

# Die Faziesentwicklung der südbayrischen Oligocänmolasse.

Von Dr. ing. Heinrich Stuchlik, kgl. Bergmeister in Traunstein.

Mit 2 Tafeln (Nr. VII [I] und VIII [II]) und 5 Zinkotypien im Text.

## Vorwort.

Bereits im Jahre 1893 habe ich darauf hingewiesen<sup>1)</sup>, daß die südbayrische Oligocänmolasse auf Grund vielfacher Analogien, welche sich mit den Sedimenten der heutigen Meere in bezug auf die Beschaffenheit des Materials und die Verteilung der organischen Einschlüsse ziemlich unverschleiert zu erkennen geben, in vier Fazies, nämlich die Cyrenenschichten, die bunte Molasse, die Cyprinenschichten und die Tiefseemergel, gegliedert werden kann. Die beiden letzteren entsprechen der unteren Meeresmolasse. Schon damals erklärte ich sämtliche Gruppen für gleichaltrige Bildungen, welche jedoch verschiedene paläontologische und petrographische Merkmale besitzen, je nachdem die Schichten im Brack- oder Salzwasser der Strandregion, der tieferen Küstenzone oder in der Tiefsee abgelagert wurden.

Bekanntlich hielt v. G ü m b e l<sup>2)</sup> die untere Meeresmolasse für mittel-, die brackische für oberoligocän. Erst W. Wolff<sup>3)</sup> zeigte 1896 durch seine eingehende paläontologische Untersuchung der südbayrischen Oligocänmolasse und seine vergleichenden Studien mit den in neuerer Zeit genauer erforschten oligocänen Faunen Norddeutschlands, Frankreichs und Österreichs, daß sowohl die untere Meeres- sowie die brackische Molasse zwei Äquivalente oberoligocänen Alters sind, welche zusammen einen einheitlichen Schichtenkomplex bilden.

Seither hat sich diese Auffassung immer mehr Bahn gebrochen und man erkannte, daß bei Bewertung der Kohlenfelder mit diesem Faktor ebenfalls gerechnet werden müsse.

Für die Entstehung der bunten Molasse jedoch vermochten, wie die einander entgegenstehenden Anschauungen v. G ü m b e l s,

<sup>1)</sup> Stuchlik. Geologische Skizze des oberbayrischen Kohlenreviers. Österreichische Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen, Nr. 30, Wien 1893, S. 382.

<sup>2)</sup> v. G ü m b e l . Geologie von Bayern, Bd. II, Kassel 1894, S. 323.

<sup>3)</sup> Wolff. Die Fauna der südbayrischen Oligocänmasse. Paläontographica, Bd. XLIII, München 1897, S. 225, 227.

Weithofers<sup>1)</sup> und Rothpletz<sup>2)</sup> bekunden, selbst die Ausführungen Wolffs eine befriedigende Erklärung noch nicht zu geben, obgleich diese offenbar in der Faziesentwicklung der Molasse zu suchen ist.

Wenn ich mich unter diesen Umständen der Aufgabe unterzog, einschlägiges Material, welches ich teils gelegentlich der geologischen Begehung des oberbayrischen Kohlenreviers, teils während meiner Tätigkeit beim Bergwerksbetriebe in Miesbach, Hausham, Penzberg Peißenberg sammelte, im vorliegenden zur Besprechung zu bringen und mit identischen Erscheinungen bei gesteinsbildenden Vorgängen der Jetztzeit zu vergleichen, so geschah dies in der Hoffnung, hierdurch einen nützlichen Beitrag zur Kenntnis der eigenartigen Korrelationen zwischen der flözführenden und unproduktiven Fazies des Kohlengebirges zu liefern.

Sie erheischen um so mehr Beachtung, je näher die Zeit heranrückt, wo auch in den südbayrischen Grubenfeldern die Erschließung neuer, unterirdischer Kohlenschätze nur noch mit Hilfe kostspieliger Tiefbohrungen möglich sein dürfte.

Allen Fachgenossen, welche mir die Arbeit durch ihr freundliches Entgegenkommen erleichterten, sage ich bei dieser Gelegenheit aufrichtigen Dank.

In dankbarer Verehrung gedenke ich hierbei auch des um die Förderung der geologischen Erforschung dieses Bergwerkdistrizts hochverdienten verstorbenen technischen Direktors Ludwig Hertle der oberbayrischen Aktiengesellschaft für Kohlenbergbau in Miesbach, der mir oft durch schätzenswerte Anregungen seine Unterstützung in wohlwollendster Weise zuteil werden ließ.

### Geologische Einleitung<sup>3)</sup>.

Das Gebiet unserer Betrachtung ist die bayrische Voralpenzone, insbesondere zwischen Inn und Lech.

Die Namen Schliersee, Tegernsee, Kochel- und Staffelsee sind so wohlbekannt, um jedermann sogleich über die Grenze nach Süden zu orientieren und es genügt, die Stationen Rosenheim, Holzkirchen, Seeshaupt, Weilheim und Schongau zu nennen, um die Grenze gegen Norden ungefähr zu bezeichnen.

Durchflossen von der Leitzach, Mangfall, Isar, Loisach und Ammer, verquert von einem System von Eisenbahnen, welche wie die Pulsadern zum Herzen aus den verschiedenen Teilen des Kohlenreviers zur Haupt- und Residenzstadt München führen, bietet es dem

<sup>1)</sup> Weithofer. Einige Querprofile durch die Molassebildungens Oberbayerns. Jahrb. der k. k. geol. R.-A., Bd. LII, Heft 1, Wien 1902, S. 69.

<sup>2)</sup> Rothpletz. Die fossilen oberoligocänen Wellenfurchen des Peißenberges und ihre Bedeutung für den dortigen Bergbau. Sitzungsber. der mathem.-physik. Klasse der kön. bayr. Akad. d. Wissensch., Bd. XXXIV, Heft III, München 1904, S. 375.

<sup>3)</sup> Zitate sind im folgenden durch die Ziffern der am Schlusse enthaltenen Literaturnachweise angegeben, um die vollen Titel der Abhandlungen nicht wiederholen zu dürfen.

Geologen neben den herrlichsten Naturschönheiten der nahen Alpen so viel Anziehendes, wie dies nur selten anderwärts der Fall ist.

Schon die Lagerungsverhältnisse erwecken ein hohes Interesse. Sie liefern für die Gebirgsfaltung, welche hier in der Großartigkeit eines gigantischen Faltenwurfes auf weite Erstreckung direkt beobachtet werden kann, sowie für die ungewöhnliche geologische Erscheinung der dynamischen Metamorphose, deren Bedeutung sich durch die wechselseitige Beziehung zwischen Kohlenqualität der Flöze und Intensität der Schichtenstörung geltend macht, ein instruktives Beispiel [(4) S. 37, (16) S. 380]<sup>1)</sup>.

Auf Schritt und Tritt begegnen uns die Zeugen der Eiszeit mit sichtbaren Zügen ihres verschiedenen Alters. Aus der unruhig kupigen Oberflächengestalt der Landschaft leuchten die Jung-Endmoränen des Inn-, Isar- und Lechgletschers heraus und die alten Stammbecken weisen hie und da noch wohlerhaltene Teile typischer Drumlinengürtel auf, so namentlich südwestlich von Würmsee mit einer Deutlichkeit der Formen und Klarheit ihrer Anordnung, wie man sie nördlich der Ostalpen nirgends wieder findet [(29) S. 190].

Überall erkennen wir die Spuren der zerstörenden, aufbauenden und nivellierenden Kraft des Wassers, die den fluvioglazialen Gebilden die gleichsinnige Abdachung gab, in den Bereich der letzteren alle Unebenheiten des Terrains unaufhörlich einzubeziehen suchte und auch in der oligocänen Seichtsee am Nordfuße der Alpen — unserem heutigen Kohlengebiete — durch die kombinierte Tätigkeit von Fluß und Meer, von Wind und Welle, das Schwere von dem Leichten, das Grobe von dem Feinen schied, es wie in einer großen Flutwäsche separierte und nach seiner Gleichfälligkeit das eine hier, das andere dort abgelagert hat.

Die daraus entstandenen gleichaltrigen, doch untereinander verschiedenen Schichten der Oligocänmolasse und die in diesen heteropischen Sedimenten vorkommenden Fossilien geben für die Rekonstruktion einstmaliger Meeresteile die besten Aufschlüsse, wenn wir die Bionomie und Lithogenesis der Gegenwart zu Rate ziehen, um die steinernen Tafeln zu entziffern, auf denen die Natur ihre ewigen Gesetze selber schreibt.

Was sich aus der Gesamtheit aller Erscheinungen mit Hilfe der ontologischen Untersuchung nach dem Beispiele Walthers [(18) S. XII] Neues und Wichtiges ergibt, lehrt uns den mächtigen Schichtenkomplex der Molasseablagerung trotz seiner komplizierten Tektonik als eine zusammengehörige Serie von Faziesbezirken aufzufassen, deren charakteristische Entwicklung vom Litoral bis zur Tiefsee nicht nur Bewunderung verdient, sondern auch für die Aufklärung der Stratigraphie des Peißenberges überaus wichtig ist und die dortigen geologischen Verhältnisse erst verständlich macht.

<sup>1)</sup> Nur selten ist der Geologe so glücklich, die durch Lateraldruck erzeugte Deformationskurve des Faltenwurfes in der Natur auf größere Entfernung mit dem Auge verfolgen zu können, wie dies zum Beispiel im südtirolischen Cismontal zwischen Fonzaso und Primiero möglich ist [(25) S. 867].

Dynamische Metamorphose zeigen im hervorragendsten Maße die gefalteten Kohlengebiete Pennsylvaniens (16).

## I. Faziesverschiedenheiten im allgemeinen.

Durch die Tiefseeuntersuchungen hat man erkannt, daß sich — ähnlich wie die hypsometrischen Zonen am Festland — die bathymetrischen im Meere und in den Seen<sup>1)</sup> bei den meisten Organismen geltend machen.

Mit der Wassertiefe ändert sich Belichtung, Temperatur, Bodenbeschaffenheit und Nahrung. Diese Faktoren üben einen ordnenden Einfluß auf alle den Untergrund bewohnenden Tiere und Pflanzen aus, so daß selbst an unmittelbar angrenzenden Meereststellen ein in die Augen springender Unterschied zwischen Strand- und Tiefseebildung zu finden ist, der sich auch bei älteren Sedimenten oft noch unverkennbar ausprägt.

Direkt abhängig vom Licht ist das Pflanzenleben.

Im allgemeinen beschränkt sich dasselbe in den größeren Wasserbecken auf einen längs des Gestades verlaufenden Gürtel von zirka 30 m Tiefe und einer nach der Steilheit des Ufers wechselnden Breite. Unterhalb dieses Niveaus schwinden rasch die Existenzbedingungen für pflanzliche Organismen. Als unterste Grenze chlorophyllhaltiger Gewächse wurde die Tiefe von 90 m ermittelt; bei 200 m herrscht im Meere in der Regel nächtliches Dunkel; ungefähr bei 400 m nimmt Walther [(18) S. 4] die Assimilationsgrenze an, welche die diaphane von der aphotischen Region scheidet und die Tiefe der Ozeane ist in allen klimatischen Zonen nach Kerner v. Marilaun [(8) S. 359] eine pflanzenleere Wüste.

Die Algenflora des Quarneros gliedert Lorenz [(18) S. 109] in sechs verschiedene Tiefenzonen. Im Bereich des höchsten Standes der Flut wachsen 3 Algenarten, im Gebiete der Schorre 44; vom Ebbespiegel bis zur Tiefe von 4 m ist der Pflanzenwuchs am reichsten und enthält 218 Arten; in der Tiefe von 4—27 m vermindert er sich auf 78 Formen, in 27—55 m auf 43 und in noch größerer Tiefe finden sich nur mehr 4 Algenarten vor.

Im kausalen Zusammenhang mit diesen bionomischen Erscheinungen steht die Tatsache, daß der größte Teil der herbivoren Fauna auch nur den seichten Ufersaum bevölkert. Aber selbst viele Fleischfresser, welche sich von jenen Pflanzenfressern nähern, sind auf dieses Gebiet angewiesen.

Über die bathymetrische Verteilung der Mollusken, welch letztere wegen ihres häufigen Vorkommens in der Molasse und infolge des guten Erhaltungszustandes ihrer fossilen Reste für uns von besonderem Interesse sind, haben schon 1830 Audouin und Milne-Edwards an der französischen Küste, Sars 1835 an der norwegischen Küste, Forbes 1843 im Ägäischen Meere und später auch in den britischen Gewässern Beobachtungen angestellt; das reichlichste Material hierfür haben jedoch die Tiefsee-Expeditionen geliefert. Gestützt hierauf, nimmt

<sup>1)</sup> Forel unterscheidet am Genfer See drei bathymetrische Regionen und eine außerhalb des Sees gelegene, zu demselben in enger Beziehung stehende Uferzone (34).

P. Fischer [(5) S. 182] für die benachbarten Meere fünf bathymetrische Zonen an, und zwar:

1. Die Litoralzone, welche das Gebiet der Ebbe und Flut umfaßt und zwischen  $\frac{1}{2}$  und 12 m schwankt;
2. die Laminarienzone, welche sich bis 27 oder 28 m erstreckt und durch die üppige Entwicklung von Tangen und Seegräsern sowie durch das häufige Vorkommen von beschalten und nackten Pflanzenfressern ausgezeichnet ist;
3. die Nulliporen- oder Corallinenregion von 28 bis 72 m, welche vorzugsweise Kalkalgen und große fleischfressende Gastropoden enthält;
4. die Brachiopoden- oder Tiefseekorallenregion, welche von 72 bis 500 m reicht; endlich
5. die abyssische Zone, welche bei 500 m beginnt und der die tiefsten Regionen der Ozeane angehören.

Die ausführlichste Zusammenstellung über das bathymetrische Vorkommen der geologisch wichtigen Meerestiere der Gegenwart besitzen wir jedoch von Walther [(18) S. 199—531].

Von den Mollusken leben weitaus die meisten nur in Tiefen bis zirka 70 m; bereits bei 400 m nimmt ihre Zahl beträchtlich ab und nur vereinzelte Formen sind aus der Tiefe von 2500—4500 m dredgt worden. Die in größerer Tiefe vorkommenden sind vorwiegend stenohalin. Jeder plötzliche Wechsel im Salzgehalt schadet denselben. Wo ein solcher häufig stattfindet, fehlen die Mollusken.

Was sie nach Zonen schichtet, ist vor allem die Temperatur. Diese verringert sich vom Meeresspiegel nach abwärts zuerst rasch, dann allmählich und beträgt in der Tiefe von zirka 1000 m überall etwa 4° C.

Wenn auch einzelne eurytherme Formen in sehr verschiedener Tiefe auszuhalten vermögen und der Wert der lokal durchaus gültigen bathymetrischen Zonen sich oft mehr oder minder illusorisch erweist, sobald man sie auf geographisch entfernte Malakozoenprovinzen anwenden will, so kann doch das Gesamtbild, welches sich aus der Vergesellschaftung der vorhandenen Versteinerungen und aus dem petrographischen Habitus der sie beherbergenden Schichtengruppen gewinnen läßt, meist in sehr zuverlässiger Weise dazu benutzt werden, um uns Auskunft zu geben über den marinischen, brackischen, limnischen oder terrestrischen Ursprung dieser Bildungen und bis zu einem gewissen Grade auch über die für den Kohlenbergbau mitunter höchst wichtige Frage, ob die Ablagerungen an der Küste oder in der Tiefsee stattgefunden haben.

Solche Verschiedenheiten des paläontologischen und petrographischen Charakters einer gleichaltrigen Ablagerung, welche man als verschiedene Fazies derselben bezeichnet, sind auf große Erstreckung nach Credner<sup>1)</sup> zum Beispiel in der Steinkohlenformation Nordamerikas nachgewiesen worden. In ihrem östlichen Verbreitungs-

<sup>1)</sup> Credner. Elemente der Geologie, Leipzig 1902, S. 359.

bezirke besteht dieselbe aus Konglomeraten und aus Sandsteinen mit fossilen Landpflanzen sowie mit Steinkohlenflözen und besitzt in diesem Zustande eine terrestrische Fazies. Weiter nach dem Mississippi zu werden zunächst die unteren Konglomerate und Sandsteine, noch weiter nach Westen auch die oberen, an Kohlenflözen reichen Sandstein- und Schieferkomplexe durch Kalkstein mit Resten von Meeresbewohnern vollständig verdrängt, wodurch die Formation eine marine Fazies erhält. — Auch in Europa ist die Karbonformation durch Ablagerungen von total verschiedener Fazies vertreten, und zwar als terrestrische Bildung durch das produktive Kohlengebirge mit einer fossilen Landflora und vereinzelten Resten von Land- und Süßwassertieren, ferner als Litoralbildung durch den Kohlenkulm mit reicher fossiler Landflora und Resten einer Meeresfauna, endlich als ozeanische Bildung durch den Kohlenkalk, der durch eine Fülle von marinen Versteinerungen ausgezeichnet ist.

Je nachdem die Anhäufung vegetabilischer Substanz an einem marinen Beckenrande oder in weiter landeinwärts gelegenen Niederrungen und Binnenseen vor sich ging, sind entweder alle drei Fazies ausgebildet oder es hat sich nur die flözführende Abteilung des Kohlengebirges allein entwickelt. Auf diesem Kontrast zwischen marinen und limnischen Vorkommen beruht die Unterscheidung der Kohlenbecken in paratische (in der Nähe des Meeres gelegene) und in Binnenbecken [(10) S. 183].

In den paratischen findet sich die flözführende Abteilung der Steinkohlenformation normal über dem marinen Kohlenkalke vor; hier scheint die kohlenbildende Pflanzensubstanz unmittelbar auf einem dem Ozean vielleicht erst abgewonnenen Neulande, in küstennaher, dem Einflusse des Meerwassers noch nicht vollständig entzogener Sumpflandschaft abgelagert worden sein.

In den limnischen Binnenbecken dagegen liegt das produktive Kohlengebirge ohne Zwischenlagerung mariner Kalke direkt auf älteren Gesteinen.

Die Steinkohlevorkommen in England, Belgien und Westfalen mögen als Beispiele der paratischen, jene in Sachsen, im Saargebiete und in den angrenzenden Teilen der bayrischen Pfalz als Typen der Binnenbecken oder limnischen Entwicklung dienen, bei welcher Kulm und Kohlenkalk gänzlich fehlen und nur die produktive Abteilung der Karbonformation mit den flözarmen Ottweiler und den flözreichen Saarbrücker Schichten vorhanden ist.

Gümbel bezeichnet [(11) S. 331] den Bereich der Ebbe und Flut als Strand- oder Flutregion, den Küstensaum von 50 m Tiefe als seichte, von 50 bis 200 m als tiefe Küstenzone und die Region unterhalb dieser Grenze als Tiefsee.

Je nach Art des Materials, welches die Küste zusammensetzt, ist das Strandgefälle steiler oder flacher.

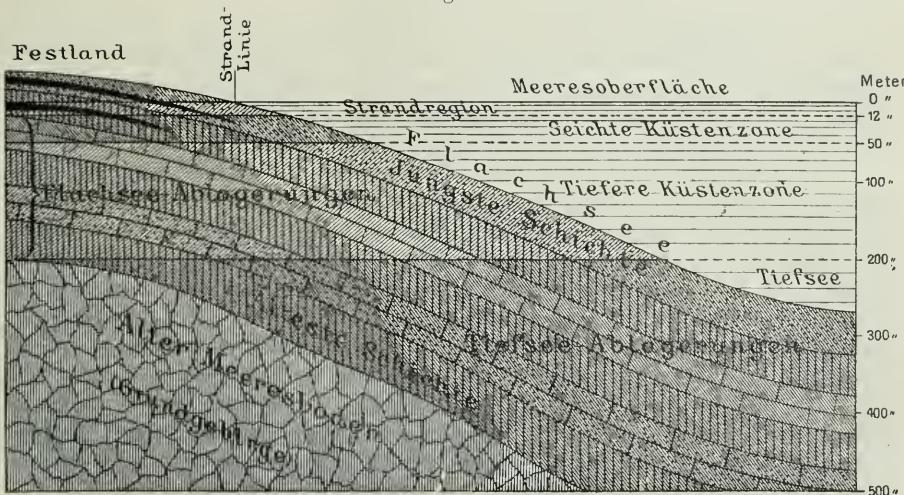
Nach Penck<sup>1)</sup> bestehen die Flachküsten meist aus jüngerem Schwemmland, während die Steilküsten aus älteren Gesteinen auf-

<sup>1)</sup> Penck. Morphologie der Erdoberfläche, Bd. II, Stuttgart 1894, S. 546.

gebaut werden. Strandlose Küsten, bei welchen das nackte Gestein ohne Vermittlung eines submarinen Vorlandes direkt aus der Tiefe des Meeres emporsteigt, sind selten.

In der Regel bildet das Relief des Meeresgrundes an den Rändern der Kontinente eine flach abfallende Terrasse, welche bis zur Tiefe von etwa 200 m nur sehr langsam absinkt, eine Breite bis 550 km erreicht und die Hundertfadenstufe<sup>1)</sup> oder Kontinentalstufe heißt; erst jenseits derselben wird der Höhenwinkel des Meeresbodens bis in Tiefen von 5000 m wesentlich steiler, um von hier ganz allmählich in die sanfte Neigung des Tiefseebodens überzugehen [(18) S. 11]. — Die Konfiguration des letzteren ist im Vergleich zur Oberflächengestaltung der Festländer im allgemeinen eine einförmige, häufig ebene oder flachwellige und wird nur stellen-

Fig. 1.



Profil der bathymetrischen Zonen.

Die Höhen verhalten sich zu den Längen wie 5 : 1.

weise von steilen Bodenschwellen, horstartigen Aufragungen, rinnen- oder beckenartigen Einsenkungen und von einzelnen gegen das Festland vorspringenden Buchten oder Rücken unterbrochen.

Walther, der die verschiedenen Typen bionomischer Beziehungen zur Grundlage einer Klassifikation macht, unterscheidet sechs verschiedene Lebensbezirke des Meeres [(18) S. 13]: das Litoral (Flutzone), die Flachsee, welche die Hundertfaden- oder Kontinentalstufe und die zur diaphanen Region gehörigen Teile des Meeresbodens begreift, die Ästuarien oder Mündungsgebiete der Flüsse, das offene Meer, die Tiefsee und endlich die Archipel.

Wenn man von der Strandregion ausgehend, den geneigten

<sup>1)</sup> 100 engl. Faden = 182·88 m.

Meeresboden in der Richtung seines Verflächens untersucht, so wird er zunächst aus den Ablagerungen der Litoralzone, aus Gerölle, Sand, Schlamm etc. aufgebaut sein, sich sodann aus terrigenen, vom Kontinente stammenden, verschiedenfarbigen Sedimenten der Flachsee mit Beimengungen von gallertartigem und organischem Material (Kiesel-skeletten, Kalkschalen) zusammensetzen und schließlich aus pelagischen Absätzen, insbesondere aus kalkigem Globigerinenschlamm oder aus dem Tiefseetonschlamm bestehen.

Hier wird der Bodenbelag die Spuren des tiefen Ozeans, dort die Reste einer Seichtwasserbevölkerung und an einem dritten Punkte die Überbleibsel der Fauna und Flora einer brackischen Flußmündung enthalten.

Alle diese Ablagerungen, welche durch allmähliche Übergänge oder durch auskeilende Wechsellagerung [(22) S. 77] miteinander verknüpft erscheinen, sind gleichzeitige Gebilde, obwohl sie keineswegs in ein und demselben Horizont liegen.

Im allgemeinen zeigt ein Beckenprofil nur in der Mitte vollständig horizontale, an den Muldenflügeln hingegen geneigte Schichtung. Und wenn auch die Neigung oft so gering ist, daß sie in der Nähe für das Auge nicht wahrnehmbar wird, so tritt sie doch deutlich hervor, sobald man die gleiche Schicht auf weite Strecken verfolgt.

Da die Sedimentation im allgemeinen konkordant zu den Auflagerungsflächen des Untergrundes stattfindet und der Boden eines jeden Beckens vom Rande bis zum Muldentiefsten absinkt, werden die bathymetrischen Zonen, welche in den Gesteinen vieler Formationen verkörpert sind und ursprünglich stets eine horizontale Lage inne hatten, von den Schichtungsfächern, die bekanntlich zusammengehörige zeitliche Äquivalente gegen andere hangende oder liegende Schichten abgrenzen [(18) S. 629], schräg durchsetzt.

In obigem Profil (Fig. 1), in welchem die mittels verschiedener Schattierung (Farbentonung) gekennzeichneten horizontalen bathymetrischen Zonen von den geneigten Schichtenlagen geschnitten werden, sind die besprochenen Verhältnisse graphisch versinnbildlicht.

