem als Düngekalk bzw. Baustoffkalk verwertet werden.

Die Zusammensetzung der Kohlenasche stand nicht nur in Abhängigkeit von der Herkunft der Flöze, sondern auch von der Korngröße der Kohlenarten. Der CaO-Gehalt in der Asche stieg von den Feinsorten zu den Grobsorten an (Abb. 3).

Durch die Kenntnisse dieser Zusammenhänge und Überprüfung der Ascheschmelzpunkte mit Hilfe des Leitz'schen Erhitzungsmikroskopes war eine gewisse Steuerung in der Verteilung der Kohlenarten auf die einzelnen Feuerungsanlagen möglich.

Erwähnt sei noch ein Hinweis auf die Spurenelemente und den Urangelhalt der Kohle. An Spurenelementen wurden in den Kohlenaschen festgestellt: Molybdän, Blei, Kupfer, Titan, Vanadin, Zinn, Nickel, Chrom, Mangan, Strontium, Barium, Bor.

Untersuchungen des Urangelhalts in einigen Kohlenaschen ergaben:

	U in g/t
Generatorasche aus einem Druckvergasungsversuch (Mischkohle aus 17 % Peißenberger Nuß IIIa + 45 % Nuß IV + 38 % Nuß V)	180
Aschen aus Staubfeuerungsanlagen:	
Feinkohle Peißenberg	40
Feinkohle „ „	120
Mischkohle aus $\frac{2}{3}$ Feinkohle + $\frac{1}{3}$ Nachwäsche Peißenberg	76
Nachwäsche Peißenberg (Kesselkohle)	77

Diese sehr unterschiedlichen Werte können entweder auf die Herkunft der Flöze oder die verschiedenen Feuerungstemperaturen zurückgeführt werden.

Abschließend sei noch auf radiologische Vermessungen im Gebiet der Pechkohle verwiesen, über die K. BERGER 1966 und 1968 in den Erläuterungen zur Geol. Karte von Bayern 1 : 25 000, Blatt Tegernsee und Blatt Miesbach referiert hat.

Die Fortsetzung oligozäner und miozäner Kohlevorkommen aus der Faltenmolasse in die oberbayerische Vorlandmolasse

Von MANFRED MÜLLER *)

Mit 4 Abbildungen

Bohr-Profil, O. Oligozän (Chatt), Aquitan, Kohle, Kohle-Lagerstätten-Karte, Molasse, Limn. Milieu. — Alpenvorland (zwischen Lech und Salzach)

Kurzfassung

Oberoligozän (Chatt) und älteres Miozän (Aquitan) in rund 300 Erdöl/Erdgas-Bohrungen der Molasse zwischen Lech und Salzach werden auf ihre Kohleführung untersucht. Das auf 2 Plänen der Kohle-Verbreitung und -Mächtigkeit niedergelegte Ergebnis läßt erkennen, daß es in dem langfristig ortsfesten Brackwasser-Bereich zwischen dem vollmarinen Milieu im Osten und dem Ablagerungsraum der Unteren Süßwassermolasse im Westen in einer etwa SSW—ENE-streichenden Zone zwischen Bad Tölz und Ampfing zur Kohleablagerung gekommen ist.

Daneben wird auf die Möglichkeit des Kohlenachweises in Bohrprofilen eingegangen und die möglichen Aussagen anhand einer Flözkorrelation vorgeführt. Die paläogeographischen Umstände der Kohlebildung werden erläutert.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einleitung	113
2. Arbeitsmethode	114
3. Stratigraphische Lage der kohleführenden Schichten im Vorland	116
4. Die Häufigkeitsverteilung der Kohle in der Vorlandmolasse	117
5. Paläogeographie	119
6. Literatur	120

1. Einleitung

Während die Verbreitung und Mächtigkeit der oligozänen und miozänen Kohlevorkommen in der gefalteten Molasse seit langer Zeit bekannt ist, hat sich die Kenntnis über die Fortsetzung dieser Vorkommen nach Norden in den Bereich der ungefalteten Vorlandmolasse erst in den letzten beiden Jahrzehnten mit der zunehmenden Verdichtung des Bohrungsnetzes erweitert. Zur Zeit gibt es zwischen Lech und Salzach rund 300 Tiefbohrungen der Erdölindustrie, welche das Chatt und Aquitan angebohrt bzw. durchsunken haben.

*) Anschrift des Verfassers: Dipl.-Geol. Dr. MANFRED MÜLLER, Preussag Aktiengesellschaft, Erdöl und Erdgas, Geologisches Büro Süd, 8920 Schongau, Christophstraße 20.

An dieser Stelle ist den Firmen Deutsche Texaco Aktiengesellschaft, Hamburg, Gewerkschaften Brigitta und Elwerath Betriebsführungsgesellschaft (BEB), Hannover, Mobil Oil Aktiengesellschaft in Deutschland, Celle, und der Preussag Aktiengesellschaft, Hannover, für die bereitwillig erteilte Genehmigung zur Auswertung des weitgehend unveröffentlichten Materials zu danken.

2. Arbeitsmethode

Prinzipiell könnten die Bohrlochmessungen die genaueste Auskunft über die Art (Kohle, Kohleton), Mächtigkeit und Teufenlage von kohligem Ein-

Überfahrene Molasse

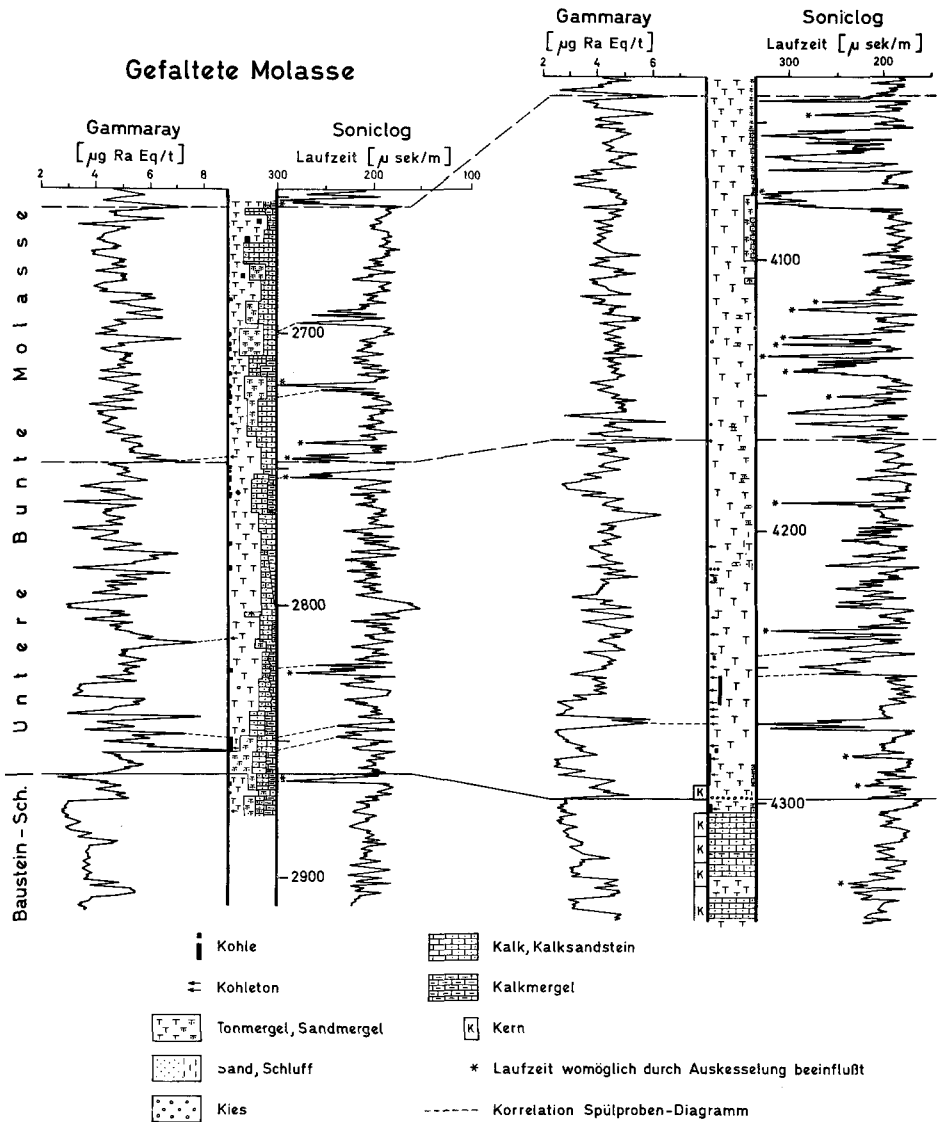


Abb. 1. Kohleführende Untere Bunte Molasse von Staffelsee 1: Gegenüberstellung von Soniclog, Gammaray-Log und Spülprobenbefund. Aus MÜLLER (1970, Beil. 1).

schaltungen geben. Dabei deuten lange Laufzeiten im Soniclog auf Kohleflöze, starke Gamma-Strahlung im Gammaray-Log auf Kohletone hin. Abb. 1 zeigt Ausschnitte der Unteren Bunten Molasse von Staffelsee 1, in welchen der Versuch unternommen wurde, die Spülprobenbeschreibungen mit den Indikationen des Gammaray- und Sonic-Logs zu korrelieren. Wie das Beispiel zeigt, läßt sich die Zuordnung nicht eindeutig durchführen; das dürfte in unserem Fall hauptsächlich durch den reichlichen Nachfall aus höheren Schichten verursacht sein.

Wesentlich für die eingeschränkte Verwendungsmöglichkeit der Bohrlochmessungen bei unserer Betrachtung ist jedoch die Tatsache, daß Gammaray-Messungen bei den meisten Bohrungen fehlen. Die Soniclog-Messungen wurden erst ab 1960 in das Standard-Meßprogramm aufgenommen. Das war zu einem Zeitpunkt, als Chatt und Aquitan nicht oder nur mehr selten gekernt wurden, so daß exakte Vergleiche zwischen Lithologie und Diagramm und damit die Eichung der Meßergebnisse an den tatsächlichen Verhältnissen nicht mehr möglich waren.

Der Verfasser hat sich deshalb entschlossen, auf eine punktuelle Genauigkeit zugunsten der hier vorgelegten generalisierten flächenmäßigen Darstellung (Abb. 3 und 4) zu verzichten. Um jedoch einen Eindruck von den Aussagemöglichkeiten anhand einer Bohrung zu vermitteln, in welcher ein vielfältiges Meßprogramm durchgeführt wurde, wird die wegen ihrer starken Kohleführung hierfür geeignete Bohrung Staffelsee 1 vorgeführt (Abb. 1).

Grundlage der großflächigen Auswertung sind die lithologischen Beschreibungen, welche den Schichtenverzeichnissen der Bohrungen entnommen sind. Bei der Durchsicht des Materials stellte es sich heraus, daß die Aussagen der Beschreibungen nicht gleichwertig sind. Abgesehen von einigen gekerntem Bohrungen der frühesten Explorationsphase stammen alle Informationen aus den Spülprobenbeschreibungen. Auf die Zusammensetzung und Qualität wirken schwer kalkulierbare Faktoren ein, wie die Art der verwendeten Bohrspülung, der Bohrlochdurchmesser, die Länge des unverrohrten Loches (Nachfall!). Bei geringen Anteilen an kohligen Substanzen im Bohrklein hängt es vom subjektiven Eindruck des jeweiligen Bearbeiters ab, wie weit diese in der Beschreibung hervorgehoben bzw. horizontmäßig ausgeschieden werden.

Die in den Verbreitungsplänen gewählten Häufigkeitsabstufungen der Kohleführung (Abb. 3 und 4) sind etwa folgendermaßen definiert:

Bereich 1 (kohlefrei):

In der Mehrzahl der Gesteinsbeschreibungen sind keine kohligen Substanzen erwähnt. Schwache Pflanzenhäckselbestege auf Schichtflächen sowie einzelne Kohlebröckchen in einer isoliert zwischen kohlefreien Bohrungen stehenden Bohrung bleiben unberücksichtigt.

Bereich 2 (mit wenig und selten auftretenden Kohleanteilen):

Hier sind Bohrungen erfaßt, in deren Beschreibungen nur einzelne Kohlebröckchen, welche auf einen oder wenige Horizonte beschränkt sind, genannt werden. Häufiges Auftreten von inkohltem Pflanzenhäcksel auf Schichtflächen

ist berücksichtigt. In diesem Bereich gibt es verstreut einzelne Bohrungen, von welchen überhaupt keine kohligen Substanzen erwähnt werden.

Bereich 3 (mit reichlicher Kohleführung):

Hier gibt es 1 bis 2 Horizonte mit Kohleanreicherungen von mehr als 5 % der Spülprobenmenge. Daneben werden häufig geringere Kohleanteile und Kohleton beschrieben. In diesem Bereich haben fast alle Bohrungsbeschreibungen (auch die sehr kurzgefaßten) Kohlevorkommen erwähnt.

Bereich 4 (mit mehreren Flözen):

Spülproben mit 10—100 % Kohleanteil treten mehrfach auf. Daneben wird sehr häufig ein geringer Anteil an Kohle und Kohleton erwähnt. Zahlreiche der Flöze sind so dick, daß die Bohrlochmessungen quantitative Aussagen über ihre Mächtigkeit erlauben (siehe auch Abb. 1).

3. Stratigraphische Lage der kohleführenden Schichten im Vorland

Wir folgen der für die Erdölbohrungen entwickelten Nomenklatur, welche in Abb. 2 wiedergegeben ist.

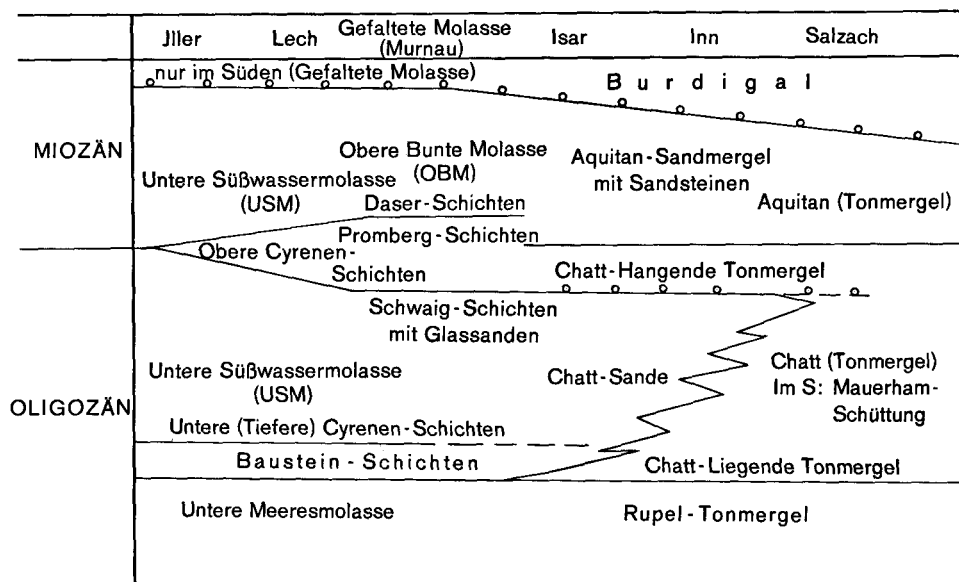


Abb. 2. Gliederung des Oberoligozäns und älteren Miozäns zwischen Iller und Salzach.