Sie illustrieren auf das einleuchtendste nicht nur:

a) wie ein und derselbe Schichtenkomplex infolge der Neigung der Unterlage [(18) S. 633] und der Faziesverschiedenheiten der bathymetrischen Zonen total verändert werden kann, sondern erklären auch

b) die Möglichkeit eines bedeutenden Altersunterschiedes zwischen gleichartigen Dauergesteinen, womit nach Walther [(18) S. XXVIII, 1004] alle jene Schichten bezeichnet werden, die in gleichbleibender Beschaffenheit während langer Zeiträume fortgesetzt gebildet wurden.

Aus diesen Darlegungen ergibt sich weiters, daß

c) die Gleichartigkeit oder Verschiedenheit der Dauergesteine nur als ein Kriterium für die Unveränderlichkeit, beziehungsweise für den Wechsel der Bildungsumstände, nicht aber als ein Argument für das gleiche oder verschiedene Alter der Schichten betrachtet werden darf.

In einer mächtigen, im allgemeinen gleichartigen, aber wohlgeschichteten Ablagerung, welche in Bänke oder Platten zerfällt, die wie die Blätter eines Buches übereinanderliegen, geben die konkordanten Schichtenfugen, die sich mit Hilfe besonders gekennzeichneter Leitgesteine oft auf große Entfernung verfolgen lassen, den besten Aufschluß über die Altersfrage der einzelnen Schichtenglieder.

Für den Nachweis der geologischen Gleichwertigkeit der Schichtengruppen einer ausgedehnten Formation sind obige Tatsachen von größter Wichtigkeit und müssen insbesondere dort sorgfältig beachtet werden, wo sich die Schichten nicht mehr in ihrer ursprünglichen Lagerung befinden oder wo zur Zeit ihrer Sedimentation Oszillationen des Küstengebietes, Hebungen und Senkungen des Meeresbodens und gegenseitige Verdrängungen von Land und Meer wiederholt vorgekommen sind.

## II. Die Dauerfossilien der Oligocänmolasse.

Um die bathymetrischen Verhältnisse eines einstmaligen Meeresbeckens mit gegebener fossiler Fauna zu bestimmen, müssen wir uns zunächst mit der Lebensweise ihrer heutigen Nachkommenschaft vertraut machen.

Während bei der Altersbestimmung der Gesteine die Leitfossilien die größte Rolle spielen, sind für die ontologische Methode, bei der wir aus den Erscheinungen der Gegenwart die Vorgänge der Vergangenheit zu ergründen suchen, aus dem Sein das Werden erklären, die sogenannten Dauerfossilien nach Walther [(18) S. XXVIII] am wichtigsten, deren langlebige Geschlechter bis in die Gegenwart reichen. Aus der Ernährungsart, aus der bathymetrischen Zone, in der sie mit Vorliebe ihren Wohnsitz aufschlagen, und aus den sonstigen Rasseeigenheiten kann man auf die nämlichen Eigenschaften und Gewohnheiten ihrer Vorfahren nach dem von Cuvier aufgestellten Gesetze von der Korrelation der Organe [(18) S. XXV] mit um so größerer Wahrscheinlichkeit schließen, je konstanter die Organe der einzelnen Typen von den ältesten bis zu den jüngsten Generationen sich geblieben sind. Die rezenten und fossilen Formen gleichen einander in der Regel um so mehr, je näher das Zeitalter, in welchem die letzteren lebten, der Gegenwart steht. Bei den ausgestorbenen Arten und insbesondere bei den Leitfossilien fehlt es natürlich gänzlich an lebendem Vergleichsmaterial; doch bieten häufig ihre unscheinbaren, ständigen Begleiter, die kleinen Foraminiferen, im Vereine mit dem Gesteinscharakter und anderen Erscheinungen ebenfalls brauchbare Anhaltspunkte für die Orientierung.

Die beiden nachfolgenden Tabellen enthalten je ein Verzeichnis der jetzt noch lebenden Mollusken und Foraminiferen, deren bathymetrisches Vorkommen uns bekannt geworden ist und deren fossile Reste in der südbayrischen Oligocänmolasse gefunden wurden. Ohne die zur Uferzone gehörigen Land- und Süßwasserkonchylien sind es zusammen zirka 12% der in der Molasseliteratur beschriebenen Petrefakten.

## Bathymetrische Tabellen.

A. Verzeichnis der rezenten Mollusken mit bekanntem bathymetrischen Vorkommen, deren fossile Formen in der südbayrischen Oligocänmolasse gefunden wurden.

Arten- oder Gattungsnamen	Vorkommen in der süd- bayrischen Oligocä- nmolasse			Literatur- angaben	Allgemeine Lebensweise	Bathymetrische Verbreitung nach Walther, Wassertiefe in Metern
	Untere Meeres- molasse	Cyrenen- nmergel	Brack. M.			
<i>Anodonta</i> . . . .	—	+	(23) S. 259		Im Süßwasser.	—
<i>Calyptera Chinensis</i> (sinensis) . .	+	—	(2) S. 686, 690 745, 752 (23) S. 264			1—236
<i>Cardium edule</i> . .	+	—	(2) S. 743		Gesellig in sandigen Meeres- buchten mit Kiesgeröll, auch in dem Brackwasser an der Mündung kleiner Flüsse; sehr euryhalin.	1—18
" <i>tenui-</i> " <i>costatum</i> . .	+	—	(2) S. 743			3—32
<i>Cerithium</i> . . . .	—	+	(7) S. 248—251		Gesellig auf schlammigem Boden; teils im Meer, teils in brackischen Ästuarien und salzigen Binnengewäs- sern. Manche Arten können lange außer Wasser sein; besonders häufig um die Mündung kleiner Flüsse, meist in der Flutzone; ein- zelne Formen auch in größerer Tiefe. Im allge- meinen bevorzugen sie die wärmern Zonen. Allgemein verbreitet als Begleiter der Kohlenföze.	1/2—12
<i>Corbula gibba</i> Olivi	+	+	(23) S. 258		Lebt teils im Meere, teils an Flussmündungen und Ästuarien. In der Molasse sehr ver- breitet.	5—2698
<i>Cyprina</i> . . . .	+	—	(7) S. 104		Marine Fleischfresser auf schlammigem Boden. Die einige noch lebende Art ist <i>C. islandica</i> ; zum Typus derselben ge- hört die ausgestorbene Leit- muschel <i>C. rotundata</i> Braun.	1—182
<i>Cyrena</i> . . . .	—	+	(7) S. 101—103		Im Brack- oder Süßwasser unter Pflanzen in der Flut- zone; die dickschaligen, brackischen Formen, welche häufig in Gesellschaft von marinen Konchylien in schlammigen Ästuarien vor- kommen, sind auf die tropi- schen und subtropischen Regionen beschränkt. Ba- tissa (23) S. 249 im Brack- wasser. Zu diesem Typus gehörte die in den ober- oligoänen Promberger Schichten häufige <i>Cyrena</i> <i>gigas</i> Hofmann. Allgemein verbreitet als Begleiter der Kohlenföze. Die ausge- storbene <i>C. senicincta</i> Desh. ist Leitmuschel der ober- oligoänen Cyrenenmergel.	1/2—12

Arten- oder Gattungsnamen	Vorkommen in der südbayrischen Oligocänmolasse		Literaturangaben	Allgemeine Lebensweise	Bathymetrische Verbreitung nach Waller Wassertiefe in Metern
	Untere Meeresmolasse	Cyrenenmergel, Brack. M.			
<i>Donax parallelus</i> . . . . .	+	—	(2) S. 744	—	10—27
<i>confr. D. minutus</i> , <i>D. nitidus</i> . . . . .	—	—	(23) S. 253 (2) S. 690—692	—	—
<i>Donax venusta Poli</i>	+	+	(23) S. 234	Im Süßwasser, häufig in der Nähe der Kohlenflöze.	14
<i>Dreissena</i> . . . . .	—	+	(23) S. 234	—	—
<i>Fusus tornatus</i> . . . . .	+	—	(23) S. 280	—	14—18
<i>Helix</i> . . . . .	—	+	(23) S. 293	Landschnecke. Sehr häufig im Stinkstein, Zement- und kalkigem Mergel in der Nähe der Kohlenflöze.	—
<i>Lucina divaricata</i> (cornada) . . . . .	+	—	(23) S. 243	Auf sandigem Meeresboden.	18—128
<i>Melania</i> . . . . .	—	+	(23) S. 289—290	Pflanzenfresser im Süßwasser. Häufig als Begleiter der Kohlenflöze.	—
<i>Melanopsis</i> . . . . .	—	+	(23) S. 291	Pflanzenfresser im Süßwasser. Allgemein in der Nähe der Kohlenflöze.	—
<i>Nassa pygmaea</i> . . . . .	+	—	(19) S. 914	—	7—182
<i>Natica millepunctata Lam.</i> . . . . .	+	—	(23) S. 264	Bohrt andere Konchylien an, um sich von deren Fleisch zu ernähren.	3—91
<i>Ostrea edulis L.</i> . . . . .	+	+	(23) S. 231 (7) S. 19	Meist in seichten Meeresstellen auf Felsen angewachsen; kann in der Jugend umherschwimmen. Lebt von Diatomeen. Zum Typus derselben gehört die ausgestorbene <i>O. cyathula Lam.</i> Allgemein in marinen Schichten, auch zwischen den Cyrenenmergen.	3—18
<i>Paludina</i> . . . . .	—	+	(2) S. 753	Pflanzenfressende Sumpfschnecke im Süßwasser. Häufig im Stinkstein und kohligem Schichten.	—
<i>Pectunculus pilosus</i>	+	—	(2) S. 742	—	1—82
<i>Pholadomya</i> . . . . .	+	—	(23) S. 257	Die einzige lebende Art <i>Ph. candida Sow.</i> von den Antillen ist überaus selten und lebt auf schlammigem Grunde in größerer Tiefe. Kommt auch in marinen Zwischenlagen der Cyrenenschichten vor.	—
<i>Planorbis</i> . . . . .	—	+	(23) S. 292	Pflanzenfressende Sumpfschnecke im Süßwasser. Häufig als Begleiter der Kohlenflöze und im Stinkstein.	—
<i>Turritella triplicata</i>	+	—	(2) S. 746	Turritellen leben in den Meeren der warmen und gemäßigten Zone als Raubschnecken.	18—126

Arten- oder Gattungsnamen	Vorkommen in der süd- bayrischen Oligoçän- molasse		Literatur- angaben	Allgemeine Lebensweise	Bathymetrische Verbreitung nach Walther. Wassertiefe in Metern
	Untere Meeres- molasse	Cyrenen- mergel. Brack. M.			
<i>Turritella communis</i>	+	—	(19) S. 921	Kommt in marinen ober- oligocänen Schichten ge- meinsam mit <i>Dentalium</i> <i>Kickxi</i> , <i>Cytherea incrassata</i> und <i>Cardium cingulatum</i> vor.	7—182
<i>Unio</i> . . . . .	—	+	(23) S. 260	Im Süßwasser allgemein verbreitet als Begleiter der Kohlenflöze.	—

B. Verzeichnis der rezenten Foraminiferen mit bekanntem bathymetrischen Vorkommen, deren fossile Formen in der südbayrischen Oligoçänmolasse gefunden wurden.

Arten- oder Gattungsnamen	Vorkommen in der süd- bayrischen Oligoçän- molasse		Literatur- angaben	Allgemeine Lebensweise	Bathymetrische Verbreitung nach Walther. Wassertiefe in Metern
	Untere Meeres- molasse	Cyrenen- mergel. Brack. M.			
<i>Buliminia affinis</i> d'Orb. <sup>1)</sup> . . . .	+	—	(32) S. 80, 95	—	5714
<i>Buliminia cf. ovata</i> d'Orb. . . . .	+	—	(32) S. 80	Im Brackwasser.	—
<i>Buliminia pupoides</i> d'Orb. . . . .	+	—	(32) S. 80	Im Brackwasser britischer Flüsse.	—
<i>Cassidulina crassa</i> d'Orb. <sup>1)</sup> . . . .	+	—	(32) S. 85, 93	—	73—3199
<i>Chilostomella</i> <sup>1)</sup> . .	—	—	(32) S. 97	An den norwegischen Küsten.	182—365
<i>Christellaria rotula</i> Lam. var. <i>cultrata</i> Montf. <sup>1)</sup>	+	—	(32) S. 78	—	1—914
<i>Discorbina globularis</i> d'Orb. <sup>1)</sup> . .	—	—	(32) S. 93	Im Brackwasser britischer Flüsse.	—
<i>Glaudulina laevigata</i> d'Orb. var. <i>elliptica</i> Rss. . .	+	—	(32) S. 75	Auch im Brackwasser britischer Flüsse.	12—2514
<i>Globigerina bulloides</i> d'Orb. <sup>1)</sup> . .	+	—	(32) S. 83, 95	Lebt pelagisch, ihre Schalen finden sich in allen Tiefen von	0—5760

<sup>1)</sup> Auch in den Promberger Schichten.

Arten- oder Gattungsnamen	Vorkommen in der südbayrischen Oligocämmolasse		Literaturangaben	Allgemeine Lebensweise	Bathymetrische Verbreitung nach Walther; Wassertiefe in Metern
	Untere Meeresmolasse	Cyrenenmergel-Brack. M.			
<i>Lagena laevis</i> Mont.	+	—	(32) S. 73	In Ästuarien.	—
" <i>semistriata</i> Will. <sup>1)</sup> . . .	—	—	(32) S. 73, 94	In Ästuarien.	—
" <i>striata</i> d'Orb.	+	—	(32) S. 73	In Ästuarien.	—
" <i>sulcata</i> Walk d' Jac. . . .	+	—	(32) S. 73	Im Mittelmeer.	1—456
<i>Miliolina oblonga</i> Mont. . . . .	—	+	(32) S. 91	—	32—4434
<i>Nodosaria hispida</i> Rss. . . . .	+	—	(32) S. 73	In Ästuarien britischer Flüsse.	—
<i>Nodosaria cf. raphanus</i> L. . . . .	+	—	(32) S. 75	—	1—2011
<i>Nonionina depressula</i> <sup>1)</sup> . . . . .	—	+	(32) S. 91, 93	In Ästuarien, auch in Salztümpeln.	—
<i>Nonionina turgida</i> Will. <sup>1)</sup> . . . . .	+	—	(32) S. 85, 97	—	32—2011
<i>Polymorphina lactea</i> Walk d' Jac. . . .	—	—	(32) S. 80	Auch in Ästuarien.	1—400
<i>Rotalia Soldauii</i> d'Orb. <sup>1)</sup> . . . . .	+	—	(32) S. 84, 93	—	548—3657 selten in geringerer Tiefe
<i>Spiroloculina limbata</i> Born. <sup>1)</sup> . . .	+	—	(32) S. 85, 97	Auch in Ästuarien.	1—914
<i>Truncatulina lobatula</i> d'Orb. <sup>1)</sup> . . .	—	+	(32) S. 80	Lebt parasitisch, auf Schalen angeheftet, unter Laminarienblättern, weit verbreitet, findet sich von meist im Seichtwasser, auch in Ästuarien.	1—4270
<i>Uvigerina angulosa</i> Will. . . . .	+	—	(32) S. 80	In Ästuarien.	—
<i>Uvigerina pygmaea</i> d'Orb. . . . .	+	—	(32) S. 80	In Ästuarien.	—
<i>Virgulina Schreibersi</i> Czjz. <sup>1)</sup> . . .	+	—	(32) S. 81	In Ästuarien.	—

<sup>1)</sup> Auch in den Promberger Schichten.

### III. Die Faziestypen der südbayrischen Oligocämmolasse.

#### A. Der oligocäne Tiefseeton.

Die größte Mannigfaltigkeit in der Faziesentwicklung der Molasse wurde in jener Gegend der bayrischen Hochebene wahrgenommen, wo auch die kohlenführenden Gesteinsschichten am mächtigsten entfaltet sind.

Für das Studium der einzelnen Typen sind jene Gebiete am besten geeignet, deren Sedimente durch einen allmählichen Übergang aus der psephitischen in die psammitische und pelitische Struktur [(22) S. 26] sowie durch eine sukzessive Anreicherung an Petrefakten vermuten lassen, daß sie zur Zeit ihrer Ablagerung keine namhaften Niveauveränderungen durch geotektonische Bewegung erlitten haben.

Dies läßt sich zum Beispiel an der Schichtenfolge der unteren Meeresmolasse vom Gebirgsrand bis unter den Hauptzug der Konglomerate, insbesondere in der Haushamer Mulde beobachten.

Schon Korschelt [(14) S. 48, 49] weist auf diese Verhältnisse im oberen Leitzachtal (Trachental) hin und unterscheidet in der unteren Meeresmolasse, welche hier eine Mächtigkeit von 600 m erreicht, zwei verschiedene, ineinander allmählich übergehende Gruppen, wovon die dem Grundgebirge zunächst befindliche, zirka 450 m mächtige, aus grünlichgrauem, weichem, tonigem Mergel besteht und auf hunderte von Metern nicht die geringste Änderung in ihrem Ansehen zeigt, so daß man nicht imstande ist, das Streichen und Verflächen zu bestimmen, falls nicht besonders günstige Umstände zu Hilfe kommen.

Auf den Kluftflächen treten dunkle, manganhaltige Ausscheidungen auf und in den tieferen Lagen zeigt sich keine Spur irgendwelcher organischer Reste.

Nach oben zu gehen diese tonigen Schichten in außerordentlich feinsandige Mergel über und erst in den hangendsten 50 m kommen vereinzelte Cyprinen und Dentalinen vor.

In der nach oben anschließenden zweiten Gruppe von zirka 150 m Mächtigkeit, welche aus sandigen Mergeln und Sandsteinen besteht, wächst rasch der Artenreichtum und das Auftreten der *Cyprina rotundata* Br. ist schließlich ein so massenhaftes, daß man diese Schichtengruppe füglich im Gegensatze zu den folgenden Cyrenenschichten als Cyprinenschichten bezeichnen könnte.

Korschelt betont weiters, es scheine die Aufeinanderfolge der organischen Überreste und der Gesteine zu beweisen, daß die Ablagerung der ersten Gruppe in einer Meerestiefe stattfand, welche die Existenz versteinerungsfähiger Wesen nicht begünstigte, daß sich in der zweiten Gruppe die Lebensbedingungen mit der verminderten Tiefe vermehrten, endlich, daß die nach oben die Schichtenreihe begrenzenden Konglomerate als eine Strandbildung aufzufassen seien.

Auch v. Gumbel beschreibt diese Erscheinung [(19) S. 338] und bezeichnet die erste den untersten Lagen der Meeresmolasse entsprechende Gruppe als eine mächtige Masse eines undeutlich geschichteten, klotzigen, mergeligen Tones von sehr gleichförmiger Beschaffenheit.

Im Sommer 1890 habe ich den 18 km westlich vom Trachentale gelegenen Stollen der Zementfabrik Mariastein bei Schaftlach aufgenommen, welcher in einer Länge von 670 m vom Hauptzuge der Konglomerate bis in die Nummuliten- und Kreideschichten des Grundgebirges getrieben war und dabei die untere Meeresmolasse von N nach S in einer Mächtigkeit von zirka 500 m verquerte [(19) S. 324].

Knapp hinter der Zementfabrik befindet sich ein Steinbruch in der Bausteinzone, in welcher man die Ausstriche der sogenannten Kamerloher Kohlenflöze erblickt; hier ist das Mundloch des Stollens angeschlagen. Durchschreitet man denselben von N nach S, so bewegt man sich vom Hangenden zum Liegenden durch die Schichten, welche unter 65° nach N einfallen. Bis zum 6. Meter vom Stollenmundloch steht grobkörniger Sandstein an, auf welchen eine zirka 17 m mächtige kalkigtonige Mergelschicht folgt, in der das sogenannte Rieselberger-Flöz im 11. Meter des Stollens eingelagert ist. Es ist das Liegendste der Kamerloher Flöze, enthält mehrere dünne Stinksteinlagen, hat eine Mächtigkeit von 40 cm und wird im Hangenden von Cyrenen, Planorben und Unionen begleitet; im Liegenden finden sich im Mergel zahlreiche Cerithien und vereinzelt *Ostrea cyathula* und *Donax nitidus*. Auf diese Mergellage folgt erbsengroßes Konglomerat, welches in kompakten, psammitischen Sandstein übergeht, dessen Bänke bis zum 46. Meter des Stollens reichen und durch einzelne feine Lettenlagen voneinander getrennt sind. Auch ein Kohlenschmitz kommt darin vor.

Mit dem 46. Meter vom Stollenmundloch verlassen wir die gelblichgraue Bausteinzone und verqueren hierauf bläulich graue, dünn geschichtete, sandige Mergel mit zahlreichen marinen Petrefakten, während von den früher angeführten brackischen oder limnischen keine mehr vorhanden sind. Im 56. Meter begegnen uns dicht hintereinander drei von *Dentalium Kickxi Nyst.* erfüllte Molluskenlagen, in denen auch *Cytherea incrassata* und *Lucina diversicostata* vorkommen, auf welche im 62. Meter die erste Schichte mit *Cyprina rotundata Br.* folgt. Cyprinen und Dentalien finden sich am zahlreichsten zwischen dem 160. und 220. Meter des Stollens, sehr sporadisch jedoch noch bis zum 300. Meter. In ihrer Begleitung tritt gern *Nucula Lyelliana* auf. Mit dem 90. Meter setzt *Turritella Sandbergeri* ein, deren Exemplare nach dem 160. Meter an Zahl bedeutend abnehmen. Bei 120 m erscheint die *Pholadomya Puschi*; sie ist am häufigsten bei zirka 200 m, wird dann selten, um nach dem 280. Meter gänzlich zu verschwinden. Ziemlich gleichmäßig verteilt durch die marinen Schichten des Stollens bis zum 450. Meter ist die *Corbula gibba Olivi*. Zwischen dem 450. und 550. Meter des Stollens fehlen alle Versteinerungen. In dieser Partie schließen sich die Schichten mit nördlichem Verflächen von 70—80° an die hier längs der Flysch- und Molassegrenze verlaufende große Dislokation, welche die cretacischen Schichten am Nordfuß der Alpen während ihrer letzten miocänen Faltungsphase emporgehoben und zugleich die Mächtigkeit der tonigen, marinen Molassemergel um zirka 100 m verringert hatte.

Ähnliche Abstufungen, wie sie die bathymetrische Verteilung oligocäner Mollusken im Stollen bei Mariastein erkennen lässt, die im proportionalen Verhältnis zu jenen in den bathymetrischen Tabellen (siehe S. 286—288) enthaltenen Wassertiefen steht, in welchen nach Walther die rezenten Formen leben, machen sich aber auch in bezug auf den petrographischen Charakter der Schichten geltend.

Bereits bei 200 m, wo der günstigste Verbreitungsbezirk der *Pholadomya* liegt, sind die anfänglich sandigen Mergel in tonige, gut geschichtete, pelitische Mergel übergegangen, welche nach dem 300. Meter mit ungeschichteten, grünlichgrauen, immer häufiger wechsellaagern, die insbesondere nach dem 400. Meter auf ihren Kluftflächen schokoladefarbige Auswitterungen von Braunkieselsubstanz aufweisen, welch letztere, mit Salzsäure befeuchtet, Chlorgeruch entwickeln.

Diese Manganreaktion zeigen viele Tiefseeablagerungen und wird dieselbe als ein häufiges Kriterium des tonigen Tiefseeschlammes auch von Güm bel ausdrücklich angeführt [(11) S. 334].

Nach allen Merkmalen erweist sich der einförmige, grünlichgraue, fossilarme, klotzige Mergelton mit schokoladebraunen Kluftflächen, welcher am Gebirgsrande, der nördlichen Flyschgrenze entlang von Traunstein bis Füssen aufgeschlossen ist und auch die südlichsten Molassemulden umsäumt, als eine typische Tiefseeablagerung am Grunde des oligocänen Meeres, woselbst Eintönigkeit und Unveränderlichkeit aller Existenzbedingungen auf weite Ausdehnung hin allein vorherrschend waren.

Am bequemsten zugänglich und sehr charakteristisch entwickelt sind die Tiefseetonschichten am linken Isarufer nächst der Boxleiten bei Tölz.

### B. Die Cyprinenschichten als Flachseeablagerung der unteren Meeresmolasse.

Wie im Trachental oder bei Mariastein gewisse Mollusken stets nur in bestimmten Gesteinsschichten und in begrenzten Abständen vom liegendsten Flözzug gefunden werden und dort fehlen, wo ihnen die örtlichen Verhältnisse nicht zuträglich waren, so ist auch das Vorkommen der Foraminiferen an manche Gesetzmäßigkeiten gebunden, an welche sich oft wichtige Folgerungen knüpfen, die insbesondere bei der Untersuchung von Bohrkernen genau geprüft und berücksichtigt werden müssen.