Im Burdigal wird Kohle nur bei wenigen Bohrungen erwähnt, welche über den ganzen betrachteten Raum verstreut liegen. Zur Flözentwicklung kam es offenbar nur in Darching und Holzkirchen. Viele andere Vorkommen können umgelagerte Aquitan-Kohle sein. Da das Burgidal nach Norden noch im hier betrachteten Gebiet auskeilt, sind die Darstellungsmöglichkeiten schon von dieser Seite her stark beschränkt.

Aus den genannten Gründen kann die Kohleführung des Burdigals nicht in der Art dargestellt werden, wie das im Aquitan und Chatt möglich ist.

Die Kohleführung des Aquitans beschränkt sich im Wesentlichen auf dessen oberen stark sandig bis sandmergelig ausgebildeten Teil. Aber bereits innerhalb der sog. Aquitan-Sandmergel (KRAUS 1968) nimmt die Kohleführung nach unten ab.

Die Aquitan-Tonmergel und die unterlagernden Chatt—Hangenden Tonmergel zeigen nirgends kohlige Substanzen.

Innerhalb des Chatt sind es die Chatt-Sande, in bescheidenerem Maß auch die Liegenden Tonmergel, welche eine zum Teil reiche Kohleführung zeigen. Das Auftreten von Kohle innerhalb dieser bis zu 1571 m mächtigen (Miesbach 1) Schichtenfolge ist auf keine bevorzugten Horizonte beschränkt, wenn auch eine gewisse Häufung im mittleren und unteren Teil (im Grenzbereich zu den Äquivalenten der Baustein-Schichten) unverkennbar ist.

4. Die Häufigkeitsverteilung der Kohle in der Vorlandmolasse

Aquitane

Die stärkste Kohleführung wurde im Gebiet von Holzkirchen—Darching beobachtet (Bereich 4). Von dort zieht sich ein Bereich stärkerer Kohleführung (Bereich 3) in das Gebiet südlich Wasserburg (Bohrung Griesstätt C 1), ein weiterer aber schwächerer in Richtung auf das Feld Ampfing. Im Vergleich zum Chatt ist im Aquitan die (aufspaltende) Hauptachse weitaus lückenhafter belegt

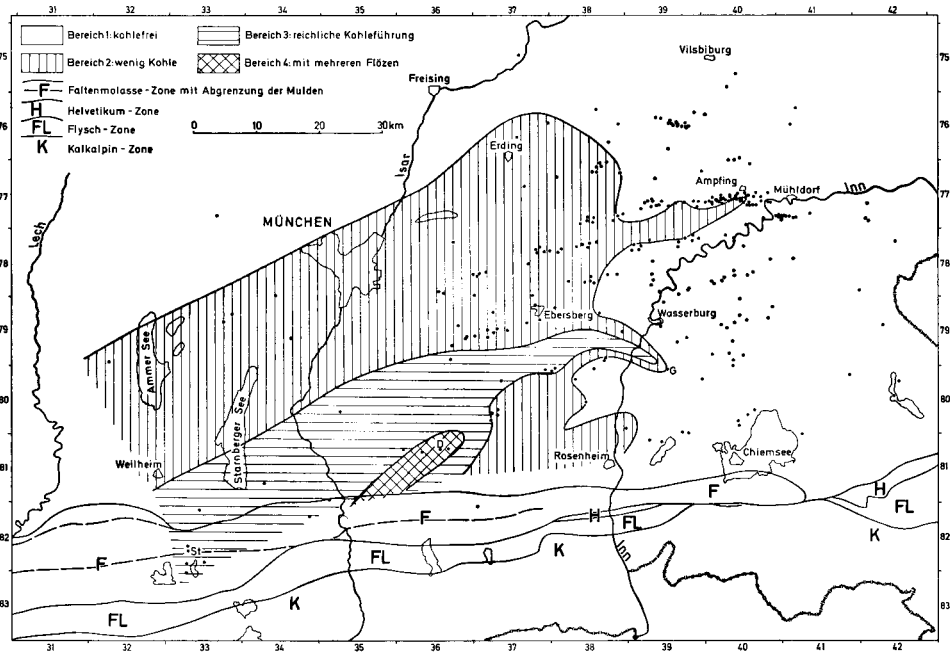


Abb. 3. Verbreitung und Häufigkeit der Kohlevorkommen im Aquitan. St = Staffelsee 1, D = Darching 1, G = Griesstätt C 1.

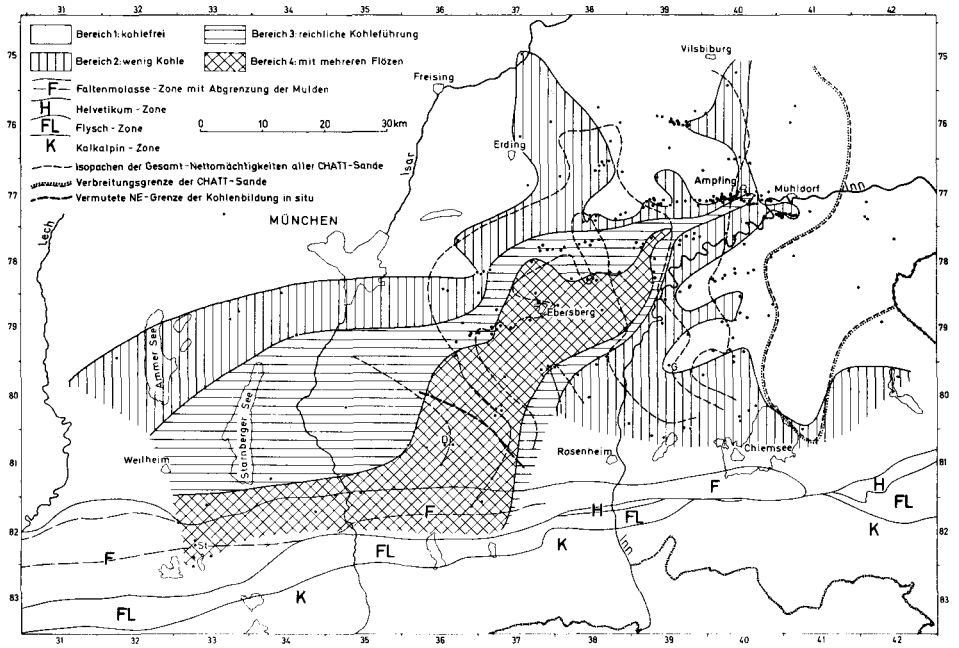


Abb. 4. Verbreitung und Häufigkeit der Kohlevorkommen im Chatt. Abkürzungen siehe Abb. 3.

und weniger konsequent ausgebildet. Das macht sich auch am Verbreitungsrand der Kohleführung bemerkbar: während die westliche Verbreitungsgrenze wegen des dort weitmaschigen Bohrungsnetzes nur wenig differenziert erscheint, zeigt der dicht abgebohrte Ost-Rand eine starke Zerlappung. Diese Zerlappung braucht nicht primär zu sein, da hier im Übergang zum vollmarinen Bereich mit bedeutenden inneraquitanen Aufarbeitungsvorgängen zu rechnen ist (LEMCKE, mündl. Mitt., unveröffentl. Darstellungen der BEB, Mobil Oil und Preussag).

Chatt

Der Bereich 4 mit mehreren Flözen zieht sich aus dem Gebiet Miesbach—Darching über Ebersberg nach Haag, wobei die stärkste Kohlenanhäufung wie im Aquitan wieder im Süden liegt. Der Bereich 3 mit noch reichlicher Kohleführung legt sich konzentrisch in teilweise recht schmaler Ausbildung um die flözreiche Fläche. Der nächstschwächere Bereich 2 mit wenig und selten vorkommendem Kohleanteil im Bohrklein folgt im Norden weitgehend der Form der kohlereicheren Flächen. Im Süden jedoch erfährt er eine starke Verbreitung nach Osten.

Der östliche Verbreitungsrand (KRAUS 1969, Abb. 6) der Chatt-Sande und die Isopachen des Chatt-Sandbereichs lassen einen deutlichen Zusammenhang zwischen Chatt-Kohle-Vorkommen und Chatt-Sandverbreitung im Osten erkennen. So enden (Abb. 4) östlich der Linie Mühldorf—Chiemsee kohlige Ablagerungen und Chatt-Sande an einer annähernd gleichen Grenzlinie. Darüber hinaus wird der Zusammenhang von Sandfazies und Kohlevorkommen auch

an der auf den Süden beschränkten Verbreiterung der kohlenführenden Zone in östlicher Richtung dokumentiert: Östlich des Chiemsees macht sich die sog. Mauerham-Schüttung (MÜLLER in Druckvorber.: grobklastisches östliches Äquivalent der Chatt-Sande) durch eine — wenn auch schwache — Kohleführung bemerkbar.

Die Begrenzung der Kohleführung nach Westen ist nicht nur wegen der dort geringen Bohrungsdichte unsicherer. Allein der allmähliche Übergang bzw. die Verzahnung der Chatt-Sande mit der ebenfalls sandigen USM (LEMCKE 1973) läßt einen allmählichen und weithingezogenen Übergang erwarten.

Im Südwesten des dargestellten Gebietes fällt die Umbiegung des Bereichs 4 in die E—W-Richtung auf. Das läßt eine zunächst noch weitergehende Zunahme der Kohlehäufigkeit in südlicher Richtung erwarten. Dafür spricht auch die Beobachtung, daß die Faltenmolasse von Staffelsee 1, welche nach Rückprojektion mindestens 14 km weiter im Süden abgelagert worden sein muß (MÜLLER 1970, S. 102), weit mehr Kohle als die autochthone Molasse der gleichen Bohrung enthält.

5. Paläogeographie

Die Sedimente des Chatt und des Aquitan werden entsprechend ihrem Bildungsraum (Abb. 2) in die terrestrische Untere Süwassermolasse (USM) im Westen (in der Faltenmolasse: Untere Bunte Molasse — USM —) und die aufgrund ihren faziellen Eigenheiten untergliederte brackische bis marine Chatt- und Aquitan-Abfolge im Osten unterteilt. LEMCKE (1973, S. 13 u. 25, Beil. 2, Fig. 2) zeigt, daß der brackische Übergangsbereich zwischen der Unteren Süwassermolasse und dem schließlich vollmarinen Milieu im Osten während des Chatts und des Aquitans seine Lage ziemlich unverändert beibehalten hat. Bei jeweils wechselnd weiter West—Ost-Erstreckung wird der Übergangsbereich durch einen etwa Nord—Süd-verlaufenden Streifen östlich München (LEMCKE 1973, Beil. 2, Fig. 2) repräsentiert. Dieser brackische Verzahnungsbereich war während des mittleren Chatts (welches in etwa den Chatt-Sanden gleichzusetzen ist) ein Gebiet besonders reicher Sedimentzufuhr: Von Westen her wurde die alpenparallel herantransportierte Untere Süwassermolasse abgelagert (LEMCKE 1973, S. 25 f.), von Süden erfolgte die Zufuhr der Chatt-Sande. Nach dem vorübergehenden Meeresvorstoß in den hangenden Chatt-Tonmergeln und Liegenden Aquitan-Tonmergeln (im Süden: Promberg-Schichten), welcher nach Westen bis zu Iller (Obere Cyrenen-Schichten) wirksam war und zu einer Unterteilungsmöglichkeit der Unteren Süwassermolasse führt, herrschen im Aquitan wieder ähnliche Sedimentationsumstände wie im Chatt. Wenn auch im Aquitan ein so bedeutender Sedimentfächer, wie es die eigentlichen Chatt-Sande sind, nicht abgelagert wurde, bleibt in West—Ost-Richtung dasselbe Nebeneinander von Fazies wie im Chatt: An die sandige USM schließt sich im Osten eine brackische und brackisch-marine Zone mit sandführenden Sedimenten an, auf welche ganz im Osten der vollmarine, weitgehend sandfreie Bereich folgt. Wenn die Zusammenhänge zwischen Sandführung und Kohlevorkommen im Aquitan wegen der im Kapitel „Häufigkeitsverteilung“ erwähnten inneraquitane Diskordanzen auch etwas verschleiert sind, gilt das dazu für das Chatt

gesagte grundsätzlich auch hier. Allerdings fehlen im Gegensatz zum Chatt die kohligen Einlagerungen in den aus Süden etwa bis zur Linie Chiemsee—Waginger See vorstoßenden grobklastischen Einschüben (Geröllmergel in Mauerham 1, MÜLLER, in Druckvorber.).

Im Zuge der schnellen und starken Sedimentzufuhr geriet auch reichlich pflanzliche Substanz in den Ablagerungsraum, womit die Voraussetzungen für die kohligen Einschaltungen gegeben waren. Daß dabei die größte Anhäufung erwartungsgemäß im unmittelbaren Vorfeld des Liefergebietes erfolgte, wird durch die bauwürdigen Kohlevorkommen im Chatt der gefalteten Molasse bestätigt.

Dies bleibt verständlich, soweit sich die Kohleanhäufung auf den terrestrischen und/oder limnischen Bildungsbereich beschränkt. Das Auftreten der Kohle im sicher ständig überfluteten brackisch-marinen Bildungsraum (also etwa in dem Gebiet nordöstlich Darching) deuten wir als Treibholzanreicherungen. Diese Annahme wird durch den engen Zusammenhang zwischen Kohle- und Sandverbreitung gestützt; denn die intensiven und weitreichenden Sandschüttungen dokumentieren die Existenz kräftiger Strömungen. Die vermutete Grenze zwischen in situ entstandener Kohle und der aus verdriftetem Material gebildeten zeigt Abb. 4.

Somit haben Bildungsumstände, welche für Molasseverhältnisse ungewöhnlich konstant waren, im Verein mit ebenfalls sehr konstanter und zeitweise ausgeprägt klastischer sowie weitreichender Sedimentzufuhr zur Entstehung von Kohlevorkommen im Chatt und Aquitan geführt, welche trotz des eingeschalteten Meeresvorstoßes hinsichtlich ihrer Mengenverteilung wie ihres Verbreitungsgebietes ähnlich sind.