Und wie die von vielen Tausenden von Exemplaren erfüllten Cerithien- und Ostreenlagen, die Turritellenbänke und Pholadomyen-nester sozusagen Niveaumarken für die absoluten Tiefen des oligocänen Meeres, und wenn sie auf größere Erstreckung anhalten, territoriale Horizonte von lokaler Bedeutung vorstellen, so repräsentiert der gesamte fossilreiche Schichtenkomplex der unteren Meeresmolasse — welch letztere nach den Bestimmungen W. Wolffs [(23) S. 225, 227] ebenso wie die brackische Molasse oberoligocänen Alters ist<sup>1)</sup> —

<sup>1)</sup> v. Güm bel hielt die untere Meeresmolasse für mitteloligocän [(2) S. 687, (11) S. 912, 926, (19) S. 313, 323, 338, 344].

für die universelle Faziesgliederung der Molasse eine typische Flachseeablagerung. Da hier die *Cyprina rotundata* Br. sehr allgemein verbreitet ist und nur in der unteren Meeresmolasse, nicht aber in jüngeren Schichten vorkommt, nennen wir diesen faziellen Typus mit Korschelt kurz Cyprinenschichten.

Indem wir die bathymetrischen Zonen des oligocänen Meeres rekonstruieren und die Verhältnisse würdigen, die für eine allgemeine Einteilung von Bedeutung sind, erweist sich zum Beispiel der Zug der Hauptkonglomerate, in welchem sich in seinen untersten Bänken an der Isar bei der Tölzer Brücke [(2) S. 743] *Cardium tenuicostatum* (mit 2—32 m bath. Tiefe), an der Ammer bei der Eschelsbacher Brücke [(2) S. 743] *Cardium edule* (mit 1—18 m bath. Tiefe), doch keine Pholadomyen vorfinden, als eine marine Bildung der Strandregion und seichten Küstenzone, ferner der im Liegenden folgende Schichtengürtel mit den großen fleischfressenden Gastropoden als tiefer Küstenzone und endlich der Molassesstreifen längs des Gebirgsrandes als Tiefseegebiet.

Derartige Erscheinungen würden nicht zutage treten, wenn sie nicht in der Bionomie des Meeres begründet wären. Und darum werden sie auch in der Alpenfazies der Molasse wahrgenommen, wobei die geringere Ausdehnung, die weniger verwickelten stratigraphischen Verhältnisse und die größere Küstensteilheit der fjordartigen, weit in das Gebirge hineinreichenden oligocänen Meeresbuchten eine bessere Übersicht gewähren.

Wir brauchen uns nur in das drei Stunden südlicher, am Fuße des Wilden Kaisers gelegene schöne Walchseetal zu wenden, um bei Kössen in Tirol an der Grenze des Hauptdolomits im Kohlbach bei Mühlau zunächst auf den typischen, oben beschriebenen oligocänen Tiefseeton, dann bei Gasteig auf die petrefaktenreichen Cyprinenschichten und unmittelbar darüber auf die brackischen kohlenführenden Cyrenenschichten zu stoßen.

Die Mächtigkeit des marinen Schichtenkomplexes beträgt bei nördlichem Verflächen von 40—60° zirka 700 m. v. G ü m b e l parallelisierte diese Ablagerung mit den hangendsten Pflanzenschichten von Reit im Winkel<sup>1)</sup> [(2) S. 606], während dieselben nach den Bestimmungen Heers [(2) S. 608] und der Auffassung C. Mayers [(2) S. 610], der ich mich auf Grund meiner eigenen Beobachtungen anschließen muß, gleichwie die Sotzkaschichten Südsteiermarks ebenfalls oberoligocänen Alters sind.

Wenn wir die Faunen derartiger übereinanderliegenden Faziesgruppen einzeln betrachten, so haben sie vielleicht kein einziges Petrefakt miteinander gemein, ja selbst die Gattungen sind möglicherweise durchgehends verschiedene.

Trotz dieser Modifikationen, welche die Meeresfauna durch die Tiefenverhältnisse ihres Standortes erleidet, gehören die Schichten doch einem und demselben geologischen Zeitabschnitte an und der Satz, daß gleichaltrige Ablagerungen gleiche, ungleichaltrige ungleiche

<sup>1)</sup> v. G ü m b e l hielt die Pflanzenschichten von Reit im Winkel und von Häring für unteroligocän [(2) 608, 615, 641, (11) 912].

Fossilreste enthalten, kann bei buchstäblicher Anwendung in solchen Fällen leicht zur Fehlerquelle werden.

### C. Die Cyrenenschichten als brackische Randbildung eines Ästuariums.

Wir betrachten hier zunächst nur die untersten flözführenden Cyrenenschichten im Hauptzuge der Konglomerate.

Das reichliche Vorkommen von limnischen und brackischen Seichtwasserbewohnern sowie von Wellenfurchen [(14) S. 49] mit Trockenrissen in unmittelbarer Begleitung der Flöze beweist deren Ablagerung am Rande eines teilweise ausgesüßten Ästuariums.

Nach Heer entsprechen die fossilen Pflanzen der Cyrenenschichten einer Flora von subtropischem Typus, etwa nach Art der heutigen Vegetation in Louisiana, Florida oder Südkarolina. Die häufigen Reste von *Cupressinoxylon* in den Peißenberger Flözen lassen es wahrscheinlich erscheinen, daß die Molassekohle einer ausgedehnten Waldsumpfbildung entstammt, ähnlich wie sie uns an den Küsten der genannten Länder im Mündungsgebiete der Flüsse in den Zypressensumpfen (Swamps) begegnet, mit einer üppigen, vorherrschend aus *Sphagnum*- und *Polytrichum*-Arten bestehenden Torfmoorenentwicklung, in welcher auf den vom Wasser nur wenig bedeckten Bodenflächen *Andromeda Smilac* nebst anderen Schlinggewächsen wuchern, Tulpenbäume, Magnolien und namentlich Sumpfzypressen nebeneinander gedeihen, die mit ihren weitverzweigten Wurzeln, von einer dichten Torfdecke getragen, selbst in das Meer reichen.

Für die günstige Entwicklung eines Torfmoores sind vor allem stagnierendes oder nur wenig bewegtes Süß- oder Brackwasser und ein seichter Untergrund erforderlich. Fehlt eine dieser Bedingungen, so ist die Torfentwicklung ausgeschlossen. Marine Torfbildungen gibt es nicht [(25) S. 786] und es ist eine Tatsache von fundamentaler Bedeutung, daß benthonische Meerespflanzen, selbst wenn sie in der diaphanen Region der Flachsee reich entfaltet sind, doch in der benachbarten Tiefsee nicht zur Ablagerung gelangen. Auch in der Sargassumsee ist der Boden des Atlantik nicht von Humuslagern, sondern von feinem Bimssteinschlamm bedeckt. Es hängt dies mit den Lufträumen zusammen, die alle Benthospflanzen des Meeres in ihren Geweben enthalten und ihre Anhäufung am Meeresgrunde verhindern; denn sobald eine solche Pflanze durch Stürme abgerissen wird, steigt sie zur Meeresoberfläche empor und wird daselbst schwimmend erhalten, bis sie vom Meerwasser zersetzt oder von den Wellen an den Strand gespült wird, wo sie gleichfalls verwest [(18) S. 678]. Daß alle Kohlenflöze ihre Entstehung einer Anhäufung von Land- und Sumpfpflanzen verdanken, nicht aber von abgestorbenen Meeresalgen abstammen, hat die mikroskopische Untersuchung der Mineralkohlen bekanntlich bestätigt, wofür auch die Arbeiten v. Gumbels<sup>1)</sup> umfangreiches Material geliefert haben [(10) S. 171].

<sup>1)</sup> Beiträge zur Kenntnis der Texturverhältnisse der Mineralkohlen. Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wissensch., math.-naturw. Kl., Bd. XIII, München 1884, S. 111.

Das Wachstum des Torfes im Süß- oder Brackwasser erfolgt in der Weise, daß sich zunächst auf dem in das umliegende Land übergehenden Ufersaum Wassermoose ansiedeln und einen immer dichter und breiter werdenden grünen Kranz an den Rändern der Seen und ausgesüßten seichten Meeresbucht en bilden. Die auf der Wasserfläche wuchernde Vegetation dehnt sich immer mehr gegen das offene Wasser aus, wobei die abgestorbenen, älteren Pflanzen von den jüngeren Generationen getragen werden, bis die Massen, die sogenannten Torfwammen, infolge der eigenen Schwere zu Boden sinken, woselbst sie durch die nachfolgenden niederbrechenden Massen immer mehr verdichtet und vor dem Fäulnis- oder Inkohlungsprozeß geschützt werden. Die Umwandlung der Pflanzensubstanz in Mineralkohle kann nur bei Luftabschluß, insbesondere nach erfolgter Überschüttung mit Schlamm sand und sonstigem Detritus eintreten, welchen die einmündenden Flüsse, namentlich bei Hochwasser, einführen.

Infolge der großen Kapillarität des Torfes kann es vorkommen, daß sich benachbarte, durch flache Rücken getrennte Torflager vereinigen, ausgedehnte Sumpflandschaften im Laufe der Zeit vollständig vertorft und seichte Lagunen an der flachen Küste vom Meere abgeschnürt werden.

Während die Wiesenmoore unserer Alpen bei günstigerem Wachstum jährlich nur um zirka 2 cm zunehmen, beträgt das Wachstum des Torfes in den Mississippi-Sümpfen pro Jahr zirka 60 bis 130 cm. Da nun ein Schwarzkohlenflöz zirka fünfmal mehr Kohlenstoff enthält als ein ebenso starkes Torflager, so wären sonach bei dem Wachstume des Torfes im subtropischen Klima nur einige Jahre für die Kohlenstoffmenge eines 1 m mächtigen Flözes der südbayrischen Molasse nötig. Daß solch großartige Pflanzenanhäufungen wohl geeignet sind, das Material für ausgedehnte Kohlenfelder zu liefern, darauf weisen auch die uns näher gelegenen Verhältnisse hin. Die Emsmoore an der Zuidersee bedecken nach den Angaben Kreuzbachs einen Flächenraum von 120 Quadratmeilen, wobei das Bourtanger Moor allein 30 Quadratmeilen, also ungefähr so groß ist wie das ganze südbayrische Kohlenrevier.

Während Meerespflanzen nie in der Tiefsee zur Ablagerung gelangen, kann dies bei Landpflanzen, wenn sie im offenen Meere untergehen, wohl vorkommen; doch ist Treibholz, namentlich in den feuchtwärmeren Klimaten, wo es rasch verwest, immer entrindet und an diesem Merkmal leicht kenntlich. So wurden zum Beispiel beim Dredgen auf der Leeseite der Karibischen Inseln vom Blake große Mengen von Blättern, Bambusstücken, Zuckerrohr, Landschnecken usw. mit den Tiefseeformen von Krebsen, Anneliden, Fischen, Echinodermen, Spongiens 20 bis 30 km vom Lande entfernt und aus Tiefen von 2000 m herausgeholt [(18) S. 954].

Ein solches Gemenge würde jedoch auch im fossilen Zustande aus der Zugehörigkeit seiner Bestandteile zu verschiedenen bathymetrischen Zonen seine zufällige Entstehung und die Herkunft der angeschwemmten Pflanzenreste sowie die damit zusammenhängende weite Verschleppung von Binnenbewohnern bei genauer Untersuchung der Ablagerung verraten.

Daß die Flöze der Molasseschichten der Hauptsache nach autochthon, nach Art der obengeschilderten Swamps entstanden sind und Anschwemmung von Pflanzensubstanz nur eine ganz untergeordnete Rolle hierbei gespielt haben kann, geht nicht allein aus der Zusammensetzung der Seichtwasserbevölkerung der Cyrenenschichten, sondern auch aus dem innigen Zusammenhange hervor, welcher zwischen den Kohlenflözen und ihren ständigen Begleitern, den Landschnecken, Süß- und Brackwasserkonchylien, besteht, deren Nachkommen und Verwandte noch heute in jenen subtropischen Ästuarien leben und sich zum Teil als Pflanzenfresser von den Algen der Torfmoore nähren.

Dieser Umstand ist von erheblicher Wichtigkeit, weil er uns lehrt, daß den kohlenführenden Randbildungen der südbayrischen Oligocänmolasse in den übrigen Gebieten des alten Ästuariums flözleere Sedimente entsprechen und daß alle auf die Aufschließung seiner marin oder tieferen Teile abzielenden Bergbauversuche völlig aussichtslos sind.

Diese Gesetzmäßigkeit, mit welcher im oberbayrischen Kohlenrevier gerechnet werden muß, deren Beobachtung jedoch daselbst wegen der nach Ablagerung der Bausteinzone eingetretenen geotektonischen Bewegungen und der dadurch hervorgerufenen Komplikationen der Verhältnisse erschwert wird, kommt am klarsten in der Alpenfazies der Molasse aus früher erwähnten Gründen zum Ausdruck und wurde namentlich in den Sotzkaschichten Südsteiermarks bekannt [(13) S. 9], wo auch ich Gelegenheit hatte, mich damit in den verschiedenen Tertiärbecken zwischen Graz und Cilli vertraut zu machen. Die an den Beckenrändern auf marinier Unterlage erschürften Kohlenflöze bilden nicht das Ausgehende eines in der Muldenmitte in größerer Mächtigkeit vorhandenen Flözes, wie dies bei einem durch Vertorfung eines Süßwassersee entstandenen Braunkohlenlager regelmäßig zutrifft. Sie sind vielmehr auf die schmale Uferzone der oligocänen Buchten beschränkt und bestehen aus absätzigen Kohlenflözen, die oft nur von wenige Meter mächtigen Cyrenenmergel-lagen begleitet werden. Sowohl im Streichen dem Beckenrande entlang sowie in der Fallrichtung keilen sie sich lenticular aus und pflegen insbesondere in der Tiefe rasch zu verschwinden, woselbst sich nur unproduktive Sedimente vorfinden, was durch zahlreiche in der Beckenmitte bis auf das Grundgebirge niedergebrachte Bohrungen und Schächte zur Genüge erwiesen ist.

Ein anderes Beispiel für ähnliche Verhältnisse bietet das nähergelegene Kohlevorkommen von Häring in Tirol [(2) S. 870, Taf. 37 und 39, (19) S. 174], wo die Kohle am Gegenflügel und in der Muldenmitte ebenfalls fehlt, offenbar weil hier zur Oligocänzeit eine wesentliche Bedingung zur Torfentwicklung, nämlich wenig bewegtes, Süß- oder Brackwasser, nicht vorhanden gewesen sein dürfte.

Je flacher die Küste mit den angrenzenden Niederungen war, desto günstiger gestalteten sich die örtlichen Verhältnisse für die Entstehung ausgedehnter Kohlenfelder.

Die nahezu gleichartige Beschaffenheit der Bausteinzone am

Nord- und Südflügel der Haushamer Mulde läßt auf eine ursprünglich weit ausgedehnte, mehrere Kilometer breite Flachküste mit gleichsinniger, sehr geringer Abdachung schließen, deren Niveauverhältnisse erst nach ihrer Ablagerung durch geotektonische Bewegung verändert wurden, womit der Rückzug des Meeres, die Bildung von Strandseen und schließlich die isokline Faltung der Molasseschichten mit großartigen Dislokationen verbunden war, längs welcher wir beispielsweise zwischen der Haushamer und Miesbacher Mulde den Tiefseeton der ersteren unmittelbar neben den Cyrenenschichten der letzteren beobachten können.

Da die Ablagerung der Sedimente stets konkordant zum Untergrunde erfolgt und dieser in einem Ästuarium im allgemeinen landwärts seichter und seewärts tiefer wird, besitzen die Sedimente ursprünglich nicht horizontale, sondern Deltaschichtung, wobei sich die einzelnen Straten, wenn auch nur mit geringem Verflächen gegen das offene Meer, dachziegelförmig auf- und aneinanderlegen [(12) S. 58] und ihre Anreicherung mit Kohlenbildnern auf primärer Lagerstätte nur in der Uferzone erfolgt.

Aus diesem Grunde ist die Entstehung des 800 m mächtigen Schichtenkomplexes der flözführenden Cyrenenschichten in der Haushamer Mulde nur durch eine andauernde Senkung und kontinuierliche Neulandbildung denkbar, welcher in den tieferen Teilen des Ästuariums zeitliche, unproduktive Äquivalente entsprechen.

Es steht daher nicht zu erwarten, daß die Flöze der Haushamer Mulde an Mächtigkeit zunehmen werden, wenn man sie in der Richtung ihres ursprünglichen Verflächens im alten Ästuarium seewärts, also nach Norden hin, aufschließen wollte. Eine etwa zwischen Miesbach und Thalham ausgeführte Tiefbohrung würde dort anstatt bauwürdiger Flöze eine unproduktive, tiefere Fazies der Cyrenenschichten, nämlich eine Bildung der Flachsee oder den Tiefseeton, anfahren; denn wo man die alte Muldenmitte allenfalls vermuten könnte, war das offene Meer und einen Gegenflügel gibt es hier nicht.

#### **D. Die bunte Molasse als brackische, lateritisch gefärbte Bildung der Flachsee.**

Wohl selten wurde ein Schichtenkomplex von den Geologen so verschieden gedeutet wie die bunte Molasse.

v. Gümbel betrachtet sie zuerst als eine Fazies der Peissenberger—Miesbacher kohlenführenden Schichtenreiche [(2) S. 683], erklärt ihre Fossilarmut durch die Entstehung in einem tiefgründigeren Meeresteile im westlichen Gebiete, woselbst sich unendliche Massen von Geröll, Sand und Schlamm auf dem Meeresboden ablagerten, dessen Tiefe und Unruhe dem Gedeihen von Organismen nicht förderlich war [(2) S. 692]; ferner bezeichnet er sie als limnische Bildung und als ein Glied der unteren Süßwassermolasse der Schweiz [(2) 689] und hält sie infolge ihres Vorkommens zwischen den oberen und unteren Cyrenenschichten für oberoligocän [(2) S. 692]. Alsdann führt er sie jedoch als eine

tiefe Stufe der Cyrenenschichten an [(11) S. 926] und schließlich nennt er sie die brackische bunte Molasse [(19) S. 325].

Nach Wolff ist die Ablagerung der bunten Molasse nach Ausübung eines oligocänen Meeresteiles und seiner Umbildung in ein großes Süßwasserbecken erfolgt [(23) S. 298].

Weithofer will für die bunte Molasse terrestrischen Ursprung annehmen, insbesondere weil die Konglomerate im Westen zu einer Bildung in der Tiefe nicht recht passen und nach seiner Ansicht auch die häufigen *Helix-* und *Planorbis*-Funde eher für eine Landbildung sprechen dürften; doch hält er eine Ablagerung in einem Wasserbecken nicht für ausgeschlossen, glaubt aber, daß bei dieser Voraussetzung die Aufschüttung der Konglomerate einen ausgiebigen Wasserzufluß aus den Alpen und eine vollständige Aussübung des westlichen Beckens bedingt hätte, da ein Zusammenhang mit der rheinischen Tertiärbucht nicht wahrscheinlich sei [(31) S. 69].

Der Anschauung Weithofers über die limnische Entstehung der bunten Molasse schließt sich Bärtling [(33) S. 7] an, und zwar auch hinsichtlich des bereits von Weithofer beschriebenen Auftretens einer oberen bunten Molasse im Hangenden der Peißenberger Schichten [(31) S. 62, 64].

Rothpletz dagegen bestreitet die Existenz einer solchen [(35) S. 375, 376], ohne jedoch die Entstehungsweise der bunten Molasse irgendwie zu erläutern, obwohl die Lösung dieser Frage von weitesttragender Bedeutung für das Peißenberger Problem ist.

Die große Verschiedenheit obiger Anschauungen dürfte hauptsächlich auf die auffallende Schichtenähnlichkeit zurückzuführen sein, welche sich selbst zwischen terrestrischen und marinen Bildungen häufig zeigt. Ist doch nach Walther auch ein jedes Wüstengebiet lithogenetisch einem Meeresbecken äquivalent [(28) S. 3].

Eine befriedigende Erklärung für die Lithogenesis der bunten Molasse ergibt sich wohl nur dann, wenn man die letztere als ein Gestein betrachtet, dessen Material aus jenen durch Eisenoxyd rot gefärbten Verwitterungsprodukten hervorgegangen ist, die eine sehr verbreitete Erscheinung wärmerer Klimazonen sind, sich mit gleichbleibender Färbung durch mehrere Faziesbezirke vom Festlande bis in die Tiefen des Meeres erstrecken und allgemein als „Laterit“ bezeichnet werden.

Walther unterscheidet Plateaulaterit, das ursprüngliche Verwitterungsprodukt auf primärer Lagerstätte, und davon abgeleitet: Terrassen-, Tal- und Seelaterit, ferner Dünentalerit (Tareisand) an den Küsten, endlich Meereslaterit, in den Deltas tropischer Flüsse und im Gebiete des Kontinalschlammes, auch Rotschlamm (red mud) genannt [(18) S. 803—816].

Da in unseren Gegenden nach Heer in der älteren Tertiärzeit tropisches, in der oligocänen und miocänen Zeit subtropisches und erst in der pliocänen Zeit gemäßiges Klima herrschte [(18) S. 878], muß angenommen werden, daß die Verwitterungsprodukte des benachbarten älteren Gebirges, aus denen die Schichten der südbayrischen Oligocänumasse gebildet wurden, lateritisch gefärbt waren, wie dies in der Gegenwart bei den Alluvionen des Tropen-

landes und der subtropischen Regionen der Fall ist, während dagegen in der gemäßigten und kalten Zone als Verwitterungsprodukt eisenhaltiger Muttergesteine bekanntlich ein gelb oder braun gefärbter Lehm entsteht.

Dies läßt darauf schließen, daß die Färbung der Cyrenenschichten und der unteren Meeressmolasse nur eine nachträglich erworbene sein kann und daß der Schichtenkomplex der bunten Molasse nichts anderes als eine oligoäne Lateritablagerung ist, welche, wie fast jede rezente, häufig Sand- und Geröllschichten enthält und eine terrestrische, eine Strand- und eine Flachseefazies umfaßt.

Im Gebiete des oberbayrischen Kohlenreviers ist jedoch nur die letztere vorhanden, welche unter beständiger Wasserbedeckung entstanden ist.

Hierfür spricht das Fehlen aller dem Festlande spezifischen Erscheinungen, insbesondere äolischer Ablagerungen aus reinem Flugsand mit charakteristischer Windschichtung, ferner der gänzliche Mangel an polygonalen Trockenrissen, welche unter der Einwirkung der Sonnenhitze und Luft in zeitweise inundierten Gebieten entstehen, fast stete Begleiter der Tonböden (Takyrböden) [(28) S. 111] sind und sich auf den Schichtflächen fossiler Ablagerungen deutlich ausprägen, namentlich wo der weiche, vom Wasser entblößte, einschrumpfende Schlamm einstens vom Flugsand, wie Bornemann betont [(12) S. 20], bedeckt wurde<sup>1)</sup>.

Nach Walther findet sich der reine Düdensand auch an der Küste nicht unterhalb des Wasserspiegels, denn in wenigen Metern Tiefe ist dem Sande schon so viel Schlamm beigemengt, daß selbst ein ungeübtes Auge sofort den Unterschied beider Sande erkennen kann [(28) S. 2]. Auch im fossilen Zustande ist eine Verwechslung nicht leicht möglich, zumal bei der Diagonalschichtung eines Dünengesteines (Windschichtung) der Neigungswinkel der antiklinal zusammenstoßenden Schichtungsdiagonalen auf der einen Seite etwa 5—10°, auf der anderen Seite 20—30° beträgt, während er bei einer Bildung unter Wasser annähernd gleich groß ist [(18) S. 638], wenn in derselben diskordante Parallelstruktur vorkommt [(12) S. 11—15].

Weitere Anzeichen für den Faziesbezirk der bunten Molasse sind der vollständige Mangel an Wellenfurchen mit Netzeisten, Regentropfeneindrücken, Kriechspuren und Fährten von Landtieren auf den Schichtflächen der Gesteinsbänke.

Ripplemarks finden sich nicht allein in der Uferzone vor, sondern, wie Walther gezeigt, auch auf der Höhe der Wüstdünen, und zwar hier als ein Produkt des Windes [(18) S. 796, (28) Fig. 9, 42].

Wir sehen diese Erscheinungen deshalb oft im Hauptbuntsandstein, worunter nach Bornemann vorwaltend äolische Ablagerungen

<sup>1)</sup> Die Entstehung der Risse beim Austrocknen des Schlickbodens während der Ebbe hat Haller beschrieben. Die meisten werden durch die Flut aufgeweicht oder durch neu hinzugeschwemmtes Material unkenntlich gemacht. (Haller, Nordseestudien, 1863, S. 93.)

zu verstehen sind [(12) S. 12, 37, 45], sowie in der brackischen Randbildung der kohlenführenden Cyrenenschichten der südbayrischen Molasse [(14) S. 49].

Nachdem Ripplemarks am Meere von White und Siau bis in Tiefen von 180 m beobachtet wurden [(17) S. 529], würde selbst ein etwaiges Vorkommen von Wellenfurchen in der bunten Molasse, wenn es ohne Trockenrisse wäre, noch nicht für eine terrestrische oder Strandfazies sprechen müssen.

Im übrigen kann eine Versteinerung obiger Bildungen nur insoweit vorkommen, als sie vor der Bedeckung durch anderes Material eine genügende Festigkeit erlangen. Dies geschieht vorzüglich durch Trockenlegung.

Daß Land- und Sumpfschnecken sehr weit verschleppt werden können, beweist das früher erwähnte Beispiel (siehe S. 295) von den westindischen Inseln. Die *Helix*- und *Planorbis*-Funde in der bunten Molasse lassen deshalb weder auf die Nähe des Landes noch auf eine limnische Entstehung mit Sicherheit schließen.

Aber auch die Häufigkeit und Mächtigkeit der Konglomerate ist kein Grund, welcher eine Ablagerung der bunten Molasse in seichteren Gebieten der Flachsee undenkbar erscheinen ließe.

Gehört doch das oberbayrische Kohlenrevier einer oligocänen Meeresbucht an, die im allgemeinen nach Süden (landwärts) seichter, nach Norden (seewärts) tiefer wurde und in welcher sich das Detritusmaterial der aus den Alpen (von Süden) kommenden Flüsse in jenen oft weit ausgebreiteten „marinen Mündungsdeltas“ ablagern mußte, von welchen uns Walther berichtet [(28) S. 159], daß sie in bezug auf Intensität in der Bildung klastischer Gesteine mit den „abflußlosen Gebieten“ wetteifern, in denen bekanntlich Konglomerate von einer geradezu staunenswerten Ausdehnung und Mächtigkeit aufgeschüttelt werden [(28) S. 71, 97].

Begeht man den Oberlauf der Ammer vom Ammerknie in der Schnalz bis Altenau südlich von Oberammergau, so lassen sich bei sorgfältigem Studium der Schichtenfolge an 47 verschiedenen Stellen Konglomeratbänke mit überwiegend psammitischer Grundmasse feststellen, welch letztere in den nördlichen Mulden bläulich- oder gelblichgrau, in den südlichen jedoch rötlich gefärbt ist. Die genaue Kartierung dieser Bänke im Verein mit der jeweiligen Schichtstellung und ihrer gruppenweisen Anordnung in der bunten Molasse zwischen den oberen Cyrenenschichten und der unteren Meeresmolasse zeigt, daß sie sämtlich der Bausteinzone angehören.

Während die letztere jedoch in der Haushamer Mulde nach Korschelt [(14) S. 49—51] nur fünf bis sechs Konglomeratbänke enthält, wovon an der Ammer südlich von Peißenberg nur vier Bänke aufgeschlossen sind<sup>1)</sup>, reichert sie sich unter ständiger Zunahme der

<sup>1)</sup> In meiner geologischen Karte von Peißenberg sind nur drei Konglomeratbänke sichtbar; die vierte bildet das liegendste Glied im Schichtensattel des Krebsbachels und ist nur an diesem Punkte aufgeschlossen; bei Darstellung derselben in der Karte müßten die Details hier zu sehr über Maß gehalten werden.

Korngröße und Mächtigkeit der Konglomerate ammeraufwärts, also gegen Süden, bis auf 15 Bänke an. Auch daraus folgt, daß die Einschwemmung der Konglomerate von Süden her erfolgte. Die gleiche Schichtenfolge läßt sich teils an der Ach, teils an der Eyaeh feststellen.

Die gesamten Aufschlüsse geben ein Bild von dem tektonischen Baue des westlichen Molassegebietes, wie ihn das Profil von Hohenpeissenberg nach Saulgrub auf beiliegender Tafel VII [I] darstellt.

Nur an einem einzigen Punkte dieses Gebietes, im Oberlauf der Ammer, zwischen Acheles-Schweig und Altenau, nächst der Grenze zwischen der bunten Molasse und der unteren Meeresmolasse, fand ich in der letzteren eine schwache feinkörnige Konglomeratbank, wie dies auch im östlichen Revier an der Grenze der Bausteinzone und den Cyprinenschichten hie und da vorkommt [(14) S. 52].

Wir stehen deshalb nicht im Widerspruche mit dem alten Erfahrungssatze: Mächtige Konglomerate bilden nur am Rande des Meeres eine grobkörnige Zone [(28) S. 97].

Denn wie wir in früheren Abschnitten gesehen, fehlen, wo es sich nicht um bloße Übergangszonen zur Strandregion handelt, die Konglomerate in den marinen Faziestypen der Molasse vollständig. Weder der oligocäne Tiefseeton noch jener Teil der Cyprinenschichten, welcher der tieferen Küstenzone angehört, enthält irgendwo Gerölleinlagerungen.

Allein auch in der bunten Molasse bei Penzberg sind sie nicht vorhanden.

Daraus erhellt, daß sie keinen integrierenden Bestandteil der bunten Molasse bilden, sondern nur den Faziesbezirk anzeigen, in welchem die letztere abgelagert wurde.

Dies war bei Penzberg offenbar hauptsächlich im Bereiche der tieferen und in südlicheren Gebieten, zum Beispiel an der oberen Ammer, vornehmlich innerhalb der seichteren Küstenzone der Fall.

Da jedoch die Gesamtmaßigkeit der an Konglomerat reichen bunten Molasse in diesen seichteren Gebieten bis zu 1200 m beträgt, nachdem ferner unterhalb der 650 m mächtigen, geröllfreien, in größerer Tiefe abgesetzten bunten Molasse von Penzberg unzweifelhafte Strandbildungen, nämlich die unteren Cyrenenschichten mit den Resten von Seichtwasserbewohnern in der nach Norden und Osten schnäler werdenden Bausteinzone, auftreten, müssen hier zur Zeit der Aufschüttung der Sedimente größere Senkungen des ganzen Küstenstriches stattgefunden haben. Dieselben wurden durch die alpine Seitenpressung veranlaßt, leiteten die Faltung des Molassegebirges ein und hatten sehr ausgedehnte und wiederholte Strandverschiebungen zur Folge, welche uns für die mächtige Anhäufung von Konglomeraten die naturgemäße Deutung geben.

Während südlich von Penzberg, unmittelbar über dem Hauptzuge der Konglomerate, wie bereits erwähnt, die 650 m mächtige Schichtenreihe typischer bunter Molasse [(31) S. 61] abgelagert wurde, findet sich in der Haushamer Mulde gleichfalls unmittelbar über der Bau-

steinzone ein zirka 800 m mächtiger Schichtenkomplex von Cyrenenmergeln.

Zwischen der Isar und Loisach verwandeln sich die letzteren allmählich in bunte Molasse, so daß sich beide Schichtengruppen vertreten, wie ich dies bereits 1890 dort konstatierte und wie es auch Weithofer wahrgenommen hat [(26) S. 282, (31) S. 65, 66].

Es ist ein überraschender Anblick, der sich zwischen Bad Krähenheil-Tölz und Heilbrunn, am Nordfuße des Buchberges nächst Ramsau bei dem deutlichen Übergange der bläulich-grauen Cyrenenmergel in den rot-, gelb-, grün- und grauschattierten Schieferfoton der bunten Molasse dem aufmerksamen Beobachter bietet.

Der heteropische Verband dieser beiden Dauergesteine, welchen man daselbst im Streichen der Schichten, in der Natur verfolgen kann, ist ein untrügliches Beweismittel für die zwischen der bunten Molasse und den übrigen Faziestypen bestehende Korrelation.

Die hauptsächlichsten Merkmale der bunten Molasse sind ihre lateritische Färbung und ihre Fossilarmut.

Erstere erinnert lebhaft an die jenes tonigen, grünlich, graulich und rötlich gefärbten Schlammes, wie ihn v. Gümibel als ein Kriterium der tiefen Küstenzone beschreibt, in welcher noch die Nähe und mehr oder weniger steile Abdachung der Küste sich rückwirkend auf die Eigentümlichkeit und Natur der Absätze erweist, die in fast unveränderter Beschaffenheit von den Ausmündungen großer Flüsse bis in die Tiefe reichen [(11) S. 332] und von dem eigentlichen Tiefseeton mit den häufigen manganhaltigen Beimengungen wohl unterschieden werden [(11) 334].

An den Küsten der tropischen Meere findet sich der rote Kontinentalschlamm, welcher sein Material den lateritisch verfärbten festländischen Verwitterungs- und Korrasionsprodukten der heißen Zone verdankt; er wird hier von den Flüssen, so zum Beispiel an der brasilianischen Küste auf weite Erstreckung vom Orinoko- und Amazonenstrom abgesetzt.

Wo keine großen Flüsse münden, ist der Grünschlamm verbreitet, während an den Küsten der gemäßigten Zone und des nördlichen Polarmeeres der Blauschlamm überwiegt<sup>1)</sup>.

In allen Fällen sind Eisenverbindungen die färbende Substanz und bildet Eisenoxyd rote Gesteine, Eisenoxydhydrat gelbe und braune, Eisenoxydul grüne oder blauschwarze Ablagerungen [(18) S. 702].

Es ist eine bekannte Erscheinung, daß die von den fließenden Gewässern in das Meer eingeführten Stinkstoffe von gleicher chemischer Beschaffenheit in verschiedenen bathymetrischen Zonen angereichert werden. So zum Beispiel Kalkkarbonat als Filterstein an flachen Meeresküsten [(11) S. 329], buntfarbige Tone im Bereich der Kontinentalstufe und die manganhaltigen Gebilde insbesondere in der Tiefsee.

Diese Vorgänge sind nicht allein auf die aufbereitende Tätigkeit des fließenden Wassers, sondern auch auf die klärende Wirkung des

<sup>1)</sup> Murray und Renard, Chall. Deep. Sea Deposits, S. 229 f.

Salzgehaltes beim Eintritt der Flüsse ins Meer zurückzuführen. Diese zeigt sich im kleinen ebenso wie im großen.

Während ein Glas mit trübem Rheinwasser monatelang ruhig stehen muß, ehe sich alle Verunreinigungen absetzen, fällt in einer Salzlösung die Flußtrübe in wenigen Minuten zu Boden.

Wenn Seewasser nur noch ein Zehntel seines Salzgehaltes enthält, so wirkt es doch immer noch klärend. Nach Versuchen von Murray und Irvine wird die Hauptmasse der Flußtrübe in derjenigen Zone des Brackwassers niedergeschlagen, wo der Salzgehalt 1·005—1·010 % beträgt; aber ein kleiner Rest wird selbst in sehr salzreichem Wasser noch suspendiert erhalten und kann fern von der Küste zum Absatz gelangen. Insofern nicht mechanische Ablagerungen in Betracht kommen, erfolgt die Ausscheidung der Substanzen aus dem Meerwasser nach ihrem Löslichkeitsverhältnisse. Im ursächlichen Zusammenhange mit obigen Vorgängen steht die Tatsache, daß der Kontinentschlamm im allgemeinen nur einen Saum um die Festländer bildet [(18) S. 645 und 646].

Eine Folge jener vielfältigen chemischen und physikalischen, unter dem Begriffe Diagenese zusammengefaßten Veränderungen der Sedimente nach ihrer Ablagerung, die insbesondere das Versteinen der Schichten herbeiführen, ist die höchst auffallende Tatsache, daß bauwürdige Kohlenflöze in allen Ländern und allen Formationen immer nur in bläulichgrauen, im verwitterten Zustande gelblichgrauen, doch niemals intensiv rot- oder buntgefärbten Schichten vorkommen.

In der Molasseliteratur findet man häufige Angaben, daß in der bunten Molasse Kohlenflöze eingelagert wären. Im südbayrischen Gebiete ist dies nirgends der Fall; denn wo es sich nicht um kleine Kohlenbutzen handelt, die aus untergegangenem Treibholz entstanden sind, findet man im Hangenden und Liegenden der Flözchen stets Cyrenenschichten mit Stinkstein u. dgl. oder doch wenigstens geringmächtige Lagen ihres bläulichgrauen Mergels. Die Flözchen, welche v. Gumbel in seiner geologischen Karte auf Blatt III (Werdenfels) bei Rottenbuch in bunter Molasse einzeichnet, gehören in Wirklichkeit einer kleinen Mulde der oberen Cyrenenschichten an. Auch in der Bärtlingschen Karte finden sich derartige Fehler wiederholt an der Ammer vor [(33) S. 7].

Die Berghalden der Kohlengruben in Südbayern, an der Saar, an der Ruhr, in Schlesien oder in anderen Ländern zeigen überall die gleiche Farbe des Kohlengebirges; nur die Härte des Gesteines ist verschieden.

Der Grund der gleichartigen Färbung des Kohlengebirges liegt darin, daß die Zersetzung der organischen Substanz zur Zeit der Ablagerung zur Reduktion der höheren Eisenoxyde in Eisenoxydul führt, wobei Kohlenstoff als Kohlensäure entweicht und Wasserstoff zu Wasser oxydiert wird. Zugleich findet eine Zunahme der Alkalinität des Wassers statt. Auch die Absätze in Flußläufen und Binnenseen, die gewöhnlich an organischen Stoffen reich sind, haben meist eine bläulichgraue, grünlichgrüne oder schwärzliche Färbung.

Wenn wir weiters bedenken, welche unendliche Anzahl von marinen Tieren am Meeresgrunde durch Verwesung zersetzt wird,

so erklärt sich auch leicht der bläulichgraue Farbenton der petrefaktenreichen marinen Molasseschichten als Folge der Reduktion der höheren Eisenoxyde, neben welcher gleichzeitig die Bildung von Ammoniak aus der stickstoffhaltigen tierischen Substanz sowie die Desoxydation der Sulfate, die Entstehung von Sulfiden oder von flüchtigen Schwefel- und Phosphorverbindungen vor sich geht.

Daß der Tiefseeton eine ähnliche Färbung zeigt, will mir deshalb natürlich erscheinen, weil die feinen Tonflocken, die ihn zusammensetzen, beim Passieren der diaphanen Region desoxydiert werden mußten und deshalb anzunehmen wäre, daß sie bereits mit grünlicher Färbung in der Tiefsee ankamen.

Im übrigen dürfte bei den chemischen Veränderungen am Boden der Tiefsee auch den Spaltpilzen eine wichtige Rolle zukommen. In einer Grundprobe, die man aus 1100 m Tiefe heraufholte, fanden sich noch 24.000 Bakterien in einem Kubikzentimeter Schlamm. Daß die Verwesung der Mikroorganismen insbesondere bei dem höheren Drucke und größeren Salzgehalte der Tiefsee nicht spurlos vorübergehen kann und vielleicht die gleiche Wirkung übt wie die organische Substanz der Foraminiferen bei der Bildung von Glaukonitsand, liegt nahe. Doch sind diese Verhältnisse noch nicht näher erforscht [(18) S. 698].

Weil jedoch in der bunten Molasse organische Substanzen zur Reduktion des Eisenoxyds fehlten, behielt dieselbe ihre ursprüngliche Farbe bei, wie dies auch hinsichtlich des roten Kontinentschlammes der Fall ist, von dem uns Walther berichtet, daß die Menge der organischen Substanz in demselben ungenügend sei, um eine Veränderung der lateritisch verfärbten Verwitterungsprodukte heißer Klimate zu bewirken [(18) S. 647, 696, 884].

Durch die vollständige Übereinstimmung dieser Merkmale wird mit Sicherheit erwiesen, daß die bunte Molasse im engeren Bereich des oberbayrischen Kohlenreviers nichts anderes als oligocäner roter Kontinentschlamm (Meereslaterit) ist, welcher bis an die einstmaligen Flußmündungen reichte, in deren seichteren Gebieten er fluviomarine Gerölleinlagerungen enthält.

Nachdem Flüßmündungen im allgemeinen unter die brackischen Faziesbezirke gehören, ist mir die Bezeichnung der südbayrischen bunten Molasse als „brackische“ Ablagerung am meisten sympathisch.

Aber auch wegen des in diesen Gebieten herrschenden Unterschiedes und Wechsels im Salzgehalte vermag ich ihr weder ausschließlich limnischen noch rein marinen Charakter zuzusprechen.

Es ist bekannt, daß der Salzgehalt des Meeres im allgemeinen von der offenen See gegen die Küsten, namentlich gegen die Flüßmündungen hin abnimmt [(25) S. 433]. Der Unterschied des Salzgehaltes in verschiedenen Meeresteilen hat seinen Grund teils in der Zufuhr von Süßwasser, wodurch eine Verdünnung eintritt, teils in der starken Wasserverdunstung in heißen Küstenstrichen oder in abgeschlosseneren Meeresbecken, wobei eine Konzentration stattfindet. An den Küsten der Tropenländer, wo die Verdunstung des Meeresswassers bei trockenen heißen Winden oft eine sehr lebhafte wird, ist der Salzgehalt zuweilen höher als in den von der Küste ent-

legenen Meeresteilen. Im allgemeinen kann man jedoch beobachten, daß das Meerwasser in der Nähe der Küsten und insbesondere in abgeschlossenen, große Flüsse aufnehmenden Meeresbuchten weniger Salz enthält.

Da Süßwasser leichter als Salzwasser ist, schwimmt es auf diesem und ist seine Verbreitung infolgedessen an der Mündung von Flüssen oberflächlich eine viel größere wie in der Tiefe [(18) S. 59]. Während der offene Atlantische Ozean durchschnittlich 3·5% Salzgehalt hat, beträgt letzterer in der Nordsee und im Skagerak 3·4% und nimmt in der Ostsee nach Osten immer mehr ab. Im Kattegatt sind noch 2·2, im Großen Belt 1·8, bei Kiel 1·7, bei Rügen 1·0, am Eingange zum Bottnischen Meerbusen 0·4, an seinem Nordende bei Haparanda kaum 0·2 und im Finnischen Meerbusen bei Kronstadt noch nicht 0·1% vorhanden.

In der Ostsee, bei mehr als 30 m Tiefe, sinkt jedoch der Salzgehalt nirgends unter 1% und beträgt im Skagerak wie im offenen Ozean unter diesem Niveau nach zahlreichen Untersuchungen<sup>1)</sup> normal 3·55%. Diese Tatsache ist von besonderer Wichtigkeit. Sie zeigt, welche Rolle das spezifische Gewicht der Wasserschichten bei der Verteilung von Süß- und Salzwasser in brackischen Gebieten spielt, und läßt darauf schließen, daß auch in jenem oligocänen Ästuarium, in welchem die Ablagerung der südbayrischen bunten Molasse erfolgte, in größerer Tiefe nicht mehr mit vollständig salzfreiem Süßwasser gerechnet werden darf, solange das Meer, wie die in den Cyrenenschichten häufig zu beobachtenden marinen Zwischenlagen beweisen, noch in unmittelbarer Nähe war.

Die Einwanderung der *Cyrena gigas* aus Siebenbürgen, das Vorkommen von kohlenführenden oligocänen Bildungen in Ungarn, Kroatien, Steiermark und Niederösterreich sowie die außerordentlich mächtige Entwicklung der Meeresmolasse zwischen Traunstein und Siegsdorf scheinen Anzeichen dafür zu sein, daß wenigstens zur Oligocänzeit ein Zusammenhang zwischen dem ungarischen und oberbayrischen Meeresbecken bestanden hat [(23) S. 301]. Dies schließt jedoch die Möglichkeit der Entstehung einzelner Strand- und Relikttseen in küstennahen Niederungen nicht aus, welche infolge geotektonischer Bewegungen durch das springflutartige Vordringen des Meeres mit dem letzteren zeitweise in Verbindung treten konnten.

Die klimatische Bilanz der Niederschläge gegen die Größe der Verdunstung bedingt insbesondere in wärmeren Gegenden einen intensiven Wechsel im Salzgehalt sowie in der Wassertemperatur mariner Mündungsgebiete.

Auf diese beiden letzten Faktoren dürfte die Fossilarmut unserer bunten Molasse zurückzuführen sein.

Über den Einfluß des Salzgehaltes auf das organische Leben wurden die interessantesten Beobachtungen in der Ostsee gemacht, deren überaus große Armut an Mollusken auffällt [(18) S. 57—69]. Nicht allein die Zahl der Arten ist hier eine geringe, sondern es sind

<sup>1)</sup> Vgl. Fürer, Salinenkunde, Braunschweig 1900, S. 11.

auch die Individuen nur verkümmerte Pygmäen gegen ihre Stammformen in der Nordsee.

Nach dem Tode der Tiere scheint die Schale vom Wasser ganz aufgelöst zu werden, denn in den Schären des östlichen Schwedens sieht man die Kutikularhäute der Muscheln im tonigen Schlamm des Meeresgrundes abgeformt. Als sich 1874—1882 der Salzgehalt der Kieler Bucht veränderte, verschwanden nach Möbius [(18) S. 69] verschiedene Mollusken und Echinodermen, welche sich, seitdem der Salzgehalt wieder zunimmt, allmählich wieder einfinden.

Wenn marine Mollusken plötzlich in süßes Wasser gebracht werden, so sterben nach den Versuchen von Beudant [(18) S. 63] sofort fast alle Arten; dagegen halten bei einer allmählichen Zuführung von Süßwasser einige Formen monatelang aus. Bei den meisten Süßwassertieren genügt schon der dritte Teil des im Meeresswasser enthaltenen Salzes, um sie zu töten, selbst wenn der Zusatz nur allmählich erfolgt.

Aus derartigen Beobachtungen und weiteren Versuchen, welche insbesondere Oltmann [(18) S. 62] angestellt, geht mit großer Wahrscheinlichkeit hervor, daß durch häufige Schwankungen im Salzgehalt submarine Gebiete ebenso entvölkert werden können wie durch die allzu starke Konzentration desselben nach Oehsenius bei der Entstehung von Salzlagern oder wie durch den früher erörterten Mangel an Existenzbedingungen für die benthonische Flora und Fauna in der Tiefsee.

Nicht nur ein limnisches, sondern auch ein brackisches Gebiet, welches einerseits in seinen seichteren, mehr ausgesüßten Teilen wegen des daselbst häufig eintretenden Temperaturwechsels die Ansiedlung der Seichtwasserbewohner und wegen der hier herrschenden größeren Fließgeschwindigkeit und Unruhe des Wassers auch die Entstehung der Torfvegetation nicht ermöglichte, anderseits in der tieferen brackischen Küstenzone den stenohalinen Mollusken der Flachsee verschlossen war und auch von den euryhalinen wegen des häufigen durch Klimaschwankungen verursachten Zuflusses von Süßwasser und des dadurch bedingten raschen Wechsels im Salzgehalte dauernd gemieden wurde, vermag die Petrefakten- und Flözarmut der bunten Molasse zu erklären.

In demselben Verhältnisse wie im oberbayrischen Kohlenreviere steht die bunte Molasse zu den übrigen Faziestypen auch in entlegeneren Kohlengebieten.

So hatte ich zum Beispiel Gelegenheit, im steiermärkisch-kroatischen Tertiärbecken bei Varasdin-Töplic die bunte Molasse in der gleichen Korrelation mit den oberoligocänen kohlenführenden Cyrenenmergeln, den Cyprinenschichten und dem Tiefseeton mit seinen schokoladefarbigen Braunsteinauswitterungen kennen zu lernen.

Gesteinsbeschaffenheit und Petrefaktenführung des ganzen Schichtkomplexes im dortigen Kalniker Revier, in welchem auch sehr interessante Trachytdurchbrüche vorkommen, ist genau die gleiche wie in der südbayrischen Oligocänmolasse.

In der Schweiz entspricht unserer bunten Molasse die sogenannte „rote Molasse“; letztere dürfte jedoch anderen Faziesbezirken angehören.

#### IV. Die isopischen Schichten der Faziestypen.

Eigenartig muten die Verhältnisse an, welche entstehen, wenn zwei früher getrennte Faziesbezirke durch das bereits erwähnte springflutartige Vordringen und Zurückweichen des Meeres oder durch größere geotektonische Bewegungen miteinander in Verbindung gebracht werden.

Es findet alsdann im ersten Falle eine Verschleppung der Bevölkerung von einem in das andere Gebiet statt, wobei Bewohner der Binnengewässer in Meeresschichten und umgekehrt marine Seetiere im Süß- und Brackwasser eingeschwemmt werden. Auf solche Vorgänge dürfte die Bildung der marinen Zwischenlagen in den Cyrenenschichten zumeist zurückzuführen sein, wie sie zum Beispiel v. G ü m b e l bei der Steinfallmühle nächst Peißenberg [(2) S. 693], ferner bei Flöz Nr. 7 des dortigen Bergwerkes [(19) S. 327] oder auch K o r s c h e l t in der Übergangszone der Konglomerate, in welcher der Kampf zwischen Meer- oder Brackwasser nicht plötzlich entschieden wurde, beschreibt [(14) S. 49, 52].