6. Literatur

- FÜCHTBAUER, H.: Sedimentpetrographische Untersuchungen in der älteren Molasse nördlich der Alpen. — *Ecl. Geol. Helvet.*, **57**, S. 157—298, 29 Fig., 12 Tab., Basel 1964.
- Die Sandsteine der Molasse nördlich der Alpen. — *Geol. Rdsch.*, **56**, S. 266—300, 12 Abb., Stuttgart 1967.
- GRIMM, W.-D.: Schwermineralgesellschaften in Sandschüttungen, erläutert am Beispiel der süddeutschen Molasse. — *Bayer. Akad. Wiss., Math.-Nat. Kl. Abh.*, N. F. **121**, 135 S., 3 Abb., 10 Beil., München 1965.
- KÖWING, K. & KRAUS, L.: Bohrprofile. — In: *Erl. Geol. Karte Bayern 1 : 25 000*, Blatt Nr. 7837 Markt Schwaben, S. 120—130, München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1968.
- KRAUS, L.: Beschreibung der Schichtenfolge. Tertiär. — In: *Erl. Geol. Karte Bayern 1 : 25 000* Blatt Nr. 7837 Markt Schwaben, S. 41—67, 1 Abb. (Abb. 3), 4 Tab. (Tab. 3—6), München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1968.
- Erdöl- und Erdgaslagerstätten im ostbayerischen Molassebecken. — *Erdoel-Erdgas Z.*, **85**, S. 442—454, 14 Abb., Wien-Hamburg 1969.
- KRAUS, L. & PAULUS, B.: Neue Erkenntnisse über die Promberger Schichten und die kohleführenden Ablagerungen der Subalpinen Molasse zwischen Isar und Lech. — *Erdoel u. Kohle-Erdgas-Petrochemie*, **15**, S. 783—790, 3 Abb., 3 Text-Taf., Hamburg 1962.
- LEMCKE, K.: Beziehungen zwischen Molassesedimentation und Alpentektonik an der Wende Oligozän/Miozän. — *Z. deutsch. Geol. Ges.*, **113** (1961), S. 280—281, Hannover 1962.

- Zur Paläogeographie der Glassande in der subalpinen Molasse. — *Geol. Rdsch.*, **56**, S. 262—266, 1 Abb., Stuttgart 1967.
 - Epirogenetische Tendenzen im Untergrund und in der Füllung des Molassebeckens nördlich der Alpen. — *Bull. Ver. Schweizer. Petrol.-Geol. u. -Ing.*, **37**, S. 25—34, 10 Fig., Basel 1970.
 - Zur nachpermischen Geschichte des nördlichen Alpenvorlandes. — *Geologica Bavarica*, **69**, S. 5—48, 11 Abb., 2 Beil., München 1973.
- MÜLLER, M.: Das Ergebnis der Bohrung Staffelsee 1 als Grundlage für neue Vorstellungen über Bau und Untergrund der gefalteten Molasse. — *Geologica Bavarica*, **63**, S. 56—106, 3 Abb., 1 Tab., 1 Beil., München 1970.
- Schichtenfolge (Stratigraphie). — In: *Erl. Geol. Karte Bayern 1 : 25 000*, Blatt Nr. 8042 Waging. — [In Druckvorbereitung].
- PAULUS, B.: Zur Stratigraphie und Fazies der oligozänen und miozänen Molasse im südlichen Oberbayern. — *Bull. Ver. Schweizer. Petrol.-Geol. u. -Ing.*, **30**, S. 53—97, 12 Abb., Basel 1963.
- Der tiefere Untergrund unter besonderer Berücksichtigung des von den Bohrungen Lands- ham 1 und Pliening 101—105 erschlossenen Tertiärs. — In: *Erl. Geol. Karte Bayern 1 : 25 000*, Blatt Nr. 7736 Ismaning, S. 9—53, 5 Abb., 7 Tab., 2 Beil., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1964.
- SCHIEMENZ, S.: Fazies und Paläogeographie der Subalpinen Molasse zwischen Bodensee und Isar. — *Beih. Geol. Jb.*, **38**, 119 S., 23 Abb., 17 Tab., 6 Taf., Hannover 1960.
- VEIT, E.: Der Bau der südlichen Molasse Oberbayerns auf Grund der Deutung seismischer Profile. — *Bull. Ver. Schweizer. Petrol.-Geol. u. -Ing.*, **30**, S. 15—52, 17 Abb., Basel 1963.
- ZÖBELEIN, H. K.: Die bunte Molasse bei Rottenbuch (Obb.) und ihre Stellung in der Subalpinen Molasse. — *Geologica Bavarica*, **12**, 86 S., 9 Abb., 1 Tab., 1 Lagepl. m. Prof., München 1952.

Manuskript bei der Redaktion eingegangen am 29. 1. 1975.



Geologica Bavarica	73	123—142	München 1975
--------------------	----	---------	--------------

Inkohlungsuntersuchungen in der Molasse des Alpenvorlandes

VON MARLIES TEICHMÜLLER UND ROLF TEICHMÜLLER *)

Mit 8 Abbildungen und 2 Tabellen

Kohle (Flamm- bis Gasflammkohlenstadium), Mazeral (Vitrinit), chem. Analyse, Diagenese (Inkohlung), Molasse, Flysch, Helvetikum, Wärmestrom (geringe Dichte), Ober. Erd-Mantel (Subduktionszone). — Alpenvorland

Kurzfassung

Etwa 100 Proben von Kohlen und kohleführenden Gesteinen aus der Molasse des Alpenvorlandes wurden auf Grund der optischen Reflexion des Vitrinites und z. T. auch auf Grund der chemischen Analyse (Kurz- und Elementaranalyse) auf ihre Inkohlung untersucht. In der Ungefalteten Molasse bei Anzing östlich München nimmt die Inkohlung nur um 0,09 ‰ mittlere Reflexion (= Rm) je 1000 m Teufe zu. Der Inkohlungsgradient ist damit in der Molasse wesentlich kleiner als im Tertiär des Oberrheingrabens (0,23—0,38 ‰ Rm/1000 m). Auch im Bereich der Gefalteten Molasse nimmt die Inkohlung mit der Tiefe trotz intensiver Zerschuppung nur sehr langsam zu, in der Bohrung Feilnbach 1 z. B. nur um 0,04 ‰ Rm/1000 m. Der Einfluß des tangentialen Druckes auf die Wasserabnahme der Kohlen in den flözführenden Cyrenenschichten wurde in der gut erschlossenen Haushamer Mulde studiert. — Im Flysch und Helvetikum ist die Inkohlung ebenfalls auffallend gering. Die Sporenfarbe läßt nach den Beobachtungen von M. WOLF meist auf ein Flamm- und Gasflammkohlen-Stadium schließen.

Die ungewöhnlich niedrige Inkohlung der Schichtenpakete am Nordrand der Alpen entspricht der geringen Wärmestromdichte, die wohl in erster Linie auf das schnelle Abtauchen des oberen Mantels in dieser Zone zurückzuführen ist.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Inkohlungsuntersuchungen in der Ungefalteten Molasse	123
2. Inkohlungsuntersuchungen in der Gefalteten Molasse	127
3. Zur Inkohlung im Flysch und Helvetikum	138
4. Die Deutung des Inkohlungsbildes	140
5. Literatur	140

1. Inkohlungsuntersuchungen in der Ungefalteten Molasse

Wie DOEBL et al. 1974 gezeigt haben, besteht im Tertiär des Oberrheingrabens eine enge Beziehung zwischen dem geothermischen Gradienten und dem Inkohlungsgradienten: Je schneller gegenwärtig die Temperatur mit der Tiefe zunimmt, um so schneller nimmt auch die Inkohlung im Tertiär zu: Bei einem Temperaturgradienten von 42° C/km stellten die Autoren einen Inkohlungsgradienten von 0,23 ‰ Rm¹⁾ pro km fest, bei einem Temperaturgradienten

*) Anschrift der Verfasser: DR. MARLIES TEICHMÜLLER und DR. ROLF TEICHMÜLLER, Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen, 415 Krefeld, de-Greif-Strasse 195.

¹⁾ Rm = mittleres Reflexionsvermögen (unter Öl) der Vitrinite.

von 77° C/km dagegen einen Inkohlungsgradienten von $0,38$ ‰ Rm/km. In der Molasse des Alpenvorlandes ist die Wärmestromdichte nach HÄNEL 1972 wesentlich geringer als im Oberrheingraben. Demgemäß zeichnet sich auch die Bohrung Anzing 3 in der Ungefalteten Molasse nach freundlicher Mitteilung von Herrn Dr. PLEIN durch einen relativ kleinen Temperaturgradienten (23° C/km) aus. Da die Daten dieser Bohrung von KÖWING et al. 1968 publiziert sind, lag es nahe, gerade in dieser Bohrung nun auch einmal das Inkohlungsprofil genauer zu untersuchen.

Die Bohrung Anzing 3 wurde 20 km östlich von München, ca. 1 km westlich der gasfündigen Bohrung Anzing 1, angesetzt. Sie durchteufte Tertiär, Kreide, Oberen und Mittleren Jura und wurde bei 3288 m Teufe im Biotitgranit-Gneis eingestellt.

Die Gewerkschaften Brigitta u. Elwerath GmbH stellten uns dankenswerterweise 37 Spülproben und 3 Kernproben dieser Bohrung aus Teufen zwischen 965 m und 3263 m zu Verfügung. Die Proben wurden zu Grobkorn-Anschliffen verarbeitet und im Auflicht-Mikroskop auf ihr Inkohlungsstadium untersucht. Dazu wurden Reflexionsmessungen an Vitrinit-Einlagerungen durchgeführt.

Fast alle Proben waren sehr arm an kohligter Substanz. Die Zahl der gemessenen kohligen Teilchen pro Probe ist deshalb meist sehr klein (s. Tabelle 1). Demgemäß ist das arithmetische Mittel der Reflexionswerte oft etwas unsicher (solche Werte wurden in der Tabelle eingeklammert). In den besonders wichtigen Kernproben aus 2578,6 m, 2583,7 m und 3263,8 m Teufe, die alle sehr kalkig sind, fanden sich nur Asphaltite, deren Reflexionsvermögen stark schwankt. Nach unseren Erfahrungen weisen die Reflexionswerte dieser bituminösen Einlagerungen auf ein Reflexionsvermögen des (nicht vorhandenen) Vitrinites von nicht mehr als $0,6$ ‰ Rm. Im Dogger könnte allenfalls schon das Flammkohlen-Stadium erreicht sein.

Die Inkohlung steigt in der Bohrung Anzing 3 von $0,37$ ‰ Rm in 1080 m Teufe auf $0,51$ ‰ in 2620 m Teufe (Tertiärbasis) an. Die Inkohlungs Zunahme beträgt in diesem Teufenabschnitt demnach nur $0,09$ ‰ Rm/km. Der Inkohlungsgradient in der Bohrung Anzing 3 ist also tatsächlich wesentlich kleiner als im Tertiär des Oberrheingrabens ($0,23$ bzw. $0,38$ ‰ Rm/km). In 2600 m Teufe (ob. Eozän) befinden wir uns noch im Braunkohlen-Stadium. Abb. 1 zeigt, wie die Inkohlung mit wachsender Teufe zunimmt. Extrapoliert man die durch Messungen belegte Kurve nach unten, so dürfte in einer Tiefe von fast 3300 m die Grenze Braunkohle/Steinkohle erreicht sein.

Dieses Resultat entspricht dem Ergebnis unserer Inkohlungsuntersuchungen in der weiteren Nachbarschaft. Bei Darching vollzieht sich der Übergang von der Mattbraunkohle zur Glanzbraunkohle ganz allmählich in der Teufe von 860—1468 m, ohne daß hier schon echte Glanzbraunkohle vorliegt. Bei Moosach ist das Flammkohlenstadium in einer Teufe von 2165 m noch nicht erreicht. Das gleiche trifft zu für den Raum Kaufbeuren, wo wir im Chatt noch in einer Tiefe von 2445 m das Glanzbraunkohlenstadium beobachteten. Besonders interessant ist der Raum südlich Wasserburg am Inn. Dort stellten

Tabelle 1

Inkohlungsdaten (mittlere Reflexion) aus der Bohrung Anzing 3

Probe Nr.	Teufe	% R _{mOel}	Zahl der gemessenen Punkte
12 005	965 m Sp	—	—
12 006	1075 m Sp	—	—
12 007	1080 m Sp	0,37	50
12 008	1470 m Sp	0,39	3
12 009	1475 m Sp	—	—
12 010	1480 m Sp	0,37	6
12 011	1485 m Sp	0,36	7
12 012	1490 m Sp	(0,48?)	10
12 013	1495 m Sp	(0,45?)	6
12 014	1510 m Sp	0,39	13
12 015	1520 m Sp	(0,45?)	5
12 016	1525 m Sp	—	—
12 017	2090 m Sp	(0,63?)	14
12 018	2110 m Sp	0,45	9
12 019	2125 m Sp	—	—
12 020	2130 m Sp	0,39	11
12 021	2140 m Sp	—	—
12 022	2165 m Sp	—	—
12 023	2180 m Sp	—	—
12 024	2200 m Sp	—	—
12 025	2220 m Sp	0,48	13
12 026	2250 m Sp	—	—
12 027	2280 m Sp	0,43	12
12 028	2300 m Sp	—	—
12 177	2474 m Sp	—	—
12 178	2484 m Sp	0,48	6
12 179	2494 m Sp	(0,54)	4
12 180	2504 m Sp	—	—
12 181	2514 m Sp	0,50	6
12 189	2520 m Sp	0,50	10
12 182	2522 m Sp	—	—
12 183	2526 m Sp	0,50	12
12 184	2528 m Sp	—	—
12 030	2530 m Sp	0,52	11
12 185	2578 m K	—	—
12 186	2583 m K	—	—
12 031	2600 m Sp	(0,49?)	4
12 032	2620 m Sp	—	—
12 033	2630 m Sp	0,51	6
12 187	3263,8 m K	—	—

Sp = Spülprobe. K = Kernprobe. Die eingeklammerten Werte sind unsicher.

wir noch im Rupel in einer Teufe von 3067 m Glanzbraunkohlenstadium fest. Die Grenze zur Flammkohle ist erst einige 100 m tiefer zu erwarten. — Das alles läßt darauf schließen, daß in der Ungefalteten Molasse das Glanzbraunkohlenstadium noch bis in eine Tiefe von mindestens 3100 m hinab reicht und daß das Flammkohlenstadium erst entsprechend tiefer zu vermuten ist.

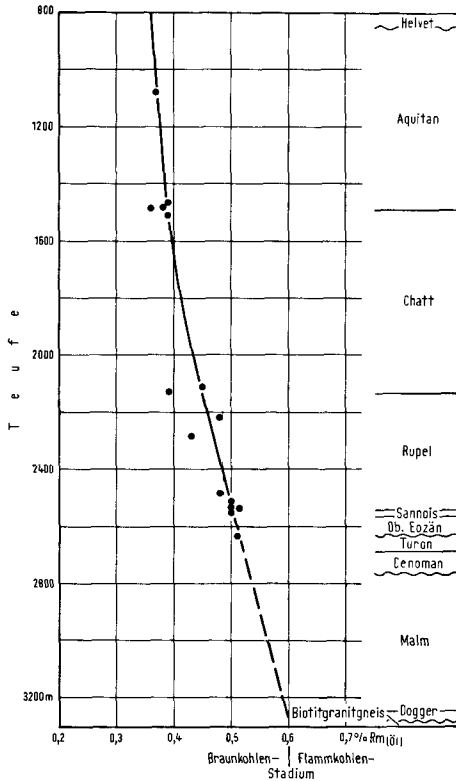


Abb. 1. Inkohlungsprofil der Bohrung Anzing 3 auf Grund der Vitritnit-Reflexion ($R_{m(Oil)}$).