Wo es sich aber nicht um eine vorübergehende, sondern um eine andauernde Transgression des Meeres handelt, entstehen über den älteren Straten jüngere Sedimente, oft von namhafter Mächtigkeit und Ausdehnung, deren fazieller Typus nicht ihrer Unterlage, sondern der jeweiligen neuen Wassertiefe entspricht.

Derartige zeitlich verschiedene, aber faziell übereinstimmende Gebilde, die wir mit Mojsisovics isopische nennen, können wir in der südbayrischen Oligocämmolasse gleichfalls unterscheiden.

So sind die unteren und oberen Cyrenenschichten, ferner die Cyprinen- und Promberger Schichten, endlich die untere und obere bunte Molasse isopische Ablagerungen. Der oligocäne Tiefseeton besitzt dagegen kein solches Äquivalent.

Nur selten liegen die isopischen Schichten verschiedener Formationen direkt übereinander, so daß man die an eine bestimmte Fazies gebundene Fauna aus der älteren in die jüngere Gruppe direkt verfolgen kann.

Bloß die brackische Randbildung der Haushamer Schichten verknüpft beinahe in ununterbrochener Folge die unteren und oberen Cyrenenschichten; doch bei Miesbach, nächst Müller am Baum, schiebt sich der erste kleine Keil von bunter Molasse dazwischen ein [(2) S. 708]. Sie erscheint dann östlich der Loisach neuerdings und trennt, nach Westen hin immer mächtiger werdend, die Flözgruppe der Bausteinzone von jener der Glassande.

Über der letzteren folgen bei Penzberg die Promberger, bei Peißenberg die Schichten der oberen bunten Molasse.

In den hangendsten Partien der beiden findet sich bei Promberg das Daser-, bei Peißenberg das Kohlgrabenflözchen mit Stinkstein und Planorben, eingelagert in einer schwachen Schicht eines bläulichgrauen Mergels.

Wenn wir die gesamten Schichtglieder der oberoligocänen Molasse, wie sie sich im Revier an verschiedenen Ortschaften übereinanderlagern, nochmals überblicken, so ergibt sich vom Hangenden zum Liegenden nachstehende Reihenfolge:

6. {  
 a) Die **obere bunte Molasse** bei Peißenberg (mit vereinzelten, sehr feinkörnigen Konglomerateinlagerungen); sie wird vertreten durch  
 b) die **Promberger Schichten** bei Penzberg;
5. die **oberen Cyrenenschichten** mit den **Glassanden** und der **Gruppe der Miesbach-, Penzberg- und Peißenberger Flöze**;
4. {  
 a) die **Haushamer Flözgruppe im Osten** (mit kleinen linsenförmigen Konglomerateinlagerungen); sie wird vertreten durch  
 b) die **untere bunte Molasse im Westen** (mit Konglomeratbänken im Gebiete der seichteren Küstenzone);
3. die **unteren Cyrenenschichten** mit der **Gruppe der Philipp-Kamerloher-Eschelsbacher- und Ammerleitenflöze** in der **Bausteinzone** (Hauptzug der Konglomerate);
2. die **Cyprinenschichten** (in seichteren Küstengebieten im Westen, teilweise vertreten durch bunte Molasse mit Konglomeraten);
1. der **oligocäne Tiefseeton**.

Die Cyrenenschichten bilden die flözführende und die übrigen Schichten die unproduktive Fazies der Molasse. Die Cyprinen-, ferner die Promberger Schichten sowie die obere und untere bunte Molasse gehören zu den Ablagerungen der Flachsee, und zwar bilden die ersten zwei deren marine, die beiden letzten deren brackische Fazies.

Mehr oder minder zeitliche Äquivalente sind:

- a) Bis zum Beginne der geotektonischen Bewegung die untere Meeresmolasse, die Bausteinzone mit den unteren Cyrenenschichten;
- b) von der ersten Faltungsphase an bis zur Ablagerung der oberen Cyrenenschichten die Haushamer Flözgruppe und die untere bunte Molasse;
- c) die oberen Cyrenenschichten mit den Glassanden und der Gruppe der Miesbach-, Penzberg- und Peißenberger Flöze;
- d) nach Ablagerung der Glassande die Promberger Schichten bei Penzberg und die obere bunte Molasse bei Peißenberg.

Nach den früheren Erläuterungen (siehe S. 284) darf es nicht befremden, wenn sich ebenso wie über der Bausteinzone verschiedene Fazies, nämlich die Haushamer Schichten im Osten, die bunte Molasse im Westen, auch über den Glassanden nicht gleichartige Ablagerungen, sondern zum Beispiel bei Penzberg marine Promberger Schichten, bei Peißenberg dagegen brackische obere bunte Molasse vorfinden. Sind doch ähnliche Verhältnisse wie im oberbayrischen Kohlerevier auch in anderen älteren Kohlenformationen bekannt geworden. Als zum Beispiel im Chemnitzer Bassin bei Lugau und Gruna die ersten Kohlen gefunden waren, erschien alles sehr einfach und die unterirdischen Schätze glaubte man überall gesichert; nachdem aber eine Anzahl der tiefsten Schächte das Grundgebirge erteuft hatten, ohne etwas anderes als Rotliegendes mit einigen paläontologisch interessanten, aber technisch unbedeutenden pflanzlichen Ein-

lagerungen gefunden zu haben, ist der Glaube an die Gleichförmigkeit der Ablagerungen auch dort sehr getrübt worden [(12) S. 59].

Bei dieser Gelegenheit weise ich schließlich darauf hin, daß die allgemein verbreitete Literaturangabe über das Vorkommen der *Cyprina rotundata Braun* in den Promberger Schichten nicht zutreffend ist. Dieses Leitfossil findet sich nur in der unteren Meeresmolasse und was in den Promberger Schichten hierfür gehalten wurde, ist nach den genauen Bestimmungen Wolffs die *Cyrena gigas Hofmann* [(23) S. 249, 301, Tafel 22].

Statt der letzteren, welche auch in den brackischen Cyrenenschichten der südbayrischen Molasse, insbesondere aber in jenen Siebenbürgens auftritt, wird die erstere in der Literatur über die Promberger Schichten irrtümlicherweise in nachstehenden Fällen angeführt: v. Ammon, geognostische Jahreshefte [X, 1897, S. 22, XIII, 1900, (27) S. 62], Weithofer [(26) S. 271—276], Rothpletz [(31) S. 57], Bärtling [(33) S. 15].

## V. Die Leitschichten der Oligocänmolasse.

Wenn ein erodiertes Faltensystem von isoklinalem Bau mit seinen einzelnen Schichten zutage ausstreckt, so macht es oft ganz und gar den Eindruck eines einseitig geneigten Schichtkomplexes und es ist große Aufmerksamkeit erforderlich, um den Verlauf des Faltenwurfes mit seinen Sätteln und Mulden richtig zu erkennen, die längs der Antikinalen verlaufenden Dislokationen nicht zu übersehen und nicht auf die falsche Vermutung zu kommen, daß man es mit einer mehr oder minder mächtigen Schichtenfolge zu tun habe, in welcher die hangenden Straten stets jünger als die liegenden sind.

Die Lösung derartiger Aufgaben gestaltet sich insbesondere in Dauergesteinen, wie es alle früher besprochenen Faziesglieder der Molasse sind, meist sehr schwierig; sie ist aber nicht immer unmöglich. So gelang es mir beispielsweise trotz der zwischen Hausham und Miesbach gelegenen großen Faltenverwerfung, eine bei Flöz Nr. 18 in der Haushamer Mulde allgemein verbreitete, von *Helix rugulosa* erfüllte, sich dadurch als lokale Leitschicht kenntlich machende Kalkmergellage auch in der Miesbacher Mulde wiederzufinden und die früher unaufgeklärte Frage über die genauere Stellung der Miesbacher Flöze und ihre Beziehung zu den Haushamer endgültig zu entscheiden [(23) S. 228].

Außer den durch paläontologische Merkmale charakterisierten Leitschichten wie die obige, welche wegen der wichtigen Dienste, die sie zuweilen innerhalb enger Grenzen leisten können, beim Bergbau ständig beachtet werden müssen, bilden auch, was ich bereits 1893 betont [(16) S. 382], die in das oligocäne Mündungsgebiet eingeschwemmten quarzigen Detritusmassen, welche sich durch ihr fremdartiges Material von den benachbarten Molasseschichten petrographisch unterscheiden und ohne Rücksicht auf den Salzgehalt des Wassers oder die bathymetrische Verteilung der Mollusken über den ganzen Küstenstrich sowie über die darangrenzenden Seichtwassergebiete ausgebreitet sind, sehr brauchbare Leitschichten, die

namentlich zur Orientierung in dem Chaos des 2000 m mächtigen Schichtkomplexes der oberbayrischen Oligocänmolasse in verschiedenen voneinander entlegenen Gebieten des Kohlenreviers oft die einzigen verlässlichen Anhaltspunkte bieten.

Zu diesen quarzigen Leitschichten gehören die Konglomerate der Bausteinzone und die Doppel Lage der Glassande.

Dagegen gewähren die bereits früher erwähnten kleinen linsenförmigen Konglomerateinlagerungen, wie sie sich insbesondere in der Haushamer Mulde im allgemeinen in einer zirka 200 m breiten Zone bei Agatharied im Tiefenbach südlich von Hausham, ferner im Leitzachquerschlag zwischen den Flözen 8 und 9, weiters am Nordfuße des Plattenberges, am sogenannten Rinnenbache bei Leitzing an der Isar, endlich am Nordfuße des Buchberges bei Schneck vorfinden, aber in anderen Gebieten fehlen, kein wertvolleres Identifizierungsmittel.

Das gleiche gilt von den in der oberen bunten Molasse bei Peißenberg im Eierbach, im Kohlgraben, ferner nördlich von Eckelsau, endlich in der Schnalz, nördlich vom Böbinger Ammersteg bei Kote 635 vorkommenden schwachen l i n s e n f ö r m i g e n Konglomerateinlagerungen oder Psammiten mit eingestreuten Kieskörnchen.

Hinsichtlich des Vorkommens der quarzigen Leitschichten, insbesondere der feinen weißen Glassande, zeigt das südbayrische Kohlenrevier Ähnlichkeit mit verschiedenen norddeutschen Braunkohlengebieten, deren Alter vom jüngeren Eocän bis zum Miocän reicht [(22) S. 340].

Diese dem Auge oft schneeweiss erscheinenden feinen Quarzsande wurden in Oberbayern im Isartal, nördlich von Tölz, sowie bei Nantesbuch, nördlich von Penzberg, in früheren Jahren zur Glasfabrikation verwendet.

Ihre Entstehung könnte auf außergewöhnliche Überflutungen zurückgeführt werden, bei welchen quarziges Detritusmaterial aus entlegeneren archäischen Gebieten — aus den Zentralalpen oder von dem einstigen vindelizischen Urgebirge, welches v. G ü m b e l [(19) S. 19, 31, 401] annehmen zu müssen glaubte — in die oligocäne Seichtsee am Fuße der Alpen und ihren angrenzenden flachen sumpfigen, von üppiger Torfvegetation bedeckten Niederungen eingeschlagen und daselbst abgesetzt wurde.

Für fluviatile Bildung sprechen die erbsen- bis haselnussgroßen, vollständig abgerundeten Quarzgeschiebe, die sich hie und da zerstreut im Glassande finden.

Nicht für unwahrscheinlich erachte ich es jedoch, daß das Material des feinen weißen Glassandes ursprünglich tertiären Felswüsten entstammt und aus windgereinigtem Embryonalsand der kristallinischen Gesteine hervorgegangen ist.

Wie Walther feststellte, unterliegen Granit, Gneis und ähnliche Felsarten, deren verschieden gefärbte Gemengteile eine verschiedene spezifische Wärme besitzen, bei sehr heftigem und wiederholtem Temperaturwechsel einer fortgesetzten Zerbröckelung in ihre einzelnen Bestandteile, wodurch sich am Fuße der Granitgebirge Grus- und Sandhalden bilden, in denen Feldspat, Glimmer und Horn-

blende rasch in feine Teilchen zerfallen, welche vom Winde ausgeblasen und sortiert werden, bis endlich fast reiner Quarzsand zurückbleibt, der, wie die Schneefelder in unserem Hochgebirge, in der Granitlandschaft der Wüste hell leuchtende Sandfahnen bildet und vom Wüstenwinde zuweilen bis in das Meer getragen wird [(28) S. 30, 35, 107, 120].

In der südbayrischen Oligocänmolasse tritt der Glassand in zwei bis zu 40 m mächtigen Lagen auf, die ungefähr 200 m voneinander entfernt sind.

An der Oberfläche sind die Sande gewöhnlich ockergelb gefärbt, ein Umstand, welcher auf eine eisenschüssige, vielleicht von oligocämem Wüstenlack [(28) S. 22] herrührende, tonige Beimengung schließen läßt. Der Eisengehalt verrät sich überdies durch die rostartigen Absonderungen von Eisenocker, welche obertags wie in der Grube überall dort erscheinen, wo Quellen aus dem Sande sickern. Das Bindemittel ist stets kaolinhaltig und das Korn psammitisch bis pelitisch. Es kommen aber immer einzelne, wie bereits erwähnt, bis haselnußgroße, rund abgeschliffene Quarzkörner in den Sanden vor.

Der obere Sand ist durch tonige Beimengungen mehr verunreinigt, der untere besser aufbereitet und besteht stellenweise aus reinem weißen Quarz und Kaolin. Zwischen den Fingern gerieben, fühlt sich der untere Sand im allgemeinen schärfer und der obere lettiger an. Wie in den Cyrenenschichten, so kommen auch in den Glassanden verschiedene Petrefakten und vereinzelte Kohlenschmitzen vor; doch sind dies nur Begleiterscheinungen von lokaler Bedeutung.

Infolge ihrer Plastizität und Gleichförmigkeit, ferner wegen ihres steilen Einfalls in die Tiefe, bieten die Glassande unseren heimischen kleinen Höhlenbewohnern vielfach Gelegenheit zur Anlage sehr sicherer Schlupfwinkel. Fuchs und Dachs schlagen mit Vorliebe ihre unterirdische Behausung darin auf.

Der horizontal geschichtete Sand der fluvioglazialen Ablagerungen, welcher oft nach wenigen Metern mit größeren Geschieben wechselt, setzt der Anlage tiefer und ausgedehnter Baue viel größere Schwierigkeiten entgegen, weshalb die genannten Tiere in der Regel dort keine bleibenden Wohnsitze finden. Die in den Glassanden Ansässigen jedoch waren vor Verfolgung und Ausrottung besser geschützt; es haben sich infolgedessen in den Glassanden im Laufe der Zeit sehr ausgedehnte und bleibende Dachs- und Fuchsbäue gebildet und sich stellenweise durch viele Generationen erhalten, so daß der Volksmund die betreffende Gegend danach benannte. Und so kommt es denn, daß wir auf den Spezialkarten und Steuerblättern im Kohlenreviere eine ganze Reihe von Namen finden, wie: Fuchshöll, Fuchsbüchl oder Dachswald, Dachsholz, Dachsham und Dachsbeichl etc., welche alle — und dies ist für uns eine höchst beachtenswerte Tatsache — fast ausnahmslos im Streichen der Glassande liegen. Da die oben angeführten Namen keine zufälligen Benennungen sind, sondern an das Vorkommen der Glassande geknüpft erscheinen, so kann aus derartigen Bezeichnungen in der Karte umgekehrt mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit auf das Vorhandensein der Glassande

geschlossen werden, ein Umstand, der mir zur leichteren Auffindung derselben wiederholt Anhaltspunkte gegeben hat.

Es ist bekannt, daß auch das grüne Kleid, welches den Boden bedeckt, für die Beurteilung der darunter liegenden Gesteine und für die Aufsuchung der geologischen Grenzen von Bedeutung werden kann.

Wenn auch die Anschauung von der Boden- oder Erzstetigkeit mancher Pflanzen oft auf falscher Voraussetzung beruhen mag, so läßt sich doch nicht leugnen, daß dort, wo Gesteine zu pflanzenphysiologisch wichtigen Bodenarten verwittern, sich dies zumeist auch in der Vegetation zeigt. So hat zum Beispiel die Birke, die eisen-schüssigen Boden liebt, dem Erzbergmann schon oft einen „eisernen Hut“ verraten. Ein dem Stiefmütterchen nahe verwandtes Veilchen (*Viola lutea var. calaminaria*) findet sich so konstant auf dem Galmeiboden Oberschlesiens, Westfalens und Belgiens, daß auf sein Auftreten bereits Schürfungsarbeiten mit Erfolg gegründet sind [(22) S. 351].

Und wie anderwärts das Pflanzenleben zur Aufsuchung nutzbarer Mineralien oft Winke gibt, so zeigt sich im oberbayrischen Kohlenreviere der seltene Fall, daß Lebensgewohnheiten eines Tieres bei der Aufsuchung der wichtigsten Leitschichten Beachtung verdienen und daß glückliche Recherchen nach Reinekes Raubhöhlen sogar der Lösung schwieriger, montangeologischer Probleme zu Hilfe kommen können. Man bedenke nur, welche große Bedeutung es hätte, wenn in dem zwischen dem Penzberger und Peißenberger Kohlenbergwerk gelegenen, vollständig unaufgeklärten Gebiete mit einer Längserstreckung von drei Meilen unter einer geringen Bedeckung glazialer Ablagerungen irgendwo der weiße Glassand gefunden werden könnte. Ein solcher Aufschluß würde hier mindestens eine kostspielige Tiefbohrung ersetzen.

Im Terrain bilden die Glassande gewöhnlich niedrige, langgestreckte, bewaldete Hügel. Die Vermischung des weißen Quarzsandes mit dem humifizierten, für Ackerkultur gewöhnlich wenig geeigneten Boden erzeugt eine ganz charakteristische, schwach violette Bodenfarbe.

Sie fehlen in der Haushamer Mulde gänzlich, fanden sich im Auer Querschlag und treten bei Miesbach, Penzberg und Peißenberg im Hangenden der Flöze auf.

Doch finden sich in Penzberg auch zwischen den Sanden zwei geringmächtige Kohlenflöze (Schweig und Neumayer) und in Peißenberg über dem oberen Sande ein nicht abbauwürdiges, in der dortigen Flöznomenklatur nicht angeführtes Flözchen, welches zuerst im 34. Meter des Unterbaustollens bekannt geworden ist [(19) S. 331].

## VI. Schlussfolgerungen für das Peissenberger Problem.

Nachdem die Korrelation der Fazies und die Bedeutung der Leitschichten für die Äquivalenz verschiedenartiger Ablagerungen der südbayrischen Oligocänmolasse erörtert wurden, kann die Besprechung des vielumstrittenen Peißenberger Problems erfolgen.

Schon ein oberflächlicher Blick in die geologische Karte des

Gebietes<sup>1)</sup> gewinnt den Eindruck der größten Mannigfaltigkeit und des mehrfachen Szeneriewechsels in den verschiedenen Zeitepochen infolge kontrastierender Vorkommnisse, obzwar die Tertiärschichten im Peißenberger Grubenfelde der direkten Beobachtung auf große Ausdehnung durch mächtige alluviale und diluviale Gebilde entzogen sind, welche deshalb zunächst in Kürze erwähnt werden sollen.

**Die Überlagerung.** Für die Gliederung der Überlagerung waren die seitens unserer bedeutendsten Eiszeitkenner, Professor Albrecht Penck in Wien und Professor Eduard Brückner in Bern, aufgestellten Grundsätze maßgebend, nach welchen die Betrachtung der außeralpinen, fluvioglazialen Schotter zur Annahme von vier Vereisungsepochen und drei dazwischen liegenden, dem Rückzuge des Eises entsprechenden Interglazialzeiten führt, von denen die ersten nach den zu ihrer Charakterisierung geeignetsten Örtlichkeiten benannt werden, als:

1. Die Günzvergletscherung, deren Schmelzwässer den „älteren Deckenschotter“ ablagerten;
2. die Mindelvergletscherung, welche die Aufschüttung des „jüngeren Deckenschotters“ verursachte;
3. die Rißvergletscherung, welcher die Anhäufung des „Hochterrassenschotters“ zuzuschreiben ist, und
4. die Würmvergletscherung, in welcher der „Niederterrassenschotter“ angeschwemmt wurde.

Nach dieser letzten Periode lassen sich noch kleinere Vorstöße der Gletscher nachweisen. Zu diesen jüngsten Oszillationen derselben gehören: die Achenschwankung, das Bühlstadium, das Gschnitzstadium und das Daunstadium.

Zur Abkürzung pflegt man die Moränen und Schotter der vier Eiszeiten mit ihren großen, beziehungsweise kleinen lateinischen Anfangsbuchstaben, die Stadien jedoch mit den griechischen Buchstaben  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  zu bezeichnen.

Im Gebiete der Karte vermag man eine dreimalige Vereisung an den pleistocänen Gebilden zu beobachten, welche sich nicht nur in ihrer äußeren Form, sondern auch durch die Beschaffenheit ihres Materials voneinander unterscheiden.

Am nördlichen Rande des Aufnahmsgebietes findet sich als Vertreter der Mindeleiszeit der zumeist aus Kalkgeschieben bestehende, zu harten Nagelfluhbänken verfestigte jüngere Deckenschotter (m).

Er wird von dem lockeren, an zentralalpinen Gesteinen reicheren Material der bereits mehr oder minder verwaschenen Würmmoränen (W) überlagert, welchen unter anderen auch die Drumlin- oder Rundhöckerlandschaft am Forst angehört und aus denen nur noch einzelne markantere Züge der Hauptwälle hervortreten, die erkennen lassen,

<sup>1)</sup> Die geologische Karte des Verfassers über das Peißenberger Gebiet, welche, im Maßstabe 1:50.000 ausgeführt, die beiden Positionsblätter Hohen-Peißenberg und Weilheim mit einer Gesamtfläche von 174 qkm umfaßt, konnte nur den für die kgl. Technische Hochschule in München bestimmten Dissertationsexemplaren der vorliegenden Abhandlung beigegeben werden.

daß der Gletscher, nachdem er während seiner größten Ausdehnung zur Würmeiszeit den Hohen Peißenberg überschritten hatte, auf dessen Gipfel gekritzte Gerölle vorkommen, diesen bei seinem Rückzuge umging, indem das Eis in vielfach verzweigte Teilstrome aufgelöst, nach Westen gegen den Lech zurückwich.

Ein völlig anderes Bild zeigen dagegen die wohlerhaltenen Endmoränenwälle des (?) Bühlstadiums, welche mit ihren frischen, unverehrten, typisch kuppigen Formen, das Zungenbecken des Ammertales umgürtend, von Unterpeissenberg und Huglfing nach Weilheim reichen, woselbst sie mit den zugehörigen Schottern verknüpft erscheinen und einen selbständigen glazialen Komplex bilden.

Die reingewaschenen Bühlsschotter ( $\beta$ s), in welchen gekritzte Gerölle fast gänzlich fehlen, erfüllen überdies auch das Trockental zwischen Peiting und Ramsau. Nördlich desselben breitet sich ein ausgedehntes Tonlager aus, dessen Material sich zur Ziegelfabrikation vorzüglich eignet und ebenso wie die Tone von Schwaiganger und die Lignitkohlen von Kleinweil am Kochelsee oder vom Imbertobel bei Sonthofen interglazialen Ursprungs ist und in der Achenschwankung entstanden sein dürfte [29] S. 338].

Die Gümbelesche Karte enthält in dem in Rede stehenden Gebiete nördlich von Peiting in sämtlichen Gräben am rechten Lechufer statt der hier von mir nachgewiesenen Tone von Schwaiganger irrtümlicherweise Einzeichnungen von jüngerer Süßwassermolasse, während dagegen das Kalktuffvorkommen im Mühlbach fehlt<sup>1)</sup>.

Interessante Zeugen der Eiszeit im Aufnahmsgebiete sind endlich die zahlreichen in meiner geologischen Karte von Peissenberg verzeichneten erratischen Blöcke, von denen mehrere an ihrer blankgescheuerten Oberfläche schöne Gletscherschliffe besitzen. (Fig. 2.)

Die Gesamtausdehnung der Würmvergletscherung und des Bühlvorstoßes während ihres stationären Zustandes sowie die mutmaßliche Höhe der Eisoberfläche im südbayrischen Molassegebiete veranschaulichen am besten die Penckschen Karten 1:700.000 über die Moränengebiete des Isar-, Lech-, Iller-, Inn- und Salzachgletschers nebst den zugehörigen Radialprofilen [(29) S. 129, 134, 177, 185].

Eine Folge der wiederholten Vergletscherung ist auch die Übertiefung des oberen Ammertales, der wir die große bisher noch unbenutzte Wasserkraft verdanken, welche südlich vom Hohen Peissenberg die Verwendung von 2100 PS zur Hebung der in der Tiefe des Ammertales ruhenden Kohlenschätze in einer billiger arbeitenden, modern eingerichteten Bergwerksanlage ermöglichen würde.