Die maximale Versenkungstiefe der Tertiärbasis im Raum Anzing dürfte bei Berücksichtigung der Kompaktion etwa 3000 m gewesen sein. Dabei wird angenommen, daß über der Basis des Helvet folgende Schichtmächtigkeiten vorhanden waren: Helvet 540 m, Torton 40 m, Sarmat 250 m, Pont 200 m. Die maximale Temperatur an der Tertiärbasis ist auf ca. 70°C zu veranschlagen, die Gesamtdauer der schnellen Absenkung im Verlauf des Tertiärs auf etwa 30 Mill. Jahre (Abb. 2).

Für die Frage, bei welchem Inkohlungsstadium im Alpenvorland die Bildung von Erdöl und Erdgasen beginnt, ist wichtig, daß das geförderte Gas aus dem Lithothamnienkalk der Bohrungen Anzing 1 und 2 6—7% höhere Kohlenwasserstoffe führt. Dort ist auch Kondensat angefallen (KÖWING et al.). Da hier der Dogger auf das Kristallin der Vindelizischen Schwelle übergreift und in diesem speziellen Fall eine weite Wanderung der Bitumina kaum angenommen werden kann, ergibt sich, daß das Inkohlungsstadium einer hoch inkohlten Glanzbraunkohle für die Bildung von Erdölgasen und Erdöl in dieser marinen Schichtenfolge ausgereicht hat.

In Abb. 3 wurde das Inkohlungsprofil der Bohrung Anzing 3 dem Inkohlungsprofil einer Bohrung im Raum Nienburg/Weser (J. KOCH 1974), die sich durch einen ähnlich kleinen geothermischen Gradienten auszeichnet, gegenübergestellt. Vergleichbar ist der Teufenabschnitt in der Bohrung Anzing 3 von

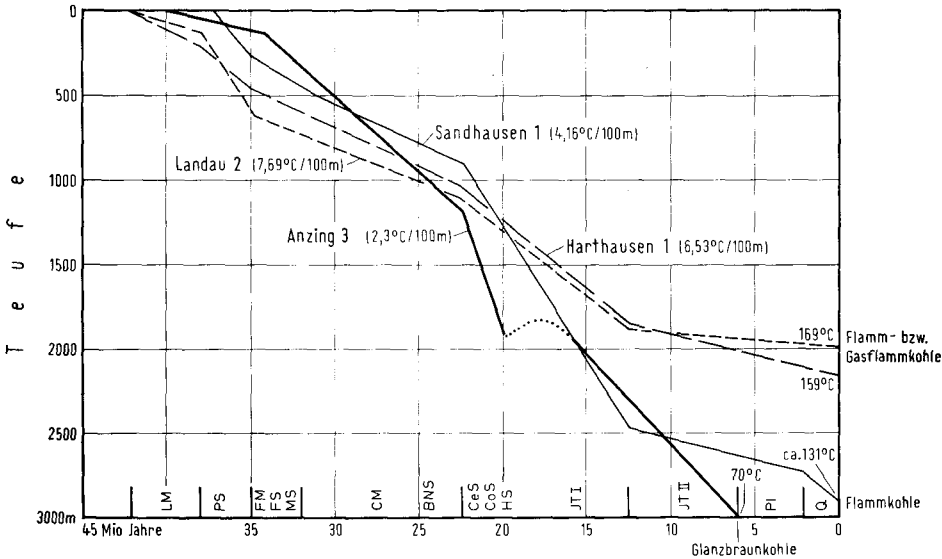


Abb. 2. Versenkungsdiagramm des Eozäns der Bohrung Anzing 3, verglichen mit Versenkungsdiagrammen des Alttertiärs der Bohrungen Landau 2, Sandhausen 1 und Harthausen 1 im Oberrheingraben.

LM Lymnänenmergel, PS Pechelbronner Schichten, FM Foraminiferenmergel, MS Melettaschichten, CM Cyrenenmergel, BNS Bunte Niederrödderner Schichten, Ce Cerithienschichten, CoS Corbicularschichten, HS Hydrobienschichten, JT I Jungtertiär I, JT II Jungtertiär II, Pliozän, Q Quartär.

Vergleiche auch das Versenkungsdiagramm des Tertiärs von Anzing bei LEMCKE (1974).

1000 m bis 3280 m (Känozoikum + Mesozoikum) mit dem Abschnitt 1000 bis 3000 m in der Bohrung bei Nienburg (Mesozoikum). In beiden Fällen ist der Inkohlungsgradient sehr klein (0,09 ‰ Rm/km bei Anzing, 0,15 ‰ Rm/km bei Nienburg).

Die relativ enge Beziehung zwischen den Inkohlungsgradienten und den gegenwärtigen geothermischen Gradienten im Oberrheingraben, im Alpenvorland und im Raum Nienburg läßt darauf schließen, daß der geothermische Gradient sich in diesen Räumen im Verlauf des Tertiärs und Quartärs nicht wesentlich geändert hat. Daraus ergibt sich, daß dort, wo noch keine Inkohlungsprofile vorliegen, der geothermische Gradient und/oder die Wärmestromdichte gewisse Rückschlüsse auf die Inkohlung im Tertiär erlauben (dabei ist wichtig, daß die Wärmestromdichte ja auch aus Messungen über Tage, nämlich in Seen, ermittelt werden kann).

2. Inkohlungsuntersuchungen in der Gefalteten Molasse

HÄNEL stellte 1972 eine relativ kleine Wärmestromdichte am Alpenrand fest (vgl. Abb. 4). Das läßt, wie wir gesehen haben, auf einen relativ kleinen Inkohlungsgradienten in diesem Raum schließen. In der Tat haben die zahlreichen, seit 1950 von uns untersuchten Kohlen aus Bergwerken, Tagesaufschlüssen und Bohrungen in der Faltenmolasse trotz ihrer sehr unterschiedlichen

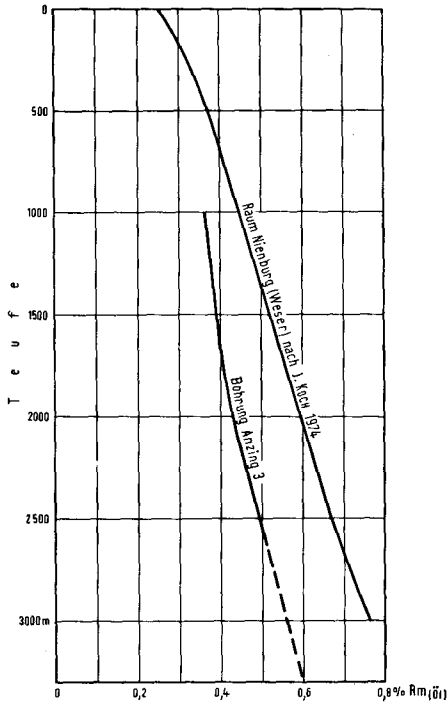


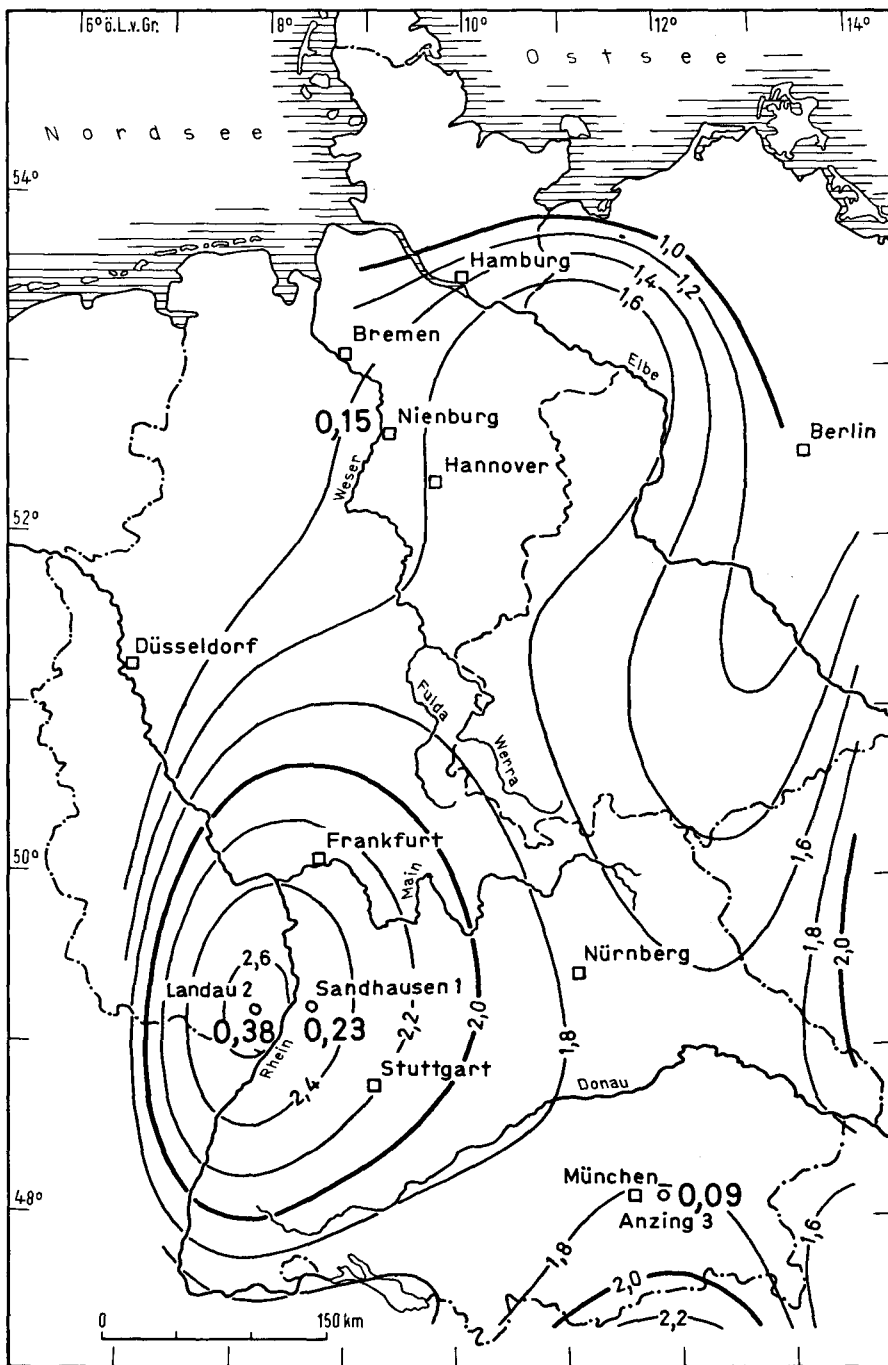
Abb. 3. Inkohlungsprofil der Bohrung Anzing 3, verglichen mit dem Inkohlungsprofil einer Bohrung im Raum Nienburg (nach KOCH 1974). Das Paläozoikum blieb bei diesem Vergleich unberücksichtigt.

maximalen Versenkungstiefe, ihres verschiedenen Alters und ihrer verschiedenen tektonischen Position nur ganz ausnahmsweise einmal die Grenze zum Steinkohlenstadium erreicht (Tabelle 2).

In Tabelle 2 sind diese Proben nach dem Datum ihres Eingangs (Probennummer) geordnet zusammengestellt. Die Inkohlungsangaben (Spalte „Inkohlungsgrad“) basieren z. T. auf den eingetragenen Analysenwerten und Vitrinit-Reflexionen (Rm_{0e1}), z. T. auf qualitativen und halbquantitativen mikroskopischen Untersuchungen (Reflexionsvergleich mit Testschliffen von Vitriniten bekannter chemischer Zusammensetzung). Vergleichshalber werden auch die Inkohlungsdaten von Tertiär- und Kreide-Kohlen aus den Alpen angeführt.

Zu den Proben, die bereits die Grenze zum Steinkohlen-Stadium erreicht haben, gehört ein Kohlengeröll aus dem Sindelsdorfer Os. Nach freundlicher Mitteilung von Herrn Dr. STEPHAN, München, stammt das Geröll (Probe Nr. 9928) höchst wahrscheinlich aus den marinen Tonmergelschichten des Mitteloligozäns von Sindelsdorf südlich Penzberg. Diese liegen stratigraphisch ca. 1400 m unter den flözführenden Cyrenenschichten. Die Probe erwies sich aufgrund der chemischen Analyse und der Reflexion (0,63 % Rm) als typische Flammkohle. — Dahin gehört ferner eine Kohle aus dem Krebsbachtobel südlich Peißenberg (Sammlungsprobe Berlin), die ebenfalls merklich stärker reflektiert als die Pechkohle der Cyrenenschichten und 4,3 % Wasser enthält (5,4 % af²). Diese Kohle liegt stratigraphisch ca. 1000 m unter den flözführenden Cyrenenschichten. Auch in der Gefalteten Molasse wurde an diesen beiden Stellen die Grenze Braunkohle/Steinkohle somit erst bei einer maximalen Versenkungstiefe von 3000—4000 m erreicht — im flachliegenden Tertiär von Landau in der großen Zerrungszone des Oberrheingrabens dagegen schon

²) af = aschefreie Substanz.



0,09 mittlere Reflexion (in %) je 1000m Tiefe (Inkohlungsgradient)
2,4 Wärmestromdichte (in $\mu\text{cal}/\text{cm}^2\text{sec}$) nach HÄNEL 1972

Abb. 4. Wärmestromdichte nach HÄNEL (1972) und Inkohlungsgradienten in Westdeutschland.

Probe Nr.	Vorkommen	Einsender	Datum	Inkohlungsgrad	% hydr. Wasser (af ¹)	% Asche	% Fl. Best. (waf) ²	kcal/kg Brennwert (af)	% C (waf)	% H (waf)	% O (waf)	% N (waf)	% S (waf)	% Rm Öl
4670	Bohrung Dingseldorf, 2631 m, Kernprobe, Karbon	Gew. Elwerath	30.11.60	Fettkohle										
5067 bis	Bohrung Thanndorf 1, 985-992 m	Gew. Elwerath	30.11.60	Glanzbrk.	5.6	4.9	45.4							
5069 Ø														
6208 Ø	„Schieferkohle“ aus dem Diluvium von Kochel (Großweil)	Teichmüller	11. 2.64	Torf	10.5	12.9	64.2	4691	57.36	5.45	35.34	1.38	0.47	
6209	„Schieferkohle“ aus dem Diluvium von Kochel (Großweil)	Teichmüller	11. 2.64	Torf										
7429 V1	Flöz Kleinkohl, Grube Hausham	Teichmüller	14. 1.66	Glanzbrk.	5.9	2.8	46.8	6919	74.02	5.47	16.75	0.86	2.90	0.45
7601 Ø	Unterflöz, Grube Trimmelkam	Teichmüller	23.11.66	Matbrk.	12.5	8.3	53.1	5573	67.29	5.02	24.59	0.69	2.41	0.44
7603 V1	Flöz 14, Grube Peissenberg	Teichmüller	23.11.66	Glanzbrk.	8.2	6.9	50.8	6875	72.86	5.52	13.05	1.41	7.16	0.44
7604 V1	Flöz Großkohl, Grube Hausham	Teichmüller	23.11.66	Glanzbrk.	7.5	9.1	48.3	6692	74.68	5.17	16.39	0.81	2.95	0.50
7828 V1	Bohrung Darching 1 bei Holzkirchen, 860 m, Sp. (Aquitain)	Veit (DEA)	18. 9.67	Mat/ Glanzbrk.	15.5	10.5	57.7	n.b.	68.48	5.84		17.59	8.09	0.31
7898 Ø	Bohrung Darching bei Holzkirchen, 1158 m	Veit (DEA)	18. 9.67	Mat/ Glanzbrk.	18.7	48.7	62.1	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	0.38
7899 Ø	Bohrung Darching 1 bei Holzkirchen, 1468 m	Veit (DEA)	18. 9.67	Mat/ Glanzbrk.	15.5	44.5	61.2	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	0.32
8723 Ø	Braunkohle von Pforzen b. Irrsee, Sohlenflöz, Altplozän (OSM)	Lemcke/ Köwing	15. 3.70	Matbrk.	11.3	23.1	56.0	4903	59.11	4.65	24.25	1.32	10.37	0.42
8917 V1	Xylit aus der Grube Trimmelkam	Köwing	11. 9.70	Matbrk.	7.2	1.4	62.5	6649	69.59	6.17	21.71	0.23	2.30	0.22
8918 Ø	begleitende Kohle zu 8917	Köwing	11. 9.70	Matbrk.	11.7	7.5	52.6	5568	66.08	4.84	25.96	0.56	2.56	0.47
9087 V1	Flöz 14, Grube Peissenberg, 10. Sohle, Ostfeld, südöstlich d. Ziegelmeyerschachtes, -1083 m, Firste	Köwing	21.12.70	Glanzbrk.	7.3	7.0	48.0	6820	73.30	5.39		12.70	8.51	
9274 Ø	Desorbierte Proben von Probe Nr., 9087	Köwing												
9276 Ø	„	Köwing	25. 3.71	Glanzbrk.	9.0	14.3	54.1	n.b.	75.70	5.50	10.13	1.54	7.13	
9277 Ø	„	Köwing	25. 3.71	Glanzbrk.	7.3	10.7	51.1	n.b.	74.71	5.33	11.76	1.45	6.75	
9279 Ø	„	Köwing	25. 3.71	Glanzbrk.	7.5	9.0	49.0	n.b.	74.25	5.37	11.42	1.42	7.54	
9088 V1	Flöz 14, Grube Peissenberg, 10. Sohle, Ostfeld, südöstlich d. Ziegelmeyerschachtes, -1116 m	Köwing	25. 3.71	Glanzbrk.	7.5	16.3	55.7	n.b.	76.18	5.59	10.77	1.56	5.90	
9275 Ø	Desorbierte Proben von Probe Nr. 9088	Köwing	21.12.70	Glanzbrk.	7.1	5.2	48.0	6921	73.77	5.23		12.68	8.14	
9278 Ø	„	Köwing	25. 3.71	Glanzbrk.	6.0	11.8	56.0	n.b.	75.59	5.79	10.78	1.37	6.47	
9928 (s<1.4)	Geröll aus dem Sindelsdorfer Os, >1400 m unter den Penzberger Flözen	Köwing	25. 3.71	Glanzbrk.	4.6	11.2	59.0	n.b.	75.41	6.28	10.61	1.25	6.45	
10231	Flöz 12, Grube Hausham, Querschlag 3	Stephan	16. 2.72	Flammk. Glanzbrk.	6.3	2.6	35.8	6898	76.32	4.68	16.72	1.56	0.72	0.62

10455 Ø	Interglaziale „Schieferkohle“, Altpleistozän, Uhlenberg b. Dinkelscherben, ob. Flözteil	Stephan	6.11.72	Torf	17.0	38.8	64.6	4676	60.93	6.65	28.80	1.28	2.34
10456 Ø	Interglaziale „Schieferkohle“, Altpleistozän, Uhlenberg b. Dinkelscherben, unt. Flözteil	Stephan Köwing	6.11.72 6.12.72	Torf Glanzbrk.	18.5 6.1	40.1 4.9	64.3 47.4	4691 7061	60.46 74.76	6.78 5.46	29.60 12.97	0.68 1.10	2.48 5.71
10672 Vi	Flöz 10/11, Grube Peissenberg, Ostfeld												0.59
Ø	Irtsee, Obermiozän	Sammlungsproben für	1944	Mattbrk. Weich-/	16.7	25.9	11.5	n.b.	67.8	5.6	23.1	1.4	2.1
Ø	Diessen, Obermiozän	Reichsamt	1944	Mattbrk.	13.6	18.1	47.7	n.b.	47.6	5.0	43.8	3.6	0
Ø	Simbach, Obermiozän	Boden-	1944	Mattbrk.	10.1	5.0	50.5	n.b.	67.6	5.3	25.3	0.6	1.2
Ø	Burghausen, Obermiozän	forschung	1944	Glanzbrk.	10.4	3.3	51.6	n.b.	68.6	7.4	22.3	1.2	0.5
Ø	Wirtobel b. Bregenz, Untermiozän	Berlin	1944	Glanzbrk.	11.5	5.2	36.9	n.b.	71.9	4.9	21.5	1.2	0.5
Ø	Geratsried, Untermiozän		1944	Glanzbrk.	11.0	11.4	34.3	n.b.	71.8	4.9	19.6	1.4	2.3
Ø	Peissenberg, Oberligozän		1944	Glanzbrk.	9.8	7.3	36.0	n.b.	74.1	5.2	12.6	1.8	6.3
Ø	Rottenbuch, Oberligozän		1944	Glanzbrk.	8.7	12.5	37.4	n.b.	63.8	5.1	22.4	1.5	7.2
Ø	Murnau, Oberligozän		1944	Glanzbrk.	10.7	8.2	31.7	n.b.	70.4	4.2	22.2	1.5	1.7
Ø	Penzberg, Oberligozän		1944	Glanzbrk.	11.2	11.1	34.2	n.b.	68.4	4.9	17.2	1.5	8.0
Ø	Miesbach, Oberligozän		1944	Glanzbrk.	11.7	9.1	43.7	n.b.	64.8	4.8	23.3	1.5	5.6
Ø	Hausham, Oberligozän		1944	Glanzbrk.	6.6	2.4	42.1	n.b.	73.7	5.3	17.3	0.7	3.0
Ø	Krebsbach, tiefstes Oberligozän		1944	Glanzbrk.	4.3	20.5	23.4	n.b.	74.9	5.3	10.0	0.9	8.9

4) = H₂O der bergfeuchten Kohle

3) n.b. = nicht bestimmt,

(s < 1,4) = Trenndichte

2) waf = wasser-, aschefreie Substanz,

Ø = Durchschnittsprobe

1) af = aschefreie Substanz,

Vi = Vitrit-Konzentrat

bei 1530 m! Das beweist im übrigen wieder einmal, daß die Temperatur der entscheidende Faktor für die Inkohlung ist und nicht etwa der Faltungsdruck.

Da die relativ hohe Inkohlung im Raum Peißenberg—Penzberg an verhältnismäßig alte Schichten der Molasse geknüpft ist, muß man annehmen, daß die Hauptinkohlung in der subalpinen Faltenmolasse schon vor der Verschuppung, die nach dem Torton erfolgte (s. u.), weitgehend beendet war.

In welchem Ausmaß hat nun der tektonisch gerichtete Druck der alpinen Orogenese noch zur Inkohlung der Braunkohle beigetragen? Tatsache ist, daß die alpenferneren Pechkohlen von Miesbach und Penzberg 11—12 % Wasser enthalten, die alpennäheren, gleichaltrigen Kohlen von Hausham dagegen nur 5—11 % Wasser.

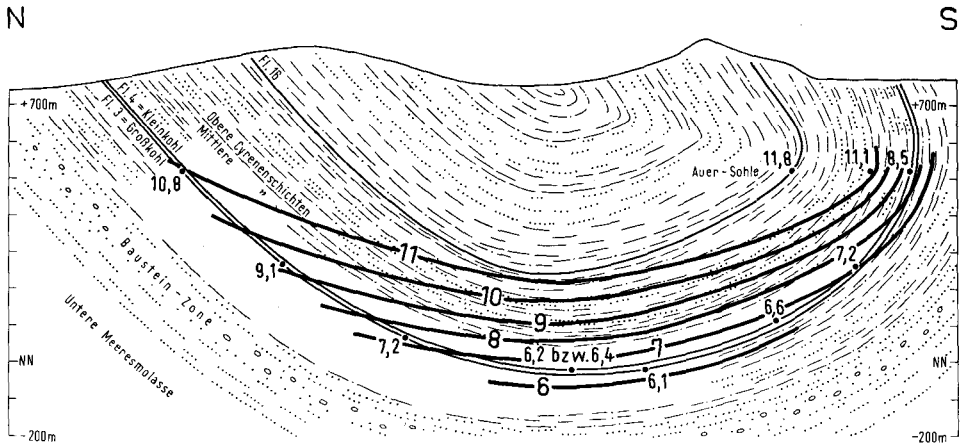


Abb. 5. Linien gleichen Wassergehaltes der Kohlen in der Haushamer Mulde.

Die Frage, wieweit die Unterschiede in den Wassergehalten durch die Faltung beeinflusst sind, wurde von uns speziell in der Haushamer Mulde 1951 untersucht (Abb. 5). Die Mulde war damals durch den Kohlenbergbau nahezu vollständig in einer Breite von 2200 m und bis zu einer Teufe von 800 m aufgeschlossen. Proben und ergänzende Analysen-Resultate stellte Herr Direktor Dr. LANGECKER von der Oberbayerischen AG für Kohlenbergbau dankenswerterweise zur Verfügung. Für die chemischen Inkohlungsuntersuchungen wurden reine Glanzkohlenstückchen möglichst sorgfältig herausgeklaut. Da bei Braunkohlen der Wassergehalt ein guter Maßstab für den Diagenesegrad ist, wurde dieser als Inkohlungsparameter benutzt. Der Wassergehalt wurde nach der Xylolmethode bestimmt. Wenn man die Inkohlungsdaten auf einen Querschnitt (Abb. 5) projiziert, so nimmt der Wassergehalt ab

1. mit zunehmendem Alter der Flöze: Auf der Auersohle wurden im jüngsten Flöz (Flöz 16) 11,8 %, im Flöz 4 dagegen nur 8,5 % Wasser festgestellt.
2. mit der Teufe: Auf dem Nordflügel der Mulde sinkt der Wassergehalt im Flöz 3 von 10,8 % bei +515 m auf 6,1 % bei -30 m, auf dem Südflügel im Flöz 4 von 8,5 % bei +515 m auf 6,2 % bei -20 m NN.

3. mit Annäherung an die Alpen: Auf der gleichen Sohle ist der Wassergehalt in derselben Flözgruppe (Flöz 3/4) auf dem Südflügel der Haushamer Mulde kleiner als auf dem Nordflügel:

Sohle	Teufe NN (m)	% Wasser (af) Nordflügel	% Wasser (af) Südflügel
Auersohle	+ 515	10,8	8,5
3. Sohle	+ 256	9,1	7,2
6. Sohle	+ 56	7,2	6,6

Die Abnahme des Wassergehaltes mit dem Alter der Flöze ist auf die größere Versenkungstiefe der älteren Flöze vor der Faltung zurückzuführen.

Die Abnahme des Wassergehaltes mit der heutigen Teufe kann erst eingetreten sein, als die Mulde schon mehr oder weniger als solche vorlag. Diese Wasserabnahme ist also im wesentlichen postorogen. — Die Abnahme des Wassergehaltes mit Annäherung an die Alpen hängt mit dem fortdauernden tangentialen Druck zusammen, der zu einer verstärkten Aufrichtung und Überkipfung des Südflügels der Haushamer Mulde führte.

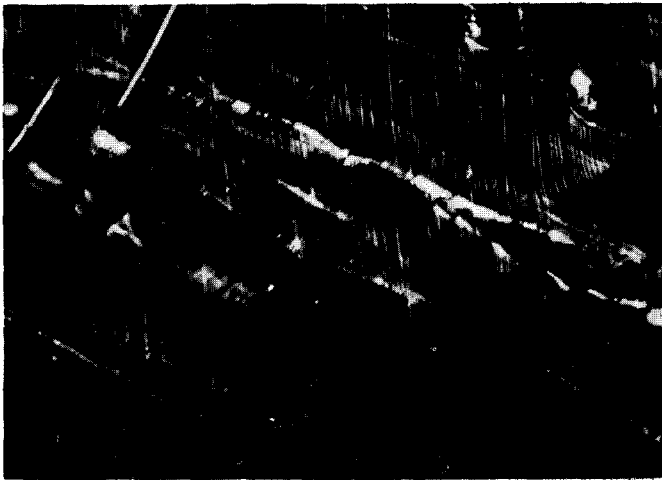


Abb. 6. Holzvitrit aus Flöz 4 von Hausham im polierten Dünnschliff. $220 \times$ Nicols. Man beachte die feine Parallelstreifung, die schräg zur Schichtebene verläuft.

Die Kohlen lassen hier makroskopisch kaum Anzeichen tektonischer Beanspruchung erkennen. Dagegen wurde bei der Untersuchung eines Holzvitrits im polierten Dünnschliff bei polarisiertem Durchlicht eine sehr ausgeprägte Parallelstreifung sichtbar (Abb. 6), welche sich erst in der bereits verfestigten Kohle entwickelt haben kann.

Das heutige Inkohlungsbild der Haushamer Mulde ist also zum Teil erst nach der Hauptfaltung entstanden — zu einer Zeit aber, als der gerichtete tektonische Druck noch anhielt. Hierbei wurde die Kohle zusammengedrückt, sodaß ihre Porosität und damit ihr Wassergehalt abnahm.