Unter den jüngsten Bildungen in der Umgegend Peissenbergs verdienen neben den Kalktufflagern bei Polling, Huglfing und in der Schnalz insbesondere die weitverbreiteten Torfmoore Beachtung.

Infolge der mit dem wirtschaftlichen Aufschwunge in letzterer Zeit wiederholt gestiegenen Kohlenpreise haben sich Industrie und

<sup>1)</sup> Diese Unrichtigkeiten finden sich auch in der in den Geognostischen Jahresschriften, München 1903 (33), publizierten Bärtlingschen Karte und erscheinen dort bei Hausen, Grabhof und im Latterbach.

Landwirtschaft mit erhöhtem Interesse der Ausnutzung der Torfmoore zugewandt und bei den Fortschritten, welche inzwischen auf dem Gebiete der Erzeugung versandfähigen Torfes zu verzeichnen sind, ist wohl anzunehmen, daß die Torfverarbeitung in dem moorreichen Distrikt zwischen Hohen Peissenberg und Peiting der Verbindungsbaahn Peissenberg—Schongau ebenso guten Nutzen zu gewähren vermag wie manch anderer Industriezweig, wobei gleichzeitig der Landwirtschaft in den abgebauten Torffeldern ein für die Bodenkultur besser als bisher geeigneter Besitz zugeführt werden könnte.

Fig. 2.



Gletscherschliff bei Peissenberg

auf einem erratischen Blöcke nächst dem Lechneranwesen.

**Die Molasse.** In der einschlägigen Literatur sind die miocänen und oligocänen Molasseschichten so eingehend beschrieben, daß es hier genügen mag, nur jene in meiner Karte von Peissenberg dargestellten geologischen Verhältnisse hervorzuheben, welche für die wichtige Entscheidung der Frage über das Verhalten der Peissenberger Kohlenflöze in der Tiefe von Einfluß sind.

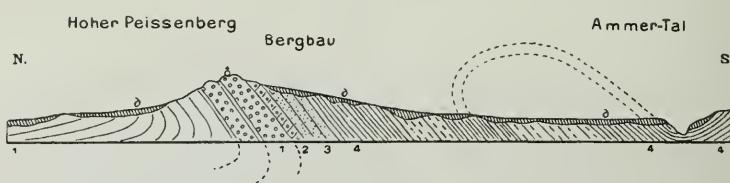
Hierzu gehören insbesondere: a) die in dem Gebiete der jüngeren und älteren Molasse beobachtete Lagerung und Störung der Schichten, welche über den Verlauf der Mulden und Sättel in dem bergäratischen Kohlenfelde Aufschluß geben; b) die Aufeinanderfolge der Leitschichten, welche eine Identifizierung der sie begleitenden

Peißenberg-Penzberger Gesteinsgruppen trotz der in der Faziesentwicklung der Molasse begründeten petrographischen und paläontologischen Verschiedenheiten ermöglicht. Diese Verhältnisse sprechen für die normale Lagerung der Peißenberger Flöze, die unter dem Ammertale in erreichbarer Teufe fortsetzen.

### a) Die Lagerungsverhältnisse des Peißenberger Kohlenfeldes.

Die Ansicht, welche v. Güm bel über die Tektonik des Peißenberges hatte, wird in seinem Profil (Fig. 3) durch die Tertiärschichten des Hohen Peißenberges [(19) S. 330] veranschaulicht. Aus der überkippten Schichtenstellung der miocänen Meeresmolasse an der Formationsgrenze hat v. Güm bel auf das Vorhandensein eines nach Norden überhängenden Luftsattels geschlossen und denselben zwischen der Ammer und dem Peißenberge angenommen.

Fig. 3.



Profil durch die Tertiärschichten des Hohen Peissenberges.

(Nach v. Güm bel.)

1. Obere (obermiocene) Süßwassermolasse; 2. obere (mittel- und untermiocäne) Meeresmolasse; 3. Zwischenschichten; 4. untere Süßwasser- und brackische (oberoligocäne) Molasse oder Cyrenenschichten mit zahlreichen Pechkohlenflözen.

Die Kohlenflöze des ärarischen Bergbaues, welche mit südlichem Verflächen in die Tiefe schießen, würden sonach dem Nordflügel dieses Sattels angehören; sie müßten ebenfalls überkippt sein, unter dem Peißenberge nach Norden umbiegen und das Ammertal wäre als dann flözleer.

Allein vergeblich sucht man in den tief eingeschnittenen Gräben nördlich der Ammer nach einem Anzeichen eines Schichtengewölbes. Das von mir am linken Ammerufer zwischen Schendrichwörth und Kote 694 im Kühmooswald beobachtete Einfallen unter  $35^{\circ}$  nach Nord deutet eher auf eine Muldenbildung im Ammertal und so fehlt für die Güm belse Hypothese vor allem der Nachweis jenes Luftsattels, auf dem sie basiert ist.

Dagegen habe ich jedoch am rechten Ammerufer bereits im Jahre 1891 eine mächtige Antiklinale aufgefunden. Sie ist in dem Schichtensattel beim Wasserfall, im Krebsbachel nächst der Böbinger Brücke, wie nachstehende Abbildung (Fig. 4) zeigt, besonders schön aufgeschlossen. Die Fortsetzung dieser Antiklinale

nach Westen ist am Ammerknie, in der Schnalz, bei Kote 648 deutlich erkennbar.

Aber auch in der Grube Peißenberg ist eine sattelförmige Schichtenumbiegung seit Jahren bekannt, längs welcher die

Fig. 4.



Schichtensattel bei Peissenberg

im Krebsbachl am rechten Ammerufer nächst der Böbinger Brücke.

Flöze von einer großen, an der Formationsgrenze gelegenen, nach Süden verflächenden Schichtenstörung abgeschnitten werden, welche bereits v. Gümbel vermutete, indem er bei Beschreibung des alten Sulzstollens betonte, daß hier das Unbeständige in der Fallrichtung des Gesteines die Wahrscheinlichkeit großartiger Störungen

bestätigt, welche die erhofften Kohlenflöze vollständig weggeschoben haben [(2) S. 728].

Diese Zerrüttungszone wird jedoch keineswegs bloß „angenommen“ wie Rothpletz irrtümlich voraussetzt [(34) S. 373, 381], sondern wurde in der Grube im Liegenden der flözreichen Schichtengruppe wiederholt angefahren, so zum Beispiel in der Tiefstollensohle nächst dem Dynamitmagazin, ferner in den letzten Jahren mit den beiden bei 610 m, beziehungsweise 475 m vom Stollenmundloch angesetzten, 20—30 m langen, nördlichen Hilfsquerschlägen, endlich im zweiten Tiefbau mit dem von Flöz Nr. 17 auf eine Länge von 124 m nach Norden fortgesetzten Hauptquerschläge und ist sonach vom Ausgehenden der Flöze bis zur Tiefe von 400 m durch den Bergbau betrieb nachgewiesen worden.

Sie bildet auch keine Kluftausfüllung oder Spalte, sondern besteht aus einer etwa 50 m breiten zerquetschten Schichtenpartie, welche von einem System von streichenden, mehr oder minder steilen, von mancherlei Schichtenbiegungen begleiteten Sprüngen durchsetzt wird und zahlreiche durcheinander geknetete oder mulmige Schichtenlagen mit fein gefältelter Textur enthält, in denen nicht selten scharfkantige, mit Rutschflächen bedeckte, aus benachbarten härteren Gesteinsbänken herrührende Trümmer eingeschlossen sind.

Nachdem diese Längsverwerfung sowohl über Tag wie im Tiefbau der Grube existiert, mußte dieselbe offenbar von den vor einem halben Jahrhundert über der Tiefstollensohle ausgeführten, die Formationsgrenze verquerenden Stollenanlagen ebenfalls durchörtert worden sein, wenn sie auch in dem aus dem Jahre 1861 stammenden Gumbelschen Profil des Oberbaustollens (Hauptstollens) [(2) Taf. 40, Fig. 294] nicht angedeutet erscheint.

Letzteres gibt nämlich an der für die gestörte Schichtenzone im Stollen in Frage kommenden Stelle kein ganz zuverlässiges Bild von der Schichtenfolge, weil hier in der Profilzeichnung die sechs Flöze Nr. 18 bis 23 gleichfalls fehlen, welche man nach alten Grubenrapporten und späteren Angaben v. Gumbels aus den Jahren 1894 zwischen Flöz Nr. 17 und der Formationsgrenze im Hauptstollen tatsächlich durchfahren [(19) S. 331] und im zweiten Tiefbau der Grube neuerdings aufgeschlossen hat.

Weil diese Dislokation längs der sattelförmigen Schichtenumbiegung am Peißenberg jüngere Schichten im Liegenden von älteren im Hangenden trennt, ist sie eine typische Faltenüberschiebung (Faltenverwerfung)<sup>1)</sup>, welche uns für die überkippte Schichtenstellung der miocänen Meeresmolasse und für die normale Lagerung der Peißenberger Flöze eine den Verhältnissen in der Natur entsprechende Erklärung gibt.

Wie sich jede Faltenverwerfung in der Richtung ihres Streichens und Fallens (Fig. 5) schließlich in eine einfache Flexur auflöst, so verläuft in eine solche auch die Peißenberger Überschiebung.

Diesen Übergang kann man insbesondere im Ostfelde längs der jüngeren Meeresmolasse beobachten, deren Schichten bei der Ortschaft

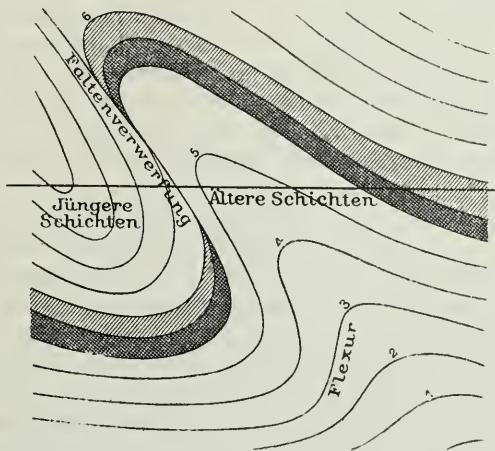
<sup>1)</sup> Credner, Elemente der Geologie, Leipzig 1902, S. 324.

Berg unter  $10^{\circ}$  bis  $20^{\circ}$  nach Norden einfallen, am Guggenberg am Kopfe stehen und bei Sulz  $56^{\circ}$  nach Süden verflächen, somit zwischen dem Ostrand der Karte und dem Peißenberge nach einer windschiefen Schraubenfläche gekrümmmt sind, welche sukzessive dieselben Stellungen einnimmt wie der Mittelschenkel der Flexuren und S-förmigen Falten 1–6 in der folgenden Skizze (Fig. 5).

Am Peißenberg ist der Mittelschenkel vollständig ausgequetscht, so daß hier der hangende Flügel, dem die zurzeit im Abbau stehenden Kohlenflöze angehören und der auch am Bühlach<sup>1)</sup> bloßgelegt ist, mit dem liegenden Flügel keinen Zusammenhang mehr besitzt.

Der durch Erosion abgetragene, durch Gletscher weggefeilte Rücken jener Falte, deren Spuren im Gebiete der Karte allein schon auf eine Erstreckung von zwei deutschen Meilen von Berg bis Ramsau verfolgt werden können, bildet über dem Hohen Peißenberg selber eine

Fig. 5.



Faltenüberschiebung.

gigantische Antiklinale, welche im Vereine mit jener an der Ammer eine dazwischenliegende Synklinale, nämlich die Peißenberger Kohlenmulde, im Norden und Süden begrenzt.

Bei der im Ammertal tatsächlich vorhandenen Schichtenfolge erscheint die Existenz des von G ü m b e l hier angenommenen Luftsattels, also einer dritten Antiklinale, zwischen den beiden anderen und an Stelle obiger Synklinale gänzlich ausgeschlossen.

Für die Begründung der G ü m b e l schen Hypothese käme sonach nur noch die von mir längs der Ammer aufgefundene Antiklinale, in

<sup>1)</sup> Das Kohenvorkommen am Bühlach beschreibt v. G ü m b e l [(2) S. 728, 729]. Nach Flurl wurden dortselbst (bei Peitingen) bereits in den Jahren 1598 bis 1603 von Hans Maier aus Augsburg und Georg Stange aus Sachsen Kohlen geegraben und davon 4000 Metzen jährlich an Feuerarbeiter nach Augsburg verkauft [(1) S. 28].

welcher der von Güm bel gesuchte, nach Norden überhängende Luftsattel erblickt werden könnte, allenfalls in Frage.

Aber auch die Möglichkeit dieser Annahme, welche Herr Professor Rothpletz in München vertritt, ist nicht gegeben.

Denn ebenso wie die Antiklinale am Peißenberg geht auch jene an der Ammer in eine große nach Süden verflächende Faltenverwerfung über, an welcher die Schichten abgequetscht und mit Schleppung ihrer Enden derartig übereinander geschoben wurden, daß die dem liegenden Faltenflügel (Fig. 5) angehörigen Kohlenflöze unter dem Ammertal fortsetzen und auf der Südseite der Peißenberger Mulde bloß ein sehr schmaler Streifen Cyrenenmergel mit dem hangendsten Kohlenschieferflözchen zum Ausbiß gelangt, wie folgende Betrachtung zeigt.

Die symmetrisch rückläufige Schichtfolge zu beiden Seiten der Antiklinale wird unmittelbar an der Ammer unterbrochen. Dies ist am deutlichsten nächst der Böbinger Brücke zu beobachten, weil daselbst jene Partie der unteren bunten Molasse, welche zwischen dem Südrande der Karte und der südlichsten Konglomeratbank zutage tritt, nördlich des Sattels nicht mehr wiederkehrt, sondern statt derselben die jüngsten kohlenführenden Cyrenenschichten bei Schendrichwörth mit einem Flözchen erscheinen, welches auch im 34. Meter des Unterbaustollens [(19) S. 331], am Nordflügel der Peißenberger Mulde, durchfahren wurde und westlich von St. Georg im Graben unterhalb Hölzl ausstreckt.

Knapp über dem Schieferflözchen beginnt an beiden Muldenflügeln die obere bunte Molasse, welche aus weichen, gelblich, bläulich und rötlich gefleckten tonigen Schichten oder milden Sandsteinen zusammengesetzt ist, in denen hie und da (siehe S. 310) kleine linsenförmige Konglomerateinlagerungen zu finden sind. Während in der oberen bunten Molasse Kalkkonkretionen sehr häufig vorkommen, so zum Beispiel an der Straße in der Schnalz, nördlich vom Ammersteg, fehlen dieselben fast gänzlich in der vorherrschend aus harten, hauptsächlich rotfarbigen Gesteinsschichten bestehenden unteren bunten Molasse, die an der Ammer bis zu 10 m mächtige Konglomeratbänke enthält.

Das zwischen denselben südlich der Böbinger Brücke aufgeschlossene Krebsbachflöz, welches der Gruppe der Philippflöze<sup>1)</sup> im Hauptzuge der Konglomerate zuzuzählen ist, unterscheidet sich nicht nur durch seine vorzügliche Kohlenqualität, durch das Fehlen jeglicher Petrefakten, sondern auch durch die benachbarten Gesteinsschichten sehr wohl von dem nördlich der Ammer, längs der Grenze zwischen der oberen bunten Molasse und den oberen Cyrenenschichten bekannt gewordenen Kohlenschieferflöz, welches bei Schendrichwörth am Südflügel und bei St. Georg am Nordflügel der Peißenberger Mulde in Begleitung von zahlreichen Cerithien, vereinzelten kleinen Cyrenen

<sup>1)</sup> Nach Korschelt [(14) S. 51] besitzt die Kohle der Philippflöze einen wesentlich anderen Charakter als jene der hangenden Flöze der Haushamer Mulde. Sie ist hart, körnig im Bruche, wetterbeständig, ungeeignet zum Schram, von großem Gewichte, neigt zu Übergängen in schwarzen Stinkstein und zeigt bei der Bearbeitung mit dem Eisen einen rötlichbraunen Strich.

und mehreren Stinksteinbänkchen ausstreichet. Durch die Lücke in der symmetrisch wiederkehrenden Schichtenfolge *a*, *b*, *c*, *c—a* zwischen älteren Gesteinen im Hangenden und jüngeren im Liegenden gibt sich an der Ammer ebenfalls eine Überschiebung zu erkennen, die längs des Flußlaufes an der Nordseite der in Rede stehenden Antiklinale nach Osten und Westen fortsetzt und von einem System kleiner, paralleler Falten und Sprünge begleitet wird, welche an der Ammerleite die sogenannte „Schuppenstruktur“ erzeugen [(22) S. 94], die sich an dem Schichtenbau insbesondere bei St. Nikolaus an der Eyach wahrnehmen läßt. Zu der längs der Ammer nachgewiesenen Sprungzone gehört als äußerster Ausläufer am Westrande der Karte die südlich von Ramsau, am Fuße des Schnaitberges bei Kote 816 von mir aufgefundene Schichtstörung, die hier durch den jähn Wechsel im südlichen Verflachen auffällt, das von  $5^{\circ}$  plötzlich auf  $60^{\circ}$  steigt.

Nachdem die jüngsten und ältesten kohlenführenden Schichten sowie die untere und obere bunte Molasse an der Ammer beinahe aneinanderstoßen, muß die Überschiebung eine bedeutende Sprunghöhe besitzen; letztere dürfte der Mächtigkeit der oberen Cyrenenschichten nahezu gleichkommen.

In den beiden großen streichenden Faltenverwerfungen am Peißenberg und an der Ammer hat man es offenbar mit ähnlichen Dislokationen (*y*, *z*) zu tun, wie dieselben auch in den übrigen Teilen des Kohlenreviers an der miocänen Grenze sowie zwischen den einzelnen Kohlenmulden, insbesondere zwischen der Miesbacher und Haushamer bekannt geworden sind [(31) S. 39 ff., Taf. 1] und auch aus anderen gefalteten Gebieten beschrieben werden, zu deren charakteristischen Eigentümlichkeiten sie als Folgeerscheinung der stattgehabten Zusammenschiebung der Gebirgsschichten gehören, indem sie jene Bruchlinien darstellen, längs welcher die überkippten Teile nach Berstung der Falten abgesunken sind. (Siehe Profile aus den Alpen und dem Schweizer Jura nach Heim) [(9) S. 312], [(10) S. 666].

Im diametralen Gegensatze zu diesen Tatsachen steht die Auffassung des Herrn Professors Rothpletz, welcher die Störungen in der Zerrüttungszone an der Ammer nur für kleine Sprünge hält [(35) S. 381] und die untere sowie die obere bunte Molasse, „weil sie sich schwierig voneinander unterscheiden lassen“, für ein und denselben Schichtkomplex erklärt [(35) S. 376].

Von Professor Rothpletz wird dabei jedoch übersehen, daß sämtliche Schichten der bunten Molasse ohne Rücksicht auf ihr Alter der gleichen Dauergesteinsart angehören und daß daher, wie bei allen isopischen Ablagerungen (siehe S. 307), selbst bei sehr wesentlichen Altersverschiedenheiten eine gewisse faziale Übereinstimmung der Schichten zum Vorschein kommen muß.

Sind doch die unteren und oberen Cyrenenmergel oder die Miesbacher und Haushamer Schichten auch nur schwierig, wenn überhaupt, voneinander zu trennen und doch gehören auch sie bekanntlich sehr verschiedenen oberoligocänen Altersstufen an.

Ebensowenig stichhaltig ist endlich auch sein Einwand, daß bisher nirgends am Nordrande der Alpen eine so junge bunte Molasse, wie die obere bei Peißenberg, nachgewiesen wurde [(35) S. 375]. Denn

das isolierte Vorkommen der Promberger Schichten bei Penzberg in der bayerischen Voralpenzone bietet doch auch kein Hindernis für die Altersbestimmung dieser marinen Ablagerung, welche eine Mittelstellung zwischen der unteren (oberoligocänen) und oberen (untermiocänen) Meeresmolasse ebenso einnimmt wie die obere bunte Molasse zwischen der unteren und den von Gumbel als „jüngere Süßwassermolasse“ bezeichneten versteinerungsleeren neogenen Schichten.

Aus diesen eklatanten Beispielen geht mit Sicherheit hervor, daß die bloße Ähnlichkeit der unteren und oberen Molasse kein Argument für die zeitliche Äquivalenz dieser beiden Schichtengruppen bilden kann. (Siehe S. 284.)

Daraus ergibt sich zugleich die Haltlosigkeit der Rothpletzschen Auffassung, nach welcher sämtliche Schichten zwischen dem Ammersattel und dem Peißenberge überkippt wären, wobei sich die Kohlenflöze an der Peißenberger Längsverwerfung auch in der Tiefe, also zweimal abstoßen würden [(35) S. 381].

Faßt man obige Erörterungen zusammen, so gelangt man zu dem Schlusse, daß ein Beweis für die Gumbelsche Hypothese gar nicht existiert, gegen welche endlich auch die im Bergbau Peißenberg beobachtete Stellung der Schichten spricht, die im Hauptquerschlag des zweiten Tiefbaues in der Nähe der Flöze mit  $52^{\circ}$  in die Tiefe schießen und beim Füllort des Förderschachtes unter  $45^{\circ}$  nach Süden einfallen, sich sonach gegen die Muldenmitte zu flacher legen, wie dies in meinem auf Taf. VII abgebildeten Profil von Peißenberg dargestellt ist, welches mit keiner bisher bekannt gewordenen, geologisch wichtigen Tatsache im Widerspruch steht und daher als das zutreffendste zu erachten sein dürfte.

### b) Die Identifizierung der Penzberg-Peißenberger Schichten.

Für die Richtigkeit meiner stratigraphischen Diagnose, die für die Bewertung des Peißenberger Kohlenfeldes ein günstigeres Resultat ergibt, fand ich einen schlagenden Beweis in dem Vorkommen der quarzigen Leitschichten, welche sich durch ihr fremdartiges Material von den Dauergesteinen der Molasse unterscheiden und, wie aus den Profilen der oberbayrischen Bergwerke ersichtlich [(31) S. 39 ff.], über das ganze Revier verbreitet sind<sup>1)</sup>.

Zu diesen quarzigen Leitschichten in Peißenberg gehören:

1. Die längs der Ammer mit den ältesten Schichten des Peißenberger Gebietes emporgehobenen Quarzkonglomerate der Bausteinzone, in deren Begleitung mehrere Kohlenflöze erscheinen, nämlich: im Krebsbachl ein Flözchen mit 25 cm Kohle; ferner im Graben an der

<sup>1)</sup> Der untere Glassand wurde auch in Au bei Aibling in der Nähe des alten Achtalschachtes im nördlichen Auer Hauptquerschlag bei 1080 m Ortslänge vom Stollenmundloch in typischer Beschaffenheit durchfahren und hier von mir in den Jahren 1890—1892 wiederholt untersucht. Handstücke von diesem nicht mehr zugänglichen Fundpunkte, den Herr Bergverwalter A. Bürklein ebenfalls aus eigener Ansicht kennt, dürften sich noch in der Gesteinssammlung der Bergwerksdirektion in Miesbach befinden [(31) S. 43].

Ammerleite, nordwestlich von Thalmühl, fünf Ausbisse in nachstehender Reihenfolge von N nach S mit zahlreichen großen Cyrenei und Cerithien, und zwar *a)* mit 12 cm Kohle, *b)* mit 20 cm Stinkstein, 25 cm Kohle und 20 cm Kohlenschiefer, *c)* mit 25 cm Kohle und 15 cm Stinkstein, *d)* mit 30 cm Stinkstein und 25 cm Kohle, *e)* mit 100 cm Stinkstein, 40 cm Kohle und 40 cm Stinkstein; endlich die Flözausbisse an der Ammer Umbiegung in der Schnalz mit 30 cm Kohle, 15 cm Stinkstein und 12 cm Kohle, mit denen ebenfalls große Cyrenen und Cerithien und zwei über 1 m mächtige Kalkmergelbänke auftreten, welche insgesamt ebenso wie das Flöz der Grube „Schwarze Erde“ in Eschelsbach südlich von Rottenbuch an der Ammer der Gruppe der Philipp- oder Kamerloher Flöze im östlichen Teile des Kohlenreviers zuzurechnen sind.

2. Die Doppel Lage der durch ihren hohen Quarzgehalt und durch die Beimengung reiner Kaolinerde gekennzeichneten Glassände, welche in der Grube, wie im Profil von Peißenberg (Taf. VII) dargestellt, im Hangenden der bauwürdigen Flöze aufgeschlossen wurden und am Ausgehenden insbesondere bei Schächen und Fuchshöll bekannt geworden sind, woselbst auch unsere heimischen Höhlenbewohner, Fuchs und Dachs, seit jeher mit Vorliebe ihre unterirdische Behausung in diesen Sanden aufschlagen.