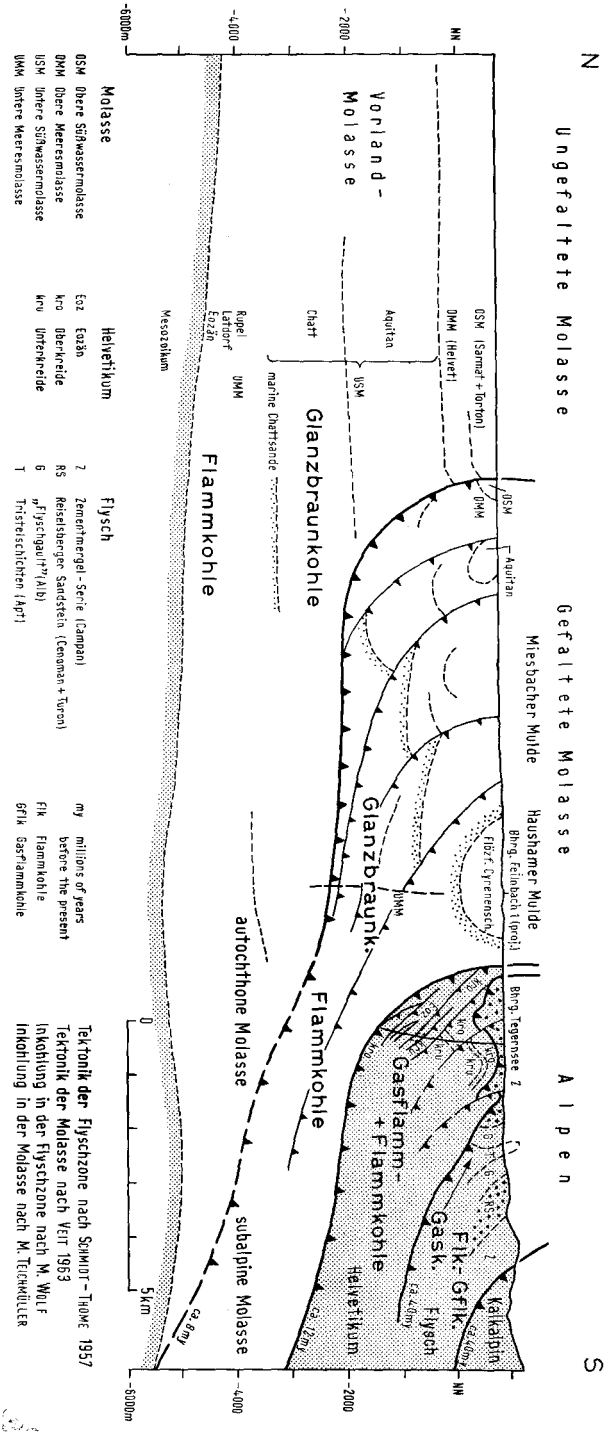


Abb. 7. Die Inkohlungsverhältnisse in der „Subduktionszone“ am Nordrand der Alpen.

Alttertiäre Braunkohlen in vergleichbarer tektonischer Position haben in der Sharig Range (Belutschistan) bei entsprechend höheren Drucken noch weit mehr Porenraum verloren (BERKOWITZ & SCHEIN 1952). BERKOWITZ & SCHEIN nehmen an, daß bei fr ü h z e i t i g intensiv gepreßten Kohlen die physikalische Metamorphose (gemessen an der Porosität bzw. der inneren Oberfläche und dem Wassergehalt) der chemischen Metamorphose (gemessen am Kohlenstoffgehalt und am Gehalt an Flüchtigen Bestandteilen) voraussetzt, sodaß hier gewissermaßen eine Diskrepanz besteht zwischen chemischer und physikalischer Inkohlung.

Der tangentielle Faltungsdruck hat bekanntlich auch das Porenvolumen der Sande und Tonmergel des Tertiärs in der Horizontalen alpenwärts erheblich reduziert. Damit in Zusammenhang steht die Verformung der Fossilien. ALBRECHT & FURTAK zeigten 1965, daß die Deformation der Fossilien durch den tangentialen Druck schon vor der eigentlichen Faltung erfolgte (die Einengung der Schichten durch die Faltung geschah dann später in gleicher Richtung). Der tangentielle Druck führte ferner dazu, daß die Geschwindigkeit seismischer Wellen in der Ungefalteten Molasse mit Annäherung an die Alpen zunimmt (LOHR 1969). In diesem Zusammenhang verweist K. LEMCKE (1972, S. 59) schließlich auch auf die überhydrostatischen Lagerstätten drücke in Sandlinsen des Rupels, die ebenfalls alpenwärts größer werden.

Einen Überblick über die Inkohlungsverhältnisse in der Molasse am nördlichen Alpenrand gibt Abb. 7. Der tektonische Schnitt durch die zerschuppte und gefaltete subalpine Molasse nördlich des Tegernsees ist VEIT (1963) zu verdanken. In ihm sind auch das Helvetikum und der Flysch dargestellt. VEIT stützte sich dabei auf einen Schnitt von SCHMIDT-THOMÉ (1957).

Für die Inkohlung in der Molasse ist das Alter der Überschiebungen von entscheidender Bedeutung. Der Zusammenschub der Molasse erfolgte nach BREYER (1960, S. 98) erst nach dem Torton und hielt auch später noch an (Abb. 7). Die gleiche Auffassung vertritt auch LEMCKE (1972, S. 39). Er schreibt: „Die Herausbildung des gesamten heutigen Großmuldenbaus (der oberen Süßwassermolasse) schließlich, mit Aufrichtung oder Steilstellung der tieferen OSM am Nordrand der Faltenmolasse und mit weithin erhaltenem Pont in der Beckenmitte, weist wohl darauf hin, daß diese Einengung bis in nachpontische Zeit hineingereicht hat“.

Dieses junge Alter der tektonischen Bewegungen ist u. E. — zusammen mit dem kleinen Temperaturgradienten — wie er sich aus der relativ kleinen Wärmestromdichte (Abb. 4) ergibt, ausschlaggebend für die Nachinkohlung in dem Schuppenpaket der subalpinen Molasse und in dessen Liegendem. Angesichts der relativ kurzen Zeitspanne von 8—12 Millionen Jahren kann sie kaum ein größeres Ausmaß erreicht haben. Tatsächlich hat die Bohrung Feilnbach 1 nach PAULUS & BROCKERT (1968, S. 284) unter der Gefalteten Molasse in den flözführenden Cyrenenschichten der autochthonen Molasse noch Glanzbraunkohle angetroffen (Probe Nr. 4342). Sie ist kaum stärker inkohlt als eine gleichaltrige Glanzbraunkohle in der Haushamer Mulde (Probe 1341), wie folgende Gegenüberstellung zeigt:

Probe Nr.		Teufe in m unter Oberfläche	% hydr. Wasser	% Asche	% flüchtige Bestandteile waf	% waf					% Rm
						C	H	O	N	S	
1341	Grube Hausham	840	4,8	2,6	47,4	71,3	5,3	18,9	0,7	3,8	0,50
4342	B. Feilnbach 1	2815	4,5	10,8	50,9	73,2	5,8	21,03			0,58

Die Inkohlung im Mesozoikum unter der autochthonen Molasse (Abb. 7) dürfte etwas höher sein als im Mesozoikum unter der Ungefalteten Molasse bei Anzing ($< 0,6$ % Rm) — und zwar deshalb, weil das Tertiär alpenwärts primär mächtiger wird. Das Schuppenpaket über dem Mesozoikum und Tertiär der autochthonen Vorlandmolasse hat trotz seiner ursprünglichen Mächtigkeit von 3—4000 m nur eine kleine Rolle für die Inkohlung in der autochthonen Molasse gespielt. Bei einer Mächtigkeit des Schuppenpaketes von 4000 m und einem geothermischen Gradienten von 23° C/km (Bohrung Anzing 3) muß man mit einer Gebirgstemperatur von 90 — 100° C für die Nachinkohlung rechnen. Die Dauer der Erwärmung seit der Aufstapelung der Schuppen war aber offenbar so kurz, daß die Inkohlung nachträglich nur wenig zunehmen konnte.

Da auch die Überschiebung des Helvetikums auf die Molasse erst nach dem Torton erfolgte, dürfte die Molasse auch unter dem Helvetikum in der Flyschzone im Stadium der gering inkohlten Steinkohlen geblieben sein. Denn auch in dieser Zone ist die Wärmestromdichte nach HÄNEL relativ gering. Auch ist die Mächtigkeit der Deckenpakete in der Bohrung Urmansau 1 (KRÖLL & WESSELY 1967) in Niederösterreich und nach den geophysikalischen Untersuchungen von ANGENHEISTER (in ANGENHEISTER et al. 1975, S. 97) südlich des Chiemsees nur auf etwa 3000 m zu veranschlagen.

3. Zur Inkohlung im Flysch und Helvetikum

Bei sporenstratigraphischen Untersuchungen im Flysch und Helvetikum beobachtete M. WOLF (1961, 1963, 1964 a und b) eine verschiedene Lichtdurchlässigkeit der Sporomorphen. Die Farbe der Sporomorphen erlaubt gewisse Rückschlüsse auf die Inkohlung, wie u. a. GUTJAHR (1966) gezeigt hat. Nach freundlicher Mitteilung von Frau Dr. WOLF/Krefeld ist die Farbe der Sporomorphen im Flysch zwischen Schliersee und Tegernsee gelb (besonders in der Oberkreide) bis bräunlich (besonders in der Unterkreide). Die Sporomorphen können in der Unterkreide des Flysches maximal nur das Gaskohlenstadium erreicht haben, denn schon im Fettkohlenstadium werden die Sporomorphen im Durchlicht dunkelbraun. Mit dieser Feststellung harmonisiert das Ergebnis einer Reflexionsmessung von Frau Dr. WOLF an einem Vitrit aus dem Reiselberger Sandstein (Cenoman) des Flysches. Der Reflexionswert weist auf Flammkohlen- bis Gasflammkohlenstadium. Dieses Inkohlungsstadium dürfte auch im Helvetikum vorherrschen, denn im Helvetikum beobachtete Frau Dr. WOLF ausschließlich gelbe Sporomorphen.

Der Flysch ist vom ostalpinen Mesozoikum schon früher überschoben worden und zwar „nach dem Untereozän, das die jüngsten Schichten des Flysches bildet“ (BREYER 1960, S. 98, vgl. auch M. WOLF 1963) und vor dem Beginn des Oligozäns. Diese Zeit liegt etwa 40 Millionen Jahre zurück (BERGGREN 1972, S. 196). Man sollte also eine relativ lange Zeit tiefer Versenkung des Flysches unter dem oberostalpinen Deckenpaket vermuten. Und doch ist die Inkohlung relativ gering geblieben (s. o.). Das ist eine bemerkenswerte Tatsache.

Fast noch auffälliger ist, daß — wie wir gesehen haben — auch das Helvetikum nicht hoch inkohlt ist. Dabei wurde etwa zur gleichen Zeit, als das Oberostalpin die Flyschzone überfuhr, das Helvetikum vom Flysch überfahren, nämlich postmitteleozän/präoligozän (BREYER 1960, S. 98). Die Flyschschuppen sind zusammen fast 2000 m mächtig. Mindestens um diesen Betrag war das Helvetikum versenkt und zwar auf die Dauer von rund 40 Millionen Jahren. Die relativ geringe Inkohlung im Flysch und Helvetikum ist u. E. nur verständlich bei Annahme eines relativ kleinen Temperaturgradienten.

Zusammenfassend stellen wir fest: Alle Inkohlungsdaten in der subalpinen Molasse, im Helvetikum und im Flysch weisen auf sehr kleine Inkohlungsgradienten. Sie stehen offenbar im Zusammenhang mit der „Subduktionszone“ am nördlichen Alpenrand. In dieser Zone sinkt der obere Erdmantel auf 30—40 km und tiefer ab und stauen sich die Schuppenspäne der subalpinen Molasse an der Vorlandmolasse (Abb. 8).

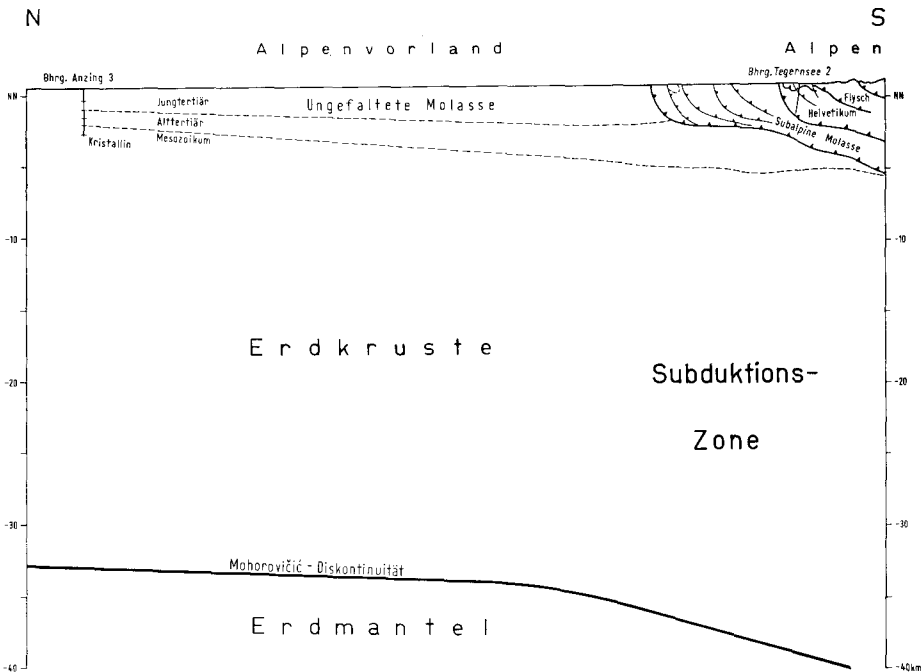


Abb. 8. Die „Subduktionszone“ am Nordrand der Alpen. — Grenze zwischen Erdkruste und Erdmantel nach dem Tiefenlinienplan von GIESE & STEIN (1971).

4. Die Deutung des Inkohlungsbildes

Werfen wir abschließend noch einen Blick auf die Diagenese-Verhältnisse in anderen Subduktionszonen. In der Subduktionszone am Nordrand der Karpathen scheinen nach SZADÉCKY-KARDOSS (1973) ähnliche Verhältnisse vorzuliegen. Von besonderem Interesse ist die Subduktionszone an der kalifornischen Küste. Hier verdanken wir BOSTICK (1974) sowie CASTAÑO & SPARKS (1974) sehr bedeutungsvolle Inkohlungsuntersuchungen. Sie zeigen, daß auch in dieser — viel großartigeren — Subduktionszone der geothermische Gradient und der Inkohlungsgradient bemerkenswert klein sind. So z. B. herrscht im Tertiär (Miozän-Eozän) des Tejon-Gebietes am Süden des Great Valley gegenwärtig ein geothermischer Gradient von 25° C/km. Der Inkohlungsgradient beträgt nach CASTAÑO & SPARKS 0,095 % R_{max} . Die Verhältnisse sind hier also sehr ähnlich wie in der oberbayerischen Molasse. — Sicher ist die Großtektonik in Kalifornien eine ganz andere als am Nordrand der Alpen: Das nördliche Alpenvorland ist keine ozeanische Platte, die sich unter eine kontinentale Platte schiebt. Darum gibt es am Alpenrand keine Benioff-Zone. Aber das tertium comparationis — das Untertauchen der Mohorovičić-Diskontinuität unter einen dicken Wulst von Krustenmaterial — hat offenbar in beiden Fällen zu einer Depression der Isothermen geführt.

Daraus ergibt sich für die Prospektion auf Kohlenwasserstoffe: In der „Subduktionszone“ am Nordrand der Alpen sind Erdöl und Erdgas auch noch in Tiefen möglich, die andernorts wegen ihrer hohen Gebirgstemperaturen für die Prospektion nicht mehr in Frage kommen.