Der oft fast schneeweisse, mitunter aus nahezu reinem Quarz und Kaolin bestehende untere Glassand wurde in Schächen beim Neubau des Daiserschen Wirtschaftsanwesens, knapp neben der Bezirksstraße, in typischer Beschaffenheit bloßgelegt und läßt sich von da über den Hauptstollen, wo er zwischen Flöz Nr. 1 und Nr. 4 durchfahren wurde, ferner über den Gallenbauerhof bis gegen Bad Sulz verfolgen; hier wurde er im Graben 60 m südlich vom Mundloch des alten Mittelstollens von mir wieder aufgefunden.

Vielfach enthält der untere Glassand Bänke eines grobkörnigen, weichen, weißen Psammits, welcher am frischen Bruche, da das Bindemittel aus Kaolin besteht, das Aussehen eines mit Weißkalk angerührten, erhärteten Mörtels besitzt.

Durch diesen Vergleich glaube ich für jemanden, der den unteren Glassand im anstehenden Gebirge noch nicht gesehen hat, ein ungefähres Bild von der Beschaffenheit gewisser charakteristischer Zwischenlagen dieser Leitschicht geben zu können.

Der durch tonige Beimengungen mehr verunreinigte, weniger gut aufbereitete obere Glassand, in welchem die mortelartig aussiehenden Gesteinsbänke fehlen, liegt in einem normalen Abstande von zirka 200 m über dem unteren Sande und streicht bei Fuchshöll aus.

Die Beschaffenheit und Aufeinanderfolge dieser beiden quarzigen Leitschichten sowie die Mächtigkeit ihres Zwischenmittels ist sonach am Peißenberg die nämliche wie in der Nonnenwaldmulde des benachbarten Penzberger Grubenfeldes [(26) S. 282, (31) S. 60, Taf. IV, Prof. VIII].

Da über die dortigen Lagerungsverhältnisse absolut kein Zweifel besteht und man sicher weiß, daß der untere Glassand tatsächlich die ältere und der obere die jüngere Schicht ist, muß auch

in der Grube Peißenberg das wahre Hangende oben und das wahre Liegende unten sein.

Für die Identifizierung der übrigen Peißenberg-Penzberger Schichten gibt, wie überall im oberbayrischen Kohlenrevier, der gleiche normale Abstand von der nächsten Leitschichte die besten Anhaltspunkte (siehe S. 285), weil die Ablagerung der Molasse ursprünglich in regelmäßiger konkordanter Schichtung erfolgte, welche bekanntlich aus allen Profilen ersichtlich ist.

Als zeitliche Äquivalente werden daher die Dauergesteine im Hangenden, beziehungsweise im Liegenden der Glassande in Peißenberg durch jene über, beziehungsweise unter diesen Leitschichten in Penzberg vertreten.

Es entspricht also einerseits die Hauptgruppe der bauwürdigen Flöze in Peißenberg jener in Penzberg, weil sich beide im Liegenden der Doppellage der Glassande befinden. Und es ersetzt andererseits die obere bunte Molasse in Peißenberg die Promberger Schichten in Penzberg, welche beide über der Doppellage der Glassande liegen, in gleicher Weise, wie die untere bunte Molasse in Penzberg die kohlenführenden Cyrenenmergel von Hausham vertritt, welche beide über dem Hauptzuge der Konglomerate im östlichen Revier gleichzeitig abgelagert worden sind (siehe S. 302).

Diese Verhältnisse bilden ein instruktives Beispiel für die im ersten Abschritte erörterte Tatsache, daß ein und derselbe Schichtenkomplex infolge einer eingetretenen Neigung des Untergrundes durch die Faziesverschiedenheiten der bathymetrischen Zonen total verändert werden kann (siehe S. 284).

Nachdem in Penzberg die Schichtenmächtigkeit zwischen dem unteren Glassande und der Bausteinzone rund 1000 m beträgt, läßt die Konkordanz der Schichtung auf einen ähnlichen Abstand des unteren Glassandes über dem Hauptzuge der Konglomerate auch in Peißenberg schließen, welch letzterer daselbst längs des großen Schichtenaufbruches an der Ammer infolge der Gebirgsfaltung mit der unteren bunten Molasse zum Vorschein kommt.

Da ferner im Liegenden der Bausteinzone nicht nur in Hausham und Penzberg, sondern auch im Oberlaufe der Ammer untere Meeresmolasse abgelagert ist (siehe Profil von Peißenberg nach Saulgrub, Taf. VII), besitzen die quarzigen Leitschichten im Liegenden die gleiche und im Hangenden eine verschiedene Fazies.

Wie bereits früher erörtert wurde (siehe S. 284), weist erstere auf die Unveränderlichkeit, letztere auf einen Wechsel in den Bildungsumständen zur Zeit der Ablagerung hin. Ein solcher kann nur durch eine Änderung der Tiefenverhältnisse und des Salzgehaltes in den einzelnen Teilen der oligocänen Meeresbucht bedingt worden sein und ist offenbar auf jene geotektonischen Bewegungen zurückzuführen, deren Endstadium sich an der stattgehabten Zusammenstauchung der Molasseschichten in ein isoklines Falten-system heute noch erkennen läßt. Aus diesem Grunde glaube ich auch der Vermutung Raum geben zu dürfen, daß die Ablagerung der quarzigen Leitschichten im oberbayrischen Kohlenrevier, da sie jenen zwei größeren Senkungen vorangegangen ist, welche die Auf-

schüttung der Sedimente überholten, mit diesen oligocänen, wellenförmigen Faltungsphasen im ursächlichen Zusammenhange stand, die sich, wie das Wandern der Fazies beweist, von Süden nach Norden und von Westen nach Osten am Fuße der Alpen fortgepflanzt haben.

Bereits im Jahre 1891 erkannte ich die normale Lagerung der Peißenberger Flöze und habe dieselben in einem Profil dargestellt, das sich seither im Besitze der oberbayrischen Aktiengesellschaft für Kohlenbergbau in Miesbach befindet.

Schon damals gewann ich die Überzeugung, daß die Gümbelesche Trennung der älteren Molasse in die zwei Abteilungen des mittleren und oberen Oligocäns unzutreffend sei, habe diese Auffassung 1893 in meiner „Geologischen Skizze über das oberbayrische Kohlenrevier“ [(16) S. 382] durch die Gliederung der Oligocänmolasse in vier gleichaltrige Faziestypen in Kürze dargelegt und dabei die Bedeutung der quarzigen Leitschichten für die Identifizierung betont<sup>1)</sup>.

Meine Ansicht über die normale Lagerung der Peißenberger Flöze wurde von allen Fachgenossen, welche das Vorkommen der Glassande auch in den übrigen Teilen des Reviers kennen gelernt und genauer untersucht hatten, wie zum Beispiel von dem technischen Direktor der oberbayrischen Aktiengesellschaft für Kohlenbergbau in Miesbach L. Hertle (24) und seinen dermaligen Nachfolger Dr. K. A. Weithofer geteilt [(26) S. 270], welcher letzterer 1902 ausdrücklich darauf hinweist, daß durch den Nachweis der beiden Glasschichten, den ich seinerzeit bereits geliefert hätte, die Frage des Obens und Untens der Peißenberger Ablagerung zur Befriedigung gelöst sein dürfte [(31) S. 62].

Inzwischen war auch auf paläontologischem Wege das oberoligocäne Alter der unteren Meeressmolasse durch Wolff 1896 festgestellt worden, welcher den faunistischen Unterschied zwischen der letzteren und den oberoligocänen Cyrenenmergeln mit der Faziesentwicklung der Molasse begründet [(23) S. 297—299].

Hierdurch hat auch Wolff den Nachweis für die geologische Gleichwertigkeit zweier grundverschiedener Schichtengruppen der Molasse erbracht, welche von Gümbele für verschiedene Altersstufen gehalten wurden [(2) S. 687, (11) S. 912, 926, (19) S. 313, 323, 338, 344].

Zur Deutung der Beziehungen zwischen den übrigen Faziestypen der Molasse und für die Klarstellung der stratigraphischen Verhältnisse des Peißenberger Gebietes, insbesondere des Überganges der Faltenüberschiebung in eine einfache Flexur standen Wolff ergänzende Beobachtungen leider nicht zu Gebote [(23) S. 227].

Einen weiteren Nachweis für die normale Lagerung der Peißenberger Flöze versuchte im Jahre 1900 v. Ammon auf Grund eines Daimonhelixfundes, welcher in früheren Jahren beim Schachtabteufen

<sup>1)</sup> Rothpletz, der mich als den ersten bezeichnet: welcher 1893 der neuen Auffassung öffentlich das Wort redete, hatte die letztere jahrelang selber, auch noch als Referent der Bärtlingschen Dissertation vertreten, bis ihm das Vorkommen von fossilen Wellenfurchen in der Grube Peißenberg bekannt wurde.

in Peißenberg gemacht wurde [(27) S. 69]. Bei der problematischen Natur dieses Fossils und seinem vereinzelten Vorkommen dürfte jedoch den Schlüssen, die sich allenfalls daraus ziehen lassen, nur untergeordnete Bedeutung beizumessen sein.

Als unzutreffend muß ich die Folgerungen bezeichnen, welche 1902 Bergreferendar Bärtling und 1904 Professor Rothpletz für die Lösung des Peißenberger Problems aus der Beschaffenheit der in Begleitung der Leitschichten auftretenden Dauergesteine ableiten.

Während Bärtling den Wert der Glassande für die Identifizierung der Peißenberg-Penzberger Schichten durch die Ähnlichkeit des Nachbargesteines bedeutend erhöhen zu können glaubt [(31) S. 5, 14], versucht dagegen Rothpletz auf Grund der Verschiedenheit dieses Gesteines die Identität obiger Leitschichten zu bestreiten [(35) S. 375].

Beide gehen von der Anschauung aus, daß gleichaltrige Dauergesteine stets ein und dieselbe und ungleichaltrige Ablagerungen jeder Zeit verschiedene Beschaffenheit besitzen. Bereits früher wurde mehrfach dargelegt, daß diese Voraussetzung keineswegs unbedingt zutreffen muß.

Aus diesem Grunde kann weder die Tatsache, daß im Hangenden des oberen Glassandes in Peißenberg bunte Molasse, in Penzberg dagegen marine Promberger Schichten abgelagert sind, noch der Umstand, daß zwischen und unter den Sanden in den Cyrenenmergeln in Peißenberg marine Einlagerungen vorkommen, während dies in Penzberg nicht der Fall ist, noch endlich die ungleiche Anzahl der Flöze in beiden Gruben, welche in Peißenberg ohne das Kohleschieferflöz 23, in Penzberg 24 beträgt, als ein Beweis gegen die Identität der beiderseitigen Glassande gelten, wie Rothpletz irrtümlich behauptet [(35) S. 375], der übrigens anderwärts selber zugibt, daß sich ein Kohlenflöz vielfach von einem bis zum anderen Muldenflügel auskeilt [(35) S. 380]. Bei der Absättigkeit und geringen Mächtigkeit der oberbayrischen Kohlenflöze, die oft nur ein bis zwei Dezimeter beträgt, ist dies sogar eine sehr häufige Erscheinung.

Bei der Identifizierung der Schichten in entlegenen Teilen des Kohlenreviers kann es sich immer nur um analoge Flözgruppen und nicht um einzelne Kohlenflöze handeln<sup>1)</sup>, wie ich dies bereits 1893 darlegte [(16) S. 382], da eine faunistische Scheidung der Cyrenenmergel im allgemeinen unmöglich ist, was auch Wolff bestätigt [(23) S. 299].

Gegen die Identität der Glassande in Peißenberg und Penzberg führt Rothpletz schließlich auch das Fehlen weiterer Ausbisse

<sup>1)</sup> Die Gumbelsche Identifizierung der Peißenberg-Penzberger Flöze, welche sich insbesondere auf das Auftreten sogenannter Augen- oder Kreiselkohle in Flöz Nr. 16 beider Gruben stützt [(2) S. 335, 336], doch mit dem Vorkommen der Glassande im Widerspruch steht, ist unzutreffend. Die Augenkohle wurde von mir nicht nur in anderen Peißenberger Flözen, sondern auch in jenen der Bausteinzone zwischen Steingaden und Lechbrück gefunden.

derselben zwischen den beiden Gruben an, welche ungefähr drei geographische Meilen voneinander entfernt liegen [(35) S. 374].

Doch auch dieser Einwand ist unbegründet, weil man in jenem Zwischengebiete infolge der glazialen Überlagerung überhaupt keine oligocänen Aufschlüsse bisher kennt und die Glassande noch neun Meilen östlich von Peißenberg in Au bei Aibling in typischer Beschaffenheit nachgewiesen worden sind. Dies spricht dafür, daß sie über das ganze Gebiet der einstigen oligocänen Seichte förmlich wie in einem Guß abgelagert wurden.

Hinsichtlich dieser Leitschichten zeigt das oberbayrische Kohlenrevier eine gewisse Analogie mit den tertiären Braunkohlenfeldern Norddeutschlands, in welchen ebenfalls meist sehr ausgedehnte, aber geringmächtige Zwischenlagen von weißem Glas- oder Formsand vorkommen [(22) S. 340, 341].

An dem Gehänge südlich der Ortschaft Berg habe ich jenen untermiocänen, glaukonitischen, grobkörnigen Sandstein mit einzelnen Kohlenspuren und zahlreichen großen Exemplaren der *Ostrea crassissima* wiedergefunden, welcher nach v. Gumbel im Hauptstollen bei 349 m Ortslänge an der Grenze zwischen den oberoligocänen Cyrenenmergeln und der jüngeren Meeresmolasse durchörtert wurde [(2) S. 726, 40, (19) S. 331, 333]. — Unter den bisher bekannt gewordenen Schichten der letzteren ist er die älteste.

Da die Lagerung hier nahezu horizontal und offenbar ungestört ist, dürften sich daselbst an der Formationsgrenze wirklich die tiefsten untermiocänen und die höchsten oberoligocänen Schichtenlagen in ihrer natürlichen Reihenfolge übereinander vorfinden. Am Peißenberg ist dies wegen der Längsverwerfung nicht der Fall.

Der von Wolff vergeblich gesuchte Aufschluß, durch welchen man fragliche Grenzschichten und deren Mächtigkeit mit Sicherheit feststellen könnte [(23) S. 227], würde am leichtesten hier zu erhalten sein.

Damit ist jedoch nicht gesagt, daß sie überall den gleichen Faziescharakter besitzen müssen; denn sie bilden mit Ausnahme jener glaukonitischen Sandsteinlage, welche sich bis in den Kaltenbach nördlich von Au bei Aibling verfolgen läßt und zu den miocänen Leitschichten gehört, offenbar auch nur territoriale Horizonte.

Daß bei Berg unter der jüngeren Meeresmolasse die obere bunte Molasse liegt, wäre möglich. Doch ist es auch denkbar, daß sich die letztere, weil im oberbayrischen Kohlenrevier nach Ablagerung der quarzigen Leitschichten eine Änderung der Tiefenverhältnisse eintrat, nach Osten hin auskeilt und bei Berg bereits durch eine andere Fazies vertreten wird, wie dies bei der unteren bunten Molasse in Penzberg ebenfalls zutrifft, die trotz ihrer bedeutenden Mächtigkeit von zirka 650 m auf eine Entfernung von 8 km nach Osten hin vollständig verschwindet, indem sie zwischen Loisach und Isar in Cyrenenmergel übergeht.

Vielleicht wird ein solcher Übergang auch schon in Peißenberg durch den über 100 m mächtigen Cyrenenmergelkomplex angedeutet, welcher daselbst zwischen der oberen bunten Molasse und dem oberen Glassande eingeschaltet ist.

Nach Walther ist die Ursache der Verschiedenheit der in einem Profil übereinanderliegenden Gesteine das Wandern der Fazies [(18) S. 621].

Es wurde im oberbayrischen Kohlenrevier durch das Fortschreiten der geotektonischen Bewegung bedingt und erklärt nicht nur die Abweichungen der Schichtenfolge in den Profilen von Hausham, Penzberg und Peißenberg, sondern auch das spurenweise Erscheinen der bunten Molasse im Liegenden der Miesbacher Flözgruppe [(31) S. 65] sowie das Auftreten einzelner geringmächtiger Einlagerungen von älterer Meeresmolasse in der Bausteinzone (Übergangszone) der Haushamer Mulde [(14) S. 49] oder das Vorkommen jener schwachen, marinen Zwischenlagen mit Petrefakten der Promberger Schichten im Liegenden des oberen Glassandes in Peißenberg, an welchen der von Bärtling unternommene Identifizierungsversuch gescheitert ist.

Da seine in den Geognostischen Jahresheften, München 1903, veröffentlichte Dissertation vielfach ein unrichtiges Bild von den geologischen Verhältnissen des Peißenberger Gebietes gibt, dürfte die Berichtigung der unzutreffenden Darstellungen hier gerechtfertigt erscheinen.

Bärtling glaubt, die Promberger Schichten Penzbergs auch in Peißenberg im Hangenden des oberen Glassandes gefunden zu haben [(33) S. 14, 26]. Selbst wenn dies der Fall wäre, würde dadurch der Wert der Leitschichten für die Identifizierung aus bekannten Gründen nicht erhöht werden (siehe S. 284).

Nun kommen Versteinerungen wie in den Promberger Schichten mehrfach am Peißenberg vor, aber immer nur im Liegenden des oberen Sandes, und zwar in vereinzelten geringmächtigen, marinen Zwischenlagen, so bei Flöz Nr. 7, in der Schichtengruppe zwischen den beiden Glassanden, welche in den Hauptquerschlägen sowie in den ersten 200 m des Tiefstollens verquert wird und im Sulzer Steinbruch zutage ausstreckt. An allen den genannten Punkten kann man *Cyrena gigas*, *Pholadomya* und andere Petrefakten der Promberger Schichten heute noch finden<sup>1)</sup>.

Schon v. Gümbel berichtet bereits 1861 von einer marinen, grobkörnigen Sandsteinschicht, welche im Unterbaustollen am Hohen Peißenberg im 150. Lachter — also zwischen den beiden Glassandlagen — durchfahren wurde, sowie von den im Steinbrüche bei Bad Sulz am Ostfuße des Hohen Peißenberges aufgeschlossenen feinkörnigen, graulichen und gelblichen Sandsteinen mit *Lutraria Sana*, *Panopea Menardi*, *Pholadomya alpina* etc. und bemerkt, daß auch die letzteren Schichten der dem Cyrenenmergel südlich vorgelagerten Sandsteinschicht, welche bei der Steinfallmühle besonders häufig *Mytilus aquaticus* umschließt, entsprechen dürften [(2) S. 692, 693].

Auch Wolff führt 1896 das Vorkommen der *Pholadomya Puschi G.*

<sup>1)</sup> Infolge der im Tiefstollen sichtbaren Verwerfung ist der untere Glassand daselbst nicht aufgeschlossen und erscheint hier nur die im Hangenden des letzteren bekannt gewordenen Sandsteinbänke in flacher Lagerung, welche übertags nächst dem Quellenhäuschen bei Bad Sulz anstehen.

im Steinbrüche bei Bad Sulz, im Tiefstollen und Mittelstollen sowie jenes der *Cyrena gigas* bei Flöz 7 in Peißenberg und in der Promberger (Nonnenwald-) Mulde an [(23) S. 249, 257, Taf. XXII und XXIV].

Als Bärtling 1902 auf die Promberger Petrefakten im Steinbrüche bei Bad Sulz stieß, folgerte er irrigerweise, daß diese Schichtenpartie hier ebenso wie in Penzberg im Hangenden der Doppel Lage der Glassande liegen müsse [(33) S. 14] und konstruierte den Verlauf dieser Leitschichten in seiner geologischen Karte des Hohen Peißenberges am Vorderberg unrichtig, was leicht daraus zu ersehen ist, daß Flöz Nr. 1 nach seiner Karte dahin zu liegen kommt, wo in Wirklichkeit im Mittelstollen (bei Bad Sulz) Flöz Nr. 9 durchfahren wurde.

Die Fortsetzung der gleichen marinen Zwischenlagen in der westlichen Grubenhälfte und ihr Auftreten bei Flöz Nr. 7 wurde von ihm jedoch ignoriert [(33) S. 15].

Sein Versuch, einen Beitrag zur Lösung des Peißenberger Problems auf Grund des Vorkommens der Promberger Petrefakten zu erbringen, ist, weil sich dieselben tatsächlich nirgends in Peißenberg über dem oberen Glassande befinden, als gänzlich mißlungen zu bezeichnen.

Im Steinbrüche bei Bad Sulz will Bärtling auch zahlreiche Steinkerne von Pholadengängen (Bohrmuschelröhren) entdeckt haben und führt darüber zur weiteren Begründung der normalen Lagerung der Peißenberger Flöze folgendes aus:

„Diese Pholadengänge geben das jetzige Hangende auch als wirkliches Hangendes an, da sie so im Gesteine stecken, daß das untere keulenaartig verdickte Ende sich auch wirklich unten befindet, und da die Gänge, die im Standstein stecken, mit dem darüber liegenden sandigen Sandstein ausgefüllt sind“ [(33) S. 26].

Nachdem aber alle Pholaden, wie auch Zittel darlegt [(7) S. 138], bekanntlich horizontale, gerade oder gebogene Gänge bohren, welche wohl zum Nachweis ehemaliger Strandlinien von Wichtigkeit sind, doch keine Schlüsse auf die Ober- oder Unterseite einer Schicht ziehen lassen, da ferner derartige Bohrgänge im Sulzer Steinbruch überhaupt nicht vorkommen, auch anderwärts in der südbayrischen Oligocänmolasse bisher nicht gefunden wurden, sind obige Angaben Bärtlings ebenfalls auf unrichtigen Beobachtungen fundiert.

Augenscheinlich liegt hier eine Verwechslung mit *Cylindrites*, *Fucoiden* [(21 S. 25, 34) oder *Stylolithen* [(17) S. 534] vor, die das Gestein quer durchziehen und in diesen Fällen eine Bestimmung der Ober- oder Unterseite der Gesteinsbank nicht ermöglichen.

An dieser Stelle halte ich es auch für geboten, darauf hinzuweisen, daß seine Annahme einer großen Transversalverschiebung, welche das ganze Grubenfeld in einer für die Ausbeute nachteiligen Weise von Station Sulz bis über die Böbinger Brücke hinaus quer durchsetzen würde, jeglicher Begründung entbehrt. Denn bei Bad Sulz läßt sich nur ein Auskeilen der oberen Meeresmolasse konstatieren und der Schichtensattel an der Ammer setzt ungestört vom

Krebsbachl über den östlichen Seitengraben fort, woraus die Unrichtigkeit der in den Geognostischen Jahresheften 1903 gegebenen Darstellungen [(33) S. 27, Fig. 3] hervorgeht, welche ebenso wie die daselbst veröffentlichten, nachstehend kurz angeführten, eine befremdende Unklarheit über die geologischen Verhältnisse des im Herzen des Landes gelegenen, wichtigen bergärarialischen Peißenberger Kohlenfeldes neuerdings verraten.

So ist die große Faltenverwerfung an der Ammer, auf die ich bereits 1893 hinwies [(16) S. 282], in jener Karte willkürlich an Punkten angedeutet, wo in der Natur nichts davon wahrzunehmen ist, ein Umstand, der natürlich zu Zweifeln über die Existenz dieser bedeutungsvollen Längsverwerfung Anlaß geben kann [(35) S. 381] und den Zweck der Karteneinträge illusorisch macht.

Die am Vorderberg verzeichneten, von NO nach SW verlaufenden, scheinbar beträchtlichen Sprünge verwerfen in Wirklichkeit höchstens um Flözbreite, also nur um 1—2 m, und spielen in der Stratigraphie des Peißenberges weiter keine Rolle. Während sie jedoch aus den Grubenplänen, obgleich sie im Maßstabe 1 : 25.000 der Karte nicht mehr zum Ausdrucke kommen, in dieselbe übertragen wurden, vernachlässigte man hingegen die Angabe der im Tiefstollen heute noch sichtbaren Störungen mit einer Sprunghöhe von mehr als 60 m, welche um so bemerkenswerter sind, als sie das plötzliche Verschwinden der Schichtenpartien des unteren Glassandes mit den Flözen Nr. 1—5 erklären.

Es ist demnach nur zu begreiflich, daß auch die oft mehrere 100 m betragenden Orientierungsverstöße nicht auffielen, das Fehlen der für die Altersbestimmung der Dauergesteine an der Ammer höchst wichtigen Leitschichten der Quarzkonglomerate übersehen, die mangelhafte Kartierung der geologisch wertvollen Kohlenausbisse bei Schendrichwörth, Hölzl und sämtlicher in der Schnalz nicht beachtet und auch nicht bemerkt wurde, daß dort, wo letztere in der Natur in mächtig entwickelten Cyrenenschichten vorkommen, unzutreffende Einträge von bunter Molasse vorliegen.