Dank

Den Direktionen der früheren Kohlenbergwerke Peißenberg, Penzberg und Hausham, der Deutschen Erdöl AG (jetzt TEXACO A.G.), den Gewerkschaften Brigitta und Elwerath BmbH, der Mobil Oil AG in Deutschland und der Preussag AG sind wir für die Überlassung von Proben und für die Erlaubnis zur Veröffentlichung der Inkohlungsdaten zu großem Dank verpflichtet. Herrn Dr. KÖWING, Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen, sind wir für viele Anregungen und fruchtbare Diskussionen besonders dankbar. Frau Dr. WOLF danken wir dafür, daß sie ihre Beobachtungen zur Inkohlung des Flysches und des Helvetikums zur Verfügung stellte. Herrn Prof. Dr. K. LEMCKE (Gewerksch. Elwerath u. Brigitta BmbH, Büro München) danken wir für die kritische Durchsicht des Manuskriptes. — Die Reflexionsmessungen in der Bohrung Anzing 3 wurden im Rahmen des Forschungsprogrammes Te 53 der Deutschen Forschungsgemeinschaft von Herrn J. ELSING durchgeführt. Wir danken der Deutschen Forschungsgemeinschaft für ihre finanzielle Hilfe.

5. Literatur

- ALBRECHT, K. & FURTAK, H.: Die tektonische Verformung der Fossilien in der Faltenmolasse Oberbayerns zwischen Ammer und Leitzach. — Geol. Mitt., **5**, S. 227—248, 14 Abb., 4 Tab., Aachen 1965.
- ANGENHEISTER, G., BÖGEL, H. & MORTEANI, G.: Die Ostalpen im Bereich einer Geotraverse vom Chiemsee bis Vicenza. — N. Jb. Geol. Paläont., Abh., **148** (1), S. 50—137, 14 Abb., 6 Tab. u. 1 Beilage, Stuttgart 1975.
- BERGGREN, W. A.: A Cenozoic time-scale — some implications for regional geology and paleobiogeography. — Lethaia, **5**, S. 195—215, 9 Fig., Oslo 1972.

- BERKOWITZ, N. & SCHEIN, H. G.: Some aspects of the ultrafine structure of lignites. — *Fuel*, **31**, S. 19—32, 5 Tab., London 1952.
- BOSTICK, N. H.: Phytoclasts as indicators of thermal metamorphism, Franciscan assemblage and Great Valley sequence (Upper Mesozoic), California. — *Geol. Soc. America, Special Paper 153*, S. 1—17, 12 Abb., 1 Tab., Washington 1974.
- BREYER, F.: Die orogenen Phasen der gefalteten Molasse, des Helvetikums und des Flysches im westlichen Bayern und Vorarlberg. — *Abh. deutsch. Akad. Wiss. Berlin, Kl. III, H. 1*, S. 95—98, Berlin 1960.
- CASTANO, J. R. & SPARKS, D. M.: Interpretation of vitrinite reflectance measurements in sedimentary rocks and determination of burial history using vitrinite reflectance and authigenic minerals. — *Geol. Soc. America, Special Paper 153*, S. 31—52, 21 Abb., 1 Tab., Washington 1974.
- DOEBL, F., HELING, D., HOMANN, W., KARWEIL, J., TEICHMÜLLER, M. & WELTE, D.: Diagenesis of Tertiary clayey sediments and included dispersed organic matter in relationship to geothermics in the Upper Rhine Graben. — In: *Approaches to Taphrogenesis* (ILLIES, J. H. & FUCHS, K., eds.) S. 192—207, 4 Fig., 1 Taf., Stuttgart (Schweizerbart) 1974.
- GIESE, P. & STEIN, A.: Versuch einer einheitlichen Auswertung tiefenseismischer Messungen aus dem Bereich zwischen der Nordsee und den Alpen. — *Z. Geophys.*, **37**, S. 237—272, 15 Abb., Würzburg 1971.
- GUTJAHR, C. C. M.: Carbonization of pollen-grains and spores and their application. — *Leidse Geol. Meded.*, **38**, S. 1—29, 23 Abb., Leiden 1966.
- HÄNEL, R.: Geothermik. — In: *Unternehmen Erdmantel* (DFG Forschungsbericht). — S. 193—198, 2 Abb., Wiesbaden (Steiner) 1972.
- KOCH, J.: Untersuchungen über die Zunahme der Vitrinitreflexion mit der Tiefe in einigen Sedimentbecken. — *Erdöl u. Kohle*, **27**, S. 121—124, 4 Abb., Leinfelden 1974.
- KÖWING, KL., KRAUS, L. & RÜCKERT, G.: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1 : 25 000, Blatt Nr. 7837 Markt Schwaben. — 147 S., 19 Abb. (Bayer. Geol. L.-Amt) München 1968.
- KRÖLL, A. & WESSELY, G.: Neue Erkenntnisse über Molasse, Flysch und Kalkalpen auf Grund der Ergebnisse der Bohrung Urmannsau I. — *Erdöl-Erdgas-Z.*, **83**, S. 342—352, Wien/Hamburg 1967.
- LEMCKE, K.: Die Lagerung der jüngsten Molasse im nördlichen Alpenvorland. — *Bull. Ver. Schweiz. Petrol.-Geol. u. -Ing.*, **39** (95), S. 29—41, 7 Abb., Basel 1972.
- Vertikalbewegungen des vormesozoischen Sockels im nördlichen Alpenvorland vom Perm bis zur Gegenwart. — *Eclogae geol. Helvet.*, **67**, 1, S. 121—133, 3 Abb., Basel 1974.
- LOHR, J.: Die seismischen Geschwindigkeiten der jüngeren Molasse im ostschweizerischen und deutschen Alpenvorland. — *Geophys. Prospecting*, **17**, S. 111—125, Den Haag 1969.
- PAULUS, BR. & BROCKERT, M.: Die Tiefbohrung Feilnbach 1. — In: *Erl. zur Geol. Karte von Bayern 1 : 25 000, Blatt Nr. 8237 Miesbach*. — München 1968.
- SCHMIDT-THOMÉ, P.: Molasse-Untergrund und Helvetikum-Nordgrenze im Tegernsee-Bereich und die Herkunft von Erdöl und Jodwasser in Oberbayern. — *Geol. Jb.*, **74**, S. 225—242, 3 Abb., Hannover 1957.
- SZADECKY-KARDOSS, E.: Die chemische Zusammensetzung der natürlichen Kohlenwasserstoffe und die geologische Struktur. — VII. Geochemische Konferenz U.G.J. U.U.G. FJEE. In: OGI, S. 154—184, Budapest 1973.
- VEIT, E.: Der Bau der südlichen Molasse Oberbayerns auf Grund der Deutung seismischer Profile. — *Bull. Ver. Schweiz. Petrol.-Geol. u. -Ing.*, **30** (78), S. 15—52, 17 Abb., Basel 1963.
- WOLF, M.: Sporenstratigraphische Untersuchungen in der gefalteten Molasse der Murnauer Mulde (Oberbayern). — *Geologica Bavarica*, **46**, S. 53—92, 5 Abb., 8 Taf., 3 Beilagen, München 1961.
- Sporenstratigraphische Untersuchungen im Randcenoman Oberbayerns. — *N. Jb. Geol. Paläont., Mh.*, **1963**, H. 7, S. 337—354, Stuttgart 1963.

- WOLF, M.: Sporologische Untersuchungen zur Paläogeographie und Fazies der älteren Faltenmolasse in Bayern sowie des angrenzenden Helvetikums und des randlichen Flyschbereiches. — Bericht über die mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft, Bad Godesberg, vom 1. 5. 1961—30. 6. 1963 durchgeführten Arbeiten, Krefeld 1964. — [1964 a].
- Sporomorphen aus dem bayerischen Flysch. — Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., **12**, S. 113—116, 1 Taf., 1 Abb., Krefeld 1964. — [1964 b].

Manuskript bei der Redaktion eingegangen am 4. 3. 1975.

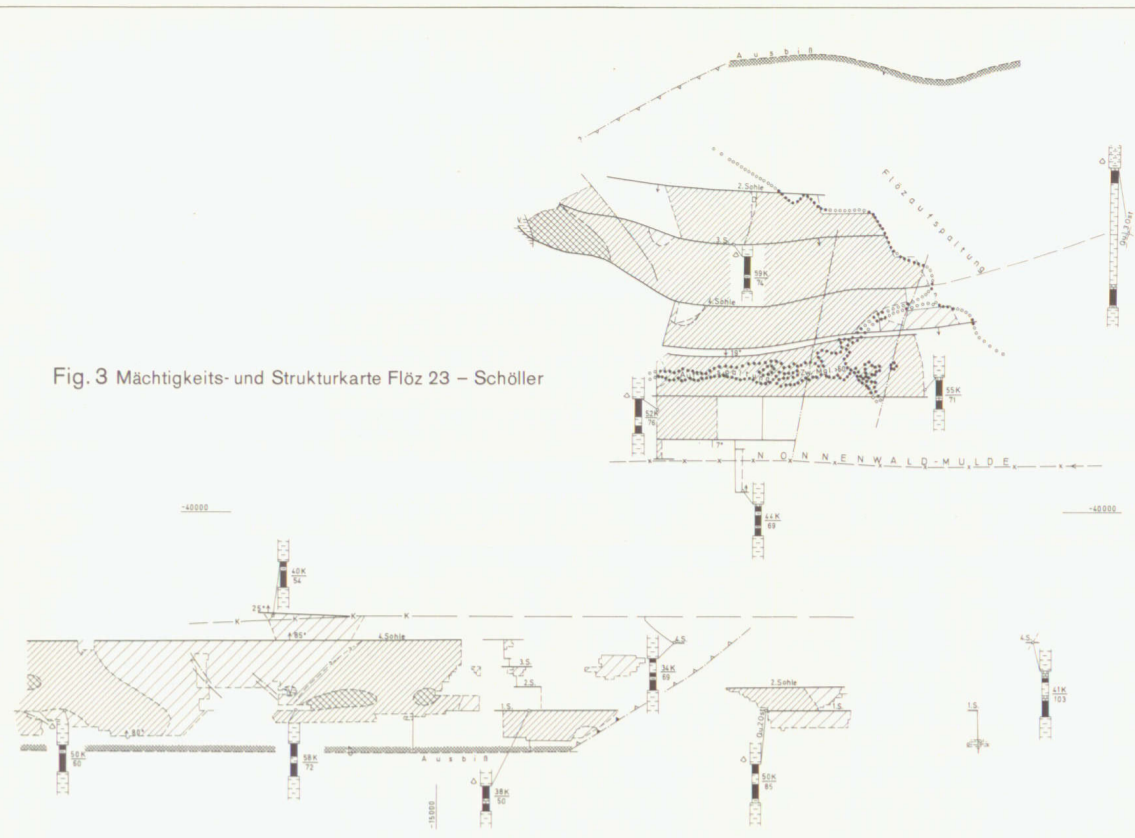


Fig. 3 Mächtigtkeits- und Strukturkarte Flöz 23 - Schöllner

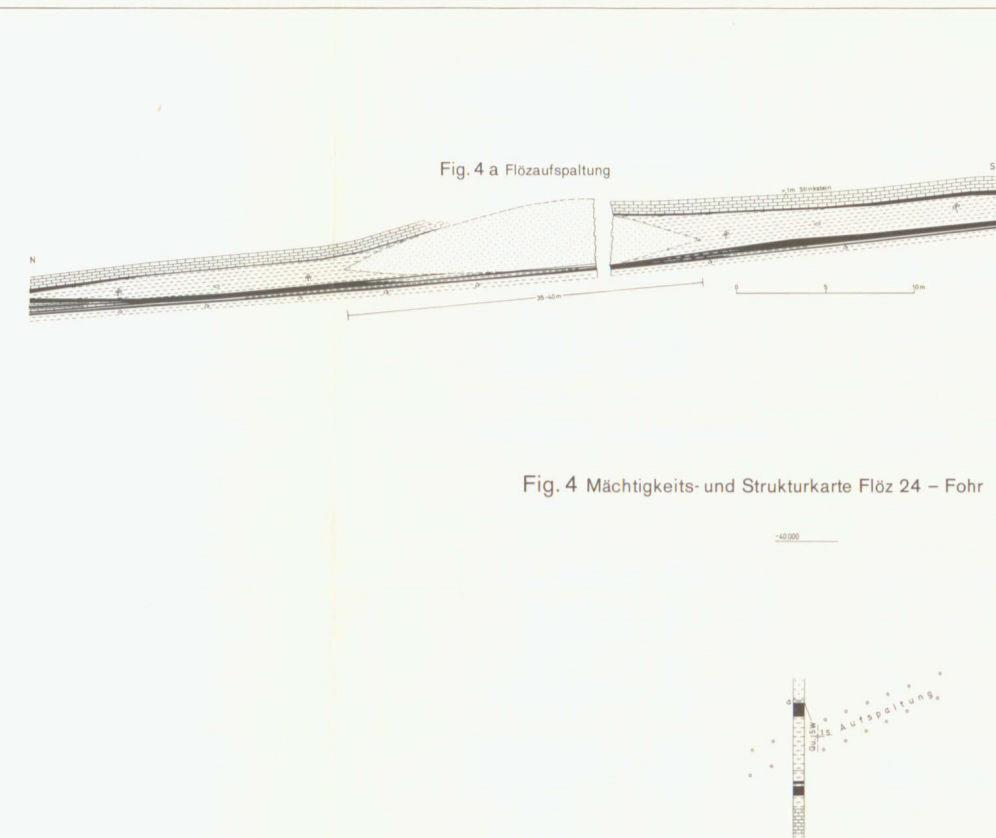


Fig. 4 a Flözaufspaltung

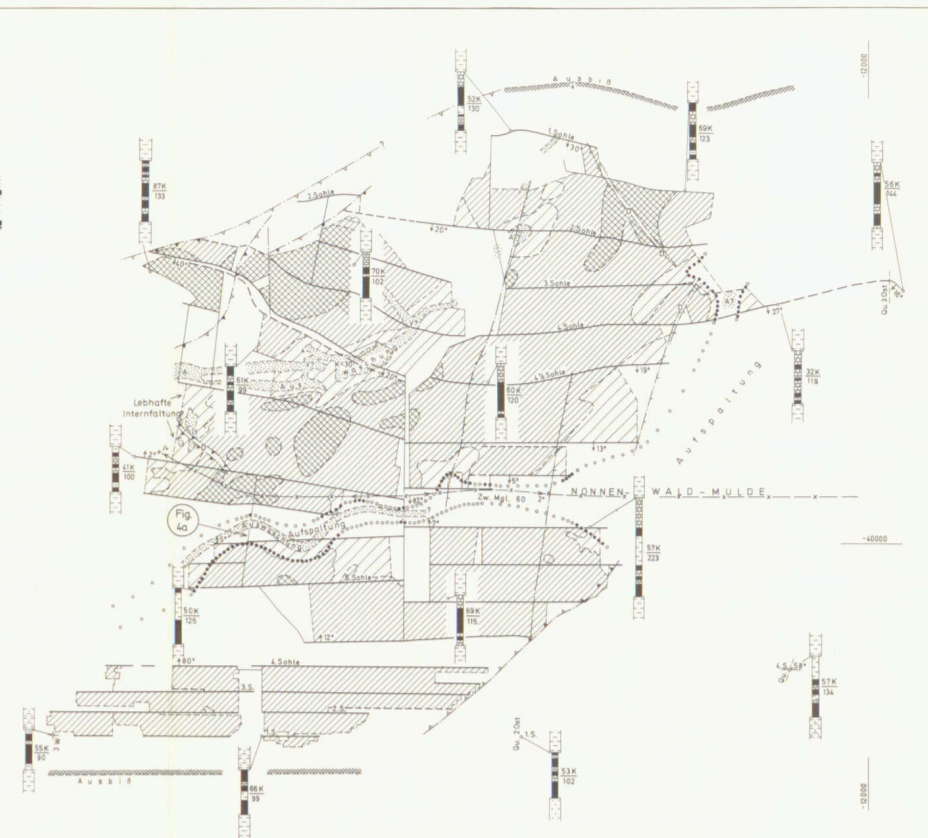


Fig. 4 Mächtigtkeits- und Strukturkarte Flöz 24 - Fohr

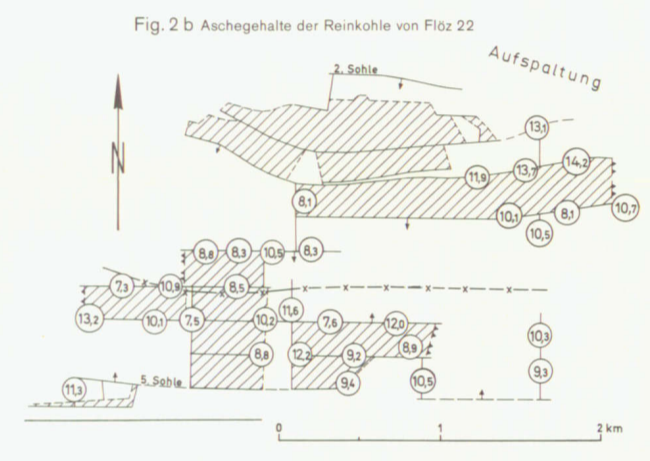


Fig. 2 b Aschegehalte der Reinkohle von Flöz 22

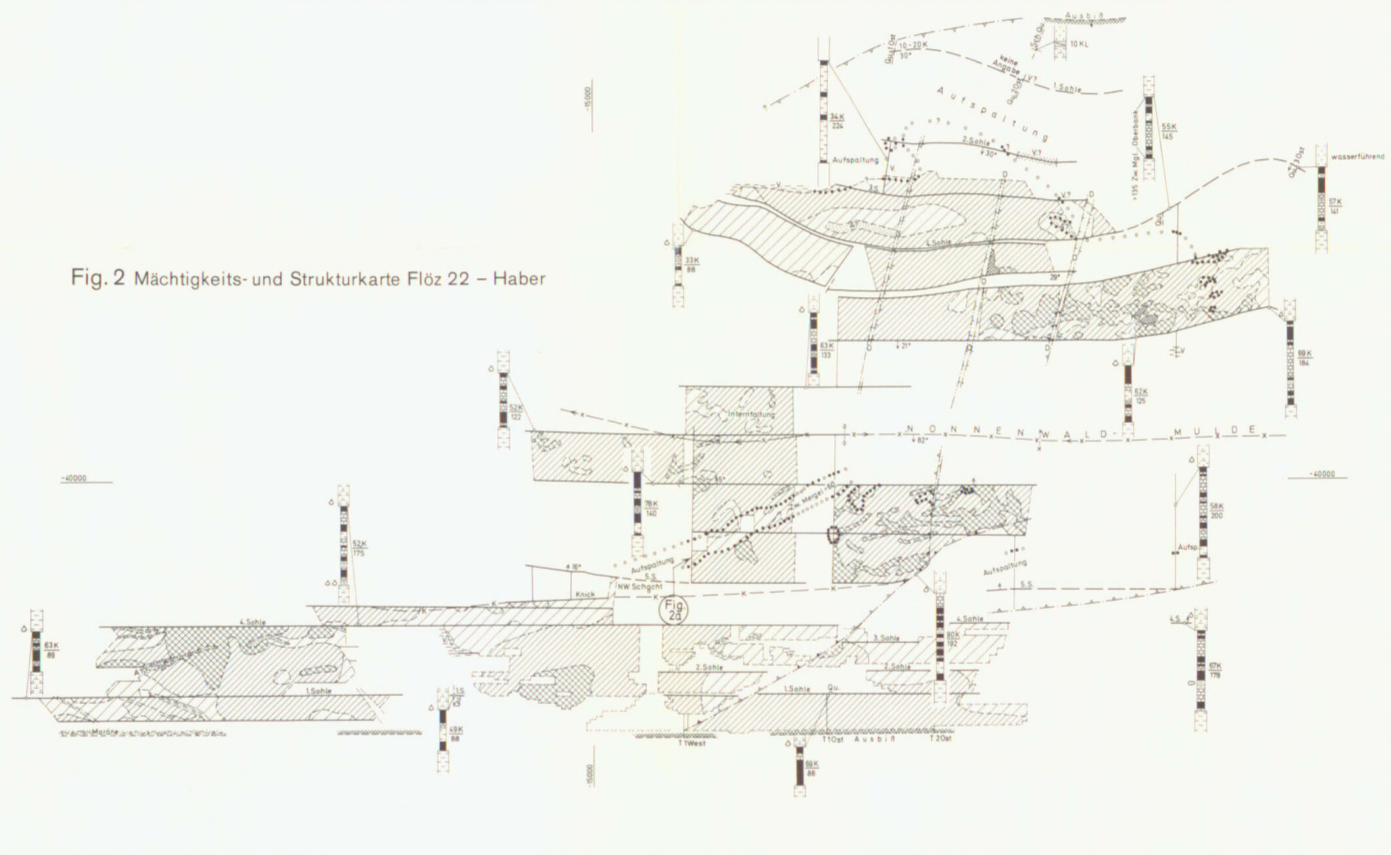


Fig. 2 Mächtigtkeits- und Strukturkarte Flöz 22 - Haber

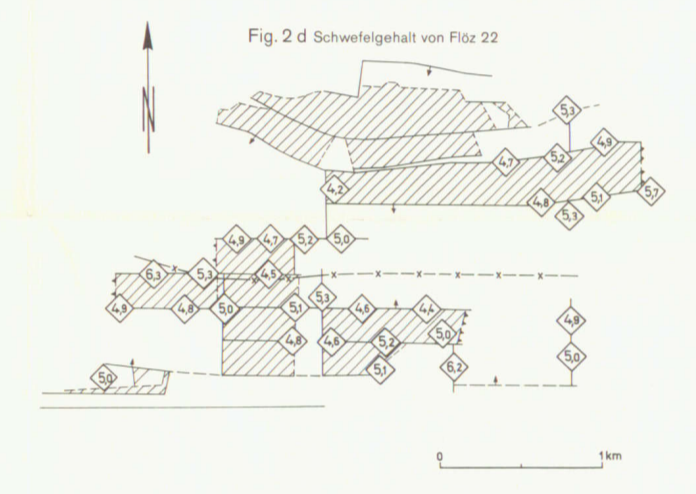


Fig. 2 d Schwefelgehalt von Flöz 22

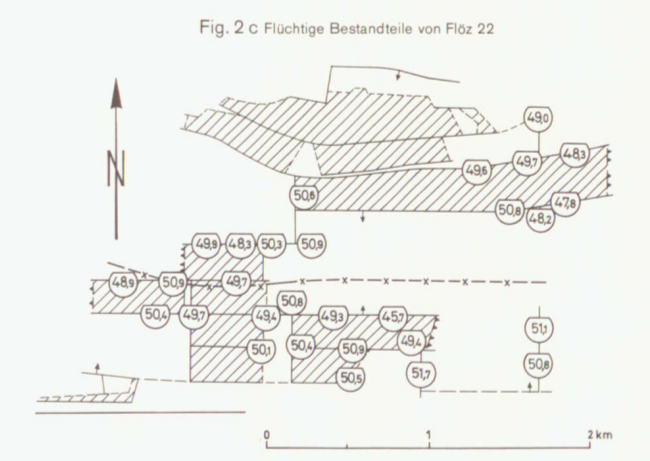


Fig. 2 c Flüchtige Bestandteile von Flöz 22



Fig. 2 a Flözaufspaltung

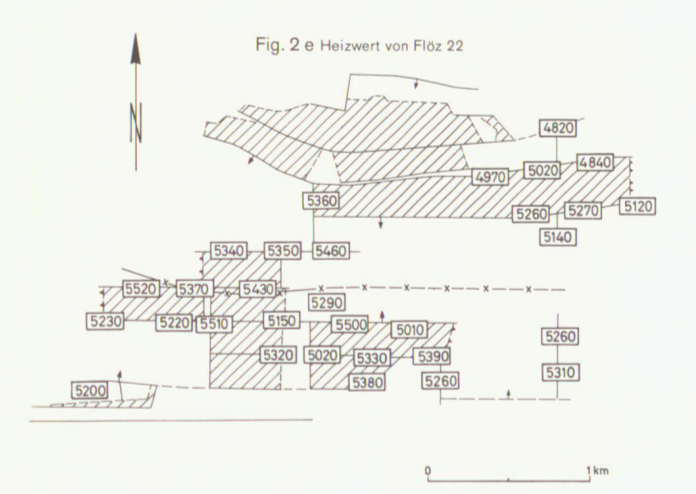


Fig. 2 e Heizwert von Flöz 22

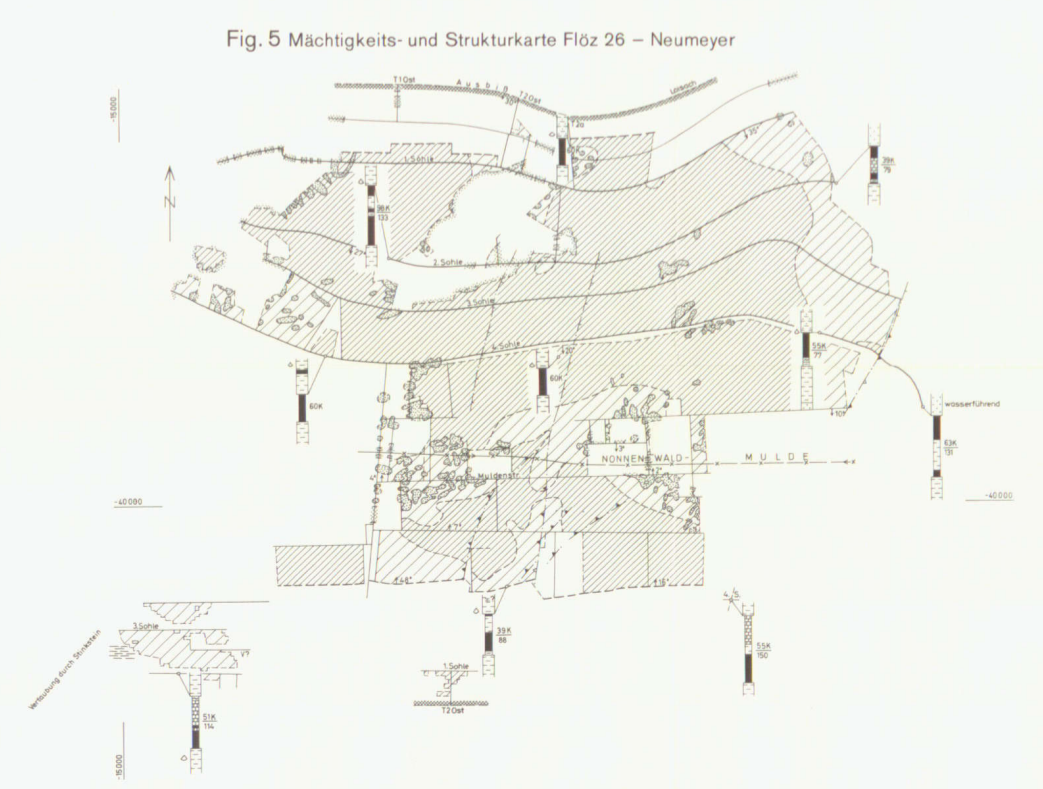


Fig. 5 Mächtigtkeits- und Strukturkarte Flöz 26 - Neumeyer

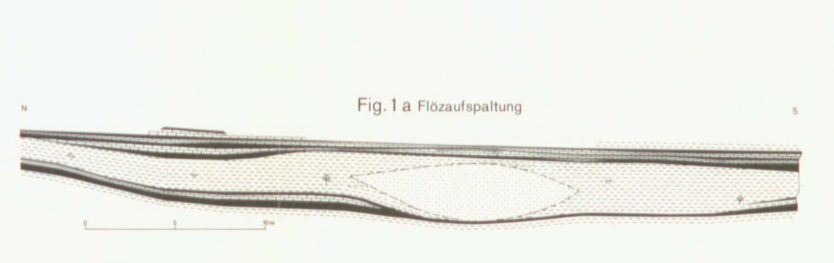


Fig. 1 a Flözaufspaltung

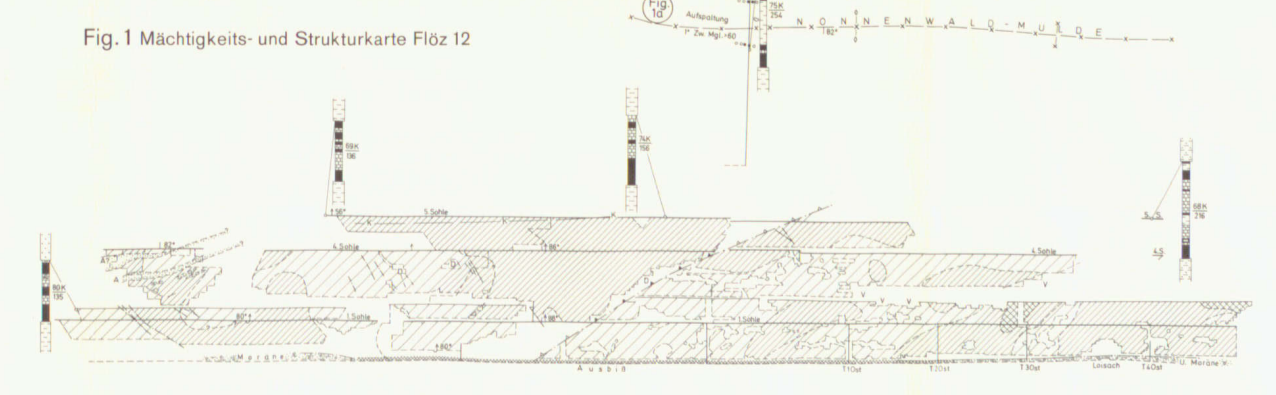


Fig. 1 Mächtigtkeits- und Strukturkarte Flöz 12