Die Ausbisse am Ammerknie gehören nicht dem Gegenflügel der Bühlachflöze, sondern dem Hauptzuge der Konglomerate und der Bausteinzone an. Die Auffassung des Profils Bühlach-Schnalz-Talbach [(33) S. 29, Fig. 2] ist daher ebenfalls unrichtig, zumal die Kohlenflöze im Talbach eine in sich geschlossene kleine Mulde bilden, wie die symmetrisch rückläufige Schichtenfolge der bunten Molasse und der Quarzkonglomerate im Liegenden der kohlenführenden Cyrenenschichten daselbst erweist. (Siehe Profil von Peißenberg nach Saulgrub, Taf. VII.)

Die unmotivierte Angabe von Glassanden am Oberlaufe der Ammer zwischen Holzleiten und Schweineberg, von denen dort keine Spur vorhanden ist, bestätigt, daß man die charakteristischen Merkmale dieser Leitschichten überhaupt nicht kannte. Hierfür spricht auch die bereits früher erwähnte fehlerhafte Einzeichnung derselben am Vorderberg, im Liegenden des Sulzer Steinbruches sowie im Profil Merautberg—Hohen Peißenberg—Ammerleiten [(33) S. 14, 26, 29, Fig. 1].

Es wird nicht der obere Glassand, wie hier dargestellt, vom Hauptquerschlag im zweiten Tiefbau durchörtert, sondern nur der untere Glassand. Letzterer befindet sich in Wirklichkeit im genannten Querschlag zwischen 210 m und 275 m Ortslänge, vom Förderschachte gemessen, oder in einer horizontalen Entfernung von 60 m südlich von Flöz Nr. 6; die wahre Schichtentmächtigkeit zwischen dem unteren Glassande und Flöz Nr. 10 beträgt rund 100 m<sup>1)</sup>. Ungefähr an der Stelle des unteren Sandes ist in jenem Profil fälschlich der obere angenommen worden.

Da sich die Schichten bereits in der Nähe des Schachtes flacher legen und an der Ammer wieder emporgehoben worden sind, beträgt die Mächtigkeit der oberen bunten Molasse, welche über den kohlenführenden Cyrenenmergeln liegt, nicht, wie sich aus dem in den Geognostischen Jahressheften dargestellten Profil ergibt, zirka 1100 m, sondern nur etwa die Hälfte. Nach der unrichtigen Einzeichnung der Glassande und Flöze daselbst müßten sich die letzteren in ihrer hauptsächlichsten Erstreckung unter dem Ammertale zum größten Teile in Tiefen von 1000—2000 m befinden, in denen der Abbau schon wegen der hohen Wasserhaltungskosten nicht mehr lohnend wäre.

Dies ist jedoch nicht zu befürchten; denn nach meinem auf Taf. VII [I] abgebildeten, mit keiner bisher bekannt gewordenen geologisch wichtigen Tatsache im Widerspruch stehenden Profil von Peißenberg dürfte die Gruppe der bauwürdigen Flöze unter dem Ammertale im Muldentiefsten, ähnlich wie in der Nonnenwaldmulde in Penzberg oder wie in der Haushamer Kohlenmulde, bis zu einer Maximalteufe von ungefähr 1000 m reichen, ein Umstand, der dem Bergbaue in Peißenberg eine genügende Nachhaltigkeit des Kohlenvermögens für einen dauernden Betrieb selbst bei einer Jahresproduktion von zweihunderttausend Tonnen sichert<sup>2)</sup>.

## VII. Kontrolle der Schlussfolgerungen durch die Erscheinungen auf den Schichtflächen.

Eine einfache Kontrolle für die Richtigkeit meines in den früheren Abschnitten erbrachten Nachweises der normalen Flözlagerung in Peißenberg ermöglichen, unabhängig von der Faziesentwicklung der Molasse, die in der dortigen Grube in den letzten Jahren mehrfach beobachteten Erscheinungen auf den Schichtflächen der Gesteinsbänke, insbesondere die Wellenfurchen, Kriechspuren und Fließwülste.

Fossile Wellenfurchen (Ripplemarks, rides de fond) in der Molasse werden zuerst von v. Gumbel angeführt, welcher 1861 von

<sup>1)</sup> Die Mergeltonschichte, in welcher in Peißenberg ein Daimonhelixfund gemacht wurde, liegt 15 m über dem oberen und 230 m über dem unteren Glassande. In den Geognostischen Jahressheften, München 1900 [(27) S. 59], ist bei dieser Angabe ein Druckfehler unterlaufen.

<sup>2)</sup> Die dermalige Kohlenförderung der Grube Peißenberg beträgt über 100.000 t jährlich.

merkwürdigen, mit Unebenheiten des Wellenschlages, Rippen, Rinnen und Streifen bedeckten Sandsteinen berichtet, die in den Steinbrüchen an der Lechenge bei Dietringen, nächst Roßhaupten, nördlich von Füssen vorkommen und das Erzeugnis einer Uferbildung sind; ihre Entstehung erklärt er folgendermaßen: „Die sandigen Ablagerungen wurden offenbar am Strande zeitweise vom Wasser verlassen, trocken gelegt und bekamen dadurch Austrocknungsrisse, welche bei erneuter Überflutung, mit Sand ausgefüllt, jene die Schichtenflächen jetzt bedeckenden Wülste und Rippen darstellen“ [(2) S. 730].

Auch von Korschelt werden 1890 Wellenfurchen in der Molasse erwähnt [(14) S. 49] und als versteinerter Wellenschlag bezeichnet, welcher sich ganz allgemein in den Cyrenenschichten findet, auf den Ablösungsflächen der die Konglomerate der Bausteinzone begleitenden weicheren Schiefer erscheint und sehr häufig über große Erstreckungen hin aus wellenförmigen Vertiefungen besteht, welche die größte Ähnlichkeit mit den Bildungen zeigen, wie sie am Grunde flacher Seeufer beobachtet werden können. Als Beispiel, an welchem man diese Erscheinung am besten sehen kann, führt Korschelt den Steinbruch beim Bierhäusl an der Leitzach östlich von Miesbach an.

Alsdann hat Fuchs 1895 einen schönen Aufschluß von Wellenfurchen in einem großen Steinbruche unmittelbar hinter dem Löwendenkmal in Luzern beschrieben und dabei zuerst darauf hingewiesen, daß aus der Form der fossilen Wellenfurchen die ursprüngliche Ober- oder Unterseite der Gesteinsbänke leicht zu erkennen sei. Fuchs führt darüber folgendes aus:

„Denkt man sich Ripplemarks quer durchschnitten, so erhält man immer eine fortlaufende Wellenlinie, und zwar, wenn man die ursprünglichen Wellenfurchen vor sich hat, mit zugerundeten Tälern und zugeschrärfeten Kämmen (Taf. VIII [II], Fig. 1, Schnitt c); im Falle man aber Abgüsse von Ripplemarks vor sich hat, mit regelmäßig abgerundeten Wülsten, welche durch zugeschräfte Täler getrennt sind“ (Taf. VIII [III], Fig. 1, Schnitt d).

Selbst in solchen Fällen, wo andere Erscheinungen auf den Schichtflächen die Lösung dieser Frage erschweren, konnte Fuchs durch Betrachtung der Ripplemarks mit voller Sicherheit entscheiden, welches die Oberseite war [(21) S. 4, 9, 22, 74].

Wohl eines der herrlichsten Vorkommen von fossilen Wellenfurchen, welches in der bayrischen Hochebene ein ebenbürtiges Seitenstück zu unseren schönsten Gletscherschliffen am Starnberger See und Tegernsee bildet, habe ich vor einigen Jahren in der Bausteinzone bei Lechbruck aufgefunden.

Es gibt nicht leicht ein interessanteres Phänomen auf den Schichtflächen der Molasse, als die bis ins feinste Detail ausgearbeiteten Skulpturen der zierlichen Systeme von Wellenfurchen, welche in den Steinbrüchen auf der Anhöhe westlich von Lechbruck in modellartiger Frische und Reinheit auf Hunderte von Metern verbreitet sind.

Die Schichten haben dort normale Lagerung [siehe Profil von Lechbruck (2) S. 729, Taf. XLI, Fig. 305], nördliches Einfallen von

53° und die auf der beiliegenden Taf. VIII [II], Fig. 2, in  $\frac{1}{10}$  der nat. Größe abgebildeten Wellenfurchen mit erhöhten Kanten zeigen sich auf der Oberseite einer mächtigen Sandsteinbank, 30 m im Liegenden des untersten der hier bekannten Kohlenflözchen, welches von einer Konglomeratbank begleitet wird. Die Richtung der Wellenfurchen fällt mit jener der Fallinien nahezu zusammen.

Wer jemals diese Reliefs bewundern konnte, auf denen sich das Spiel der Wellen und ein überraschendes Bild vorweltlichen Tierlebens am oligocänen Strande verewigte, dem drängt sich unwillkürlich die Überzeugung auf, daß jene sorgfältig kannelierten Flächen von staunenswerter Regelmäßigkeit kein bloßer Zufall schuf, sondern daß sie sich nach ganz bestimmten Naturgesetzen bildeten.

Für den Vergleich mit den Peißenberger Wellenfurchen dürfte dieser ausgezeichnete, im dortigen Reservatfelde gelegene, von mir entdeckte Aufschluß um so wertvoller sein, weil er — nachdem über die normale Schichtenstellung bei Lechbruck kein Zweifel besteht — eine zuverlässige Überprüfung des von dem Direktor der geolog.-paläont. Abt. des k. k. Hofmuseums in Wien, Herrn Prof. Theodor Fuchs, ermittelten Forschungsresultats im Gebiete der südbayrischen Oligocänmolasse gestattet.

Wo diese Wellenfurchen, wie auf Taf. VIII [II], Fig. 1, Schnitt *a*, nach der gewöhnlichen Wellenlinie geformt sind, also gewissermaßen eine Aufeinanderfolge von flachen, kongruenten Sätteln und Mulden darstellen, ist es nicht möglich, im fossilen Zustande zu erkennen, welches die Ober- und welches die Unterseite einer Schicht ist, da bei der Symmetrie der Formen die ursprüngliche Oberfläche und ihr Abdruck natürlich vollständig gleich sind und leicht miteinander verwechselt werden können.

Dies ist auch bei etwas einseitig geneigter Form der Wellenlinie, wie auf Taf. VIII [II], Fig. 1, Schnitt *b*, der Fall; doch kann man hier stets die Luv- (Wind-) und Leeseite unterscheiden.

Wenn aber die einzelnen Wellenfurchen, wie im Schnitt *c* auf Taf. VIII [II], Fig. 1, sozusagen nur aus aneinandergereihten flachen Rinnen bestehen, deren symmetrisch aufgebogene Ränder unter stumpfem Winkel aneinanderstoßen und sich hierbei nach parallelen Linien schneiden, welche im Relief hervorstehende Kanten bilden, dann kann man hieran stets mit aller Sicherheit die Oberseite der Platten erkennen.

Gut erhaltene Abgüsse fossiler Wellenfurchen mit den charakteristischen, im Relief der Platten vertieften Kanten, wie im Schnitt *d* auf Taf. VIII [II], Fig. 1 dargestellt, welche für die Unterseite der Bank kennzeichnend sind, beobachtet man in den Steinbrüchen bei Lechbruck seltener, weil sich dort über der Sandsteinschicht mit den typischen Ripplemarks eine weiche, zirka 15 cm starke Schiefertonlage befindet, welche leicht verwittert und abbröckelt.

Dagegen zeigen sich bei Lechbruck außer den bereits besprochenen Wellenfurchen, unter denen die typischen die häufigsten sind, noch muschelförmige, welche Fuchs bei Luzern ebenfalls beobachtete, die an große, den Boden bedeckende Austernschalen erinnern, schuppenförmig angeordnet sind und den Schichtflächen da-

durch ein chagriniertes Aussehen verleihen. Sie dürften den „Wasserbarchanen“ Bertololy<sup>1)</sup> entsprechen, welche sich im Sandschlamm nicht nur an den Rändern stehender, sondern auch an den Ufern fließender Gewässer, namentlich in den toten Seitenarmen kleinerer Flüsse [(21) S. 8] häufig finden.

Für das Problem der Deutung des physikalischen Vorganges der Entstehungsweise der Wellenfurchen, welches eine verschiedene Beleuchtung von mehreren Seiten (Bertololy, G. H. Darwin, De Candolle, Forel, Hunt, Krümmel, Lyell, Siaux usw.) erfahren hat, kommt vor allem die Natur der Wellenbewegung in fließenden und stehenden Gewässern in Betracht.

Die Bildung unregelmäßiger Rippungen oder Dünen durch fließende Gewässer röhrt offenbar von dem Wirbel her, der auf der Leeseite einer jeden Ungleichheit der Bodenfläche existiert und eine Inflexionserscheinung ist. Die direkte Strömung führt den Sand an der Luv- und der Wirbel an der Leeseite kontinuierlich heraus [(25) S. 626, (3) S. 1249].

Die regelmäßigen oder typischen Wellenfurchen, welche die geologisch wichtigsten sind, deren morphologische Eigentümlichkeit Forel auch aus dem Genfer See beschreibt [(20) S. 255], kann man häufig am sanft ansteigenden Strande größerer Wasserbecken, auf seichtem, sandigem Untergrunde finden, so zum Beispiel im Chiemsee bei Chieming neben den Badehütten, besonders aber bei Feldwies nächst Übersee, nördlich vom Dampfschiffsteg, wo sie in prachtvoller Entfaltung auf mehrere hundert Meter Erstreckung längs des Ufers eine alltägliche Erscheinung sind, welche durch die undulierende Wasserbewegung entsteht.

Sie haben daselbst gleich den fossilen Wellenfurchen in den Steinbrüchen bei Lechbruck, von Kamm zu Kamm gemessen, eine durchschnittliche Breite von 5—10 cm, eine Tiefe von ungefähr ein Zehntel der Breite und bilden langgezogene, im allgemeinen parallel zum Ufersaume, in obigen Abständen hintereinander verlaufende, nur hier und da dichotomisch verästelte Skulpturen von symmetrischem Querschnitt, welche nach einem gewissen System, ähnlich wie die zierlichen Linien auf der Epidermis der menschlichen Hohlhand, auf dem aus feinem Sande von vorwiegend 0·5 mm Korngröße bestehenden Seeboden angeordnet sind, doch im Bereiche größeren Gerölles gänzlich fehlen.

Bei Windstille oder leicht bewegter See zeigen die Wellenfurchen am Grunde keine Veränderung. Bei stärkerem Seegang werden sie jedesmal aufgewühlt, wenn ein schäumender Wellenkamm darüber hinweggleitet.

Am 4. Juni 1905 betrug im Chiemsee bei Feldwies in einer Entfernung von 15 m vom Ufer die Wellenlänge oder der horizontale Abstand zwischen zwei aufeinanderfolgenden Wasserkämmen 1·8 m, die Wellenhöhe oder der vertikale Abstand zwischen dem höchsten und tiefsten Punkte der Wellenoberfläche 0·12 m, die Fortpflanzungs-

---

<sup>1)</sup> Bertololy. Ripplemarken. Frankental 1894.

geschwindigkeit  $1\cdot2\text{ m}$ , die Wassertiefe  $0\cdot3\text{ m}$  und die Wellenperiode  $1\frac{1}{2}$  Sekunden.

Der Strand hatte an meinem Beobachtungspunkte ein durchschnittliches Gefälle von zirka  $2\%$ .

Die Orbitalbahnen, in deren oberen Hälften die Wasserelemente nach vorwärts, in deren unteren sie nach rückwärts innerhalb jeder Wellenperiode kreisten, bildeten an der Wellenoberfläche elliptische Kurven mit einer horizontale Achse von  $0\cdot15\text{ m}$ ; während sich die letztere im Gebiete des seichten Wassers mit der Tiefe nur wenig verringerte, nahm dagegen die vertikale Achse (Wellenhöhe) mit der Tiefe zusehends ab, wodurch sich die Ellipsen flacher drückten, und wurde am Grunde gleich Null, so daß die Wasserteilchen daselbst keine merklichen auf- und niedergehenden Oszillationen, sondern nur horizontale Schwingungen vollführten.

Diese waren auch an dem Wogen der am Grunde wachsenden zarten Seegräser deutlich wahrnehmbar, die wie die Halme eines vom Winde gepeitschten Getreidefeldes um ihre Wurzelenden hin und her pendelten.

Die Richtung, welche die langgezogenen Wellenkämme beim Anlaufen des Strandes in Feldwies einnahmen, war trotz des Nordwestwindes eine nordsüdliche, also dieselbe wie die des Ufersaumes und der am sandigen Seegrunde vorhandenen Wellenfurchen.

Selbst um die vorspringenden Halbinseln schwenkten die Wellenzüge in schönem Bogen und suchten sich, ohne Rücksicht auf ihre ursprüngliche Richtung, stets dem Verlaufe der Strandlinie anzuschmiegen.

Diese interessante Erscheinung beruht bekanntlich auf der Fortpflanzungsgeschwindigkeit, welche sich wie die Quadratwurzel aus der Wellenlänge oder aus der Wassertiefe ändert, je nachdem letztere ein Vielfaches oder ein Bruchteil aus der halben Wellenlänge ist, weshalb die Wellenzüge im seichten Wasser langsamer als im tieferen vorwärtseilen und, wenn sie gegen einen sanft ansteigenden Strand in schräger Richtung auftreffen, an ihrem dem Lande näher gelegenen Ende die Bewegung verzögern.

Auch das Wellenprofil änderte beim Auflaufen der Wogen auf den flach geneigten Strand seine im allgemeinen nach einer gestreckten Zykloide geformte Gestalt, da die abnehmende Wassertiefe sowie die Bodenreibung auf der dem Ufer zugekehrten Wellenseite ebenfalls eine Geschwindigkeitsverzögerung bewirkt. Während die Periode dieselbe blieb, verringerte sich die Wellenlänge, wuchs die Wellenhöhe und verwandelten sich die abgerundeten Wasserberge in langgezogene weiße Wellenkämme, sogenannte Roller, deren oberer, vorausseilender, nach vorn gebogener Teil sich schließlich beim Anprall am Ufer zischend und prasselnd überstürzte, worauf sich die schäumende Flut am glatten Strande hinab dem nächsten Roller entgegenwälzte, wie dies bereits Strabon<sup>1)</sup> im Altertume von der brandenden und wieder zurücklaufenden Woge schildert.

<sup>1)</sup> Strabon. Geographia, lib. I. cap. 7.

Diese Verhältnisse am Chiemsee, welche auch an den von Dampfern erzeugten Wellen bei Windstille wahrgenommen werden können, bestätigen die von Darwin, Hagen, Rankine, Scott, Russel und Weber über die Theorie der Wellenbewegung aufgestellten Sätze [(3) S. 1239—1247, (25) S. 439—450, (30) S. 25—28].

So oft bei windbewegter See ein majestätischer Roller an meinem Standort vorbeipassierte, wobei er die Wellelänge von  $1\cdot8\text{ m}$  in  $1\frac{1}{2}$  Sekunden durcheinigte, wurden die feinen Sandkörnchen am Seeboden innerhalb derselben Zeit sukzessive an 30 aufeinanderfolgenden Rippungen um Furchenbreite, nämlich um  $6\text{ cm}$  zuerst landwärts und hierauf um das gleiche Maß seewärts bewegt, worauf der nächste Roller eintraf.

Jeder Wellenstoß führte den Sand an der Seeseite (Luv) und die Rückströmung nachträglich an der Landseite (Lee) der Rippen herauf. Das rhythmische Spiel wiederholte sich, der Anzahl der vorüberziehenden Wellenkämme entsprechend, je 40mal in der Minute.

Durch diesen intermittierenden Vorgang wurde der Sand aus den Rinnen weggespült, auf den Rippen angehäuft und das Ornament der typischen regelmäßigen Wellenfurchen am Seeboden modelliert.

Hoher Seegang zerstörte sie immer, weil er den Sand am Untergrunde tief aufwühlte. Wenn sich aber der Sturmwind legte, das Wasser sich allmählich wieder beruhigte und der Sand in der schwingenden Wassermasse nicht mehr in Schweben erhalten, sondern niedergeschlagen wurde, begann ihre Bildung von neuem.

Es werden nämlich

Sandkörnchen von	$0\cdot4\text{ mm}$	Größe bei	$0\cdot15\text{ m}$	Fließgeschwindigkeit
"	$0\cdot7\text{ mm}$	Größe bei	$0\cdot20\text{ m}$	"
"	$1\cdot7\text{ mm}$	Größe bei	$0\cdot30\text{ m}$	"
kleines Geröll	"	$9\cdot2\text{ mm}$	Größe bei	$0\cdot70\text{ m}$
				"

von der Wasserströmung noch mit fortgetragen [(11) S. 317].

Die Schwingungsweite der Sandteilchen im Augenblicke der Entstehung der Wellenfurchen war für die Breite der letzteren maßgebend.

Wenn sie jedoch einmal gebildet waren, vermochte sie weder eine Verringerung der Orbitalgeschwindigkeit, noch eine Vergrößerung der Amplitude der Orbitalbahnen zu verwaschen; letztere trug eher dazu bei, die Kämme zuzuschärfen, da hinter demselben kleine Wirbel erzeugt wurden.

Nach dem besonders heftigen Sturme vom 5. August 1905 war die Breite der Furchungen im allgemeinen größer und betrug an meinem früheren Standorte, anstatt wie sonst  $6\text{ cm}$ , ausnahmsweise  $10\text{ cm}$ .

Sie nimmt mit der Höhe und Geschwindigkeit der Welle oder mit der Intensität des linearen Anstoßes sowie auch mit der Korngröße und dem spezifischen Gewichte des Sandes zu, dagegen mit der Wassertiefe im proportionalen Verhältnis ab, wie dies Forel, der die Bewegungen der Luft- und Wasserwellen sehr eingehend untersuchte [(15) S. 311—318], bereits experimentell nachwies. Forel legte auch dar, daß die regelmäßigen Ripplemarks nach Art der Dünen und nicht etwa durch die Schwingungen stehender Wasser-

wellen (Seiches) im analoger Weise wie die sogenannten Chladni'schen Klangfiguren auf einer in Vibration befindlichen Platte entstehen [(20) S. 249—262].

Muschelförmige Wellenfurchen werden gebildet, wo sich Wellenzüge in verschiedenen Richtungen kreuzen.

Von besonderer Wichtigkeit bei dem besprochenen Phänomen ist die zuerst von Th. Fuchs festgestellte Tatsache, daß sowohl bei den rezenten wie bei den fossilen typischen Wellenfurchen die zwischen flachen, zugerundeten Mulden vorspringenden, symmetrisch zugeschärften Kämme immer die Oberseite der Schichten, beziehungsweise die Lage des wahren Hangenden oder des Wasserspiegels bezeichnen.

Der sinnige Beobachter, der die fossilen Wellenfurchen in den Steinbrüchen bei Lechbruck genauer besieht und auch das Kleine und Unbedeutende dabei beachtet, entdeckt hier eine Unzahl vertiefter Fährten und Kriechspuren von allerlei Sand- und Röhrenwürmchen, Flohkrebsen, Asseln, Insektenlarven und sonstigem Geschmeiß, das sich zur Zeit der Ebbe am Strande umhergetummelt und auf der Oberfläche des plastischen Schlammsandes Eindrücke zurückgelassen hat, welche ebenso wie die Wellenfurchen, Trockenrisse und Regentropfengrübchen auf den Gesteinsflächen in jenen höchst getreuen Formen bewahrt wurden, welche Liell, Nathorst, Bornemann, Fuchs, Bronn, Beyschlag, Dawson, Desor, Uhl, Zirkel usw. aus anderen Formationen beschreiben.

Auch die durch aufsteigende Gasblasen im Schlamm entstandenen trichterartigen Vertiefungen, sowie die feinen Öffnungen der Wurmlöcher, die zu den Schlupfwinkeln der Tiere führten, sind auf den Platten hie und da noch erhalten geblieben.

Neben dem wirren Durcheinander der Kriechspuren, die überall vorherrschen, wie sie Fig. 3 auf Taf. VIII [II] in  $\frac{1}{2}$  natürlicher Größe zeigt, und mancherlei von Bivalvenschalen stammenden zierlichen Zeichnungen findet man daselbst häufig auf den Ripplemarks merkwürdige Adhäsionsfiguren (figures de viscosité) [(21) S. 73—75], welche auf dem Schlamme unter dem Fuße größerer Gastropoden entstehen mögen, wenn sich dieselben vom Grunde erheben. Keilförmige Rinnen mit flossenartigen Einkerbungen zu beiden Seiten des breiteren Endes deuten auf *Periophthalmus* hin [(18) S. 95, 102], welche aus seichten Pfützen munter emporschnellten, um nach Fliegen und Mücken zu haschen.

Andere kleinere, pratzenförmige Vertiefungen, die paarweise hintereinander folgen, scheinen von hüpfenden Fröschen herzuröhren. Auch Strandvögel, welche hier nach Würmern und Nacktschnecken jagten, drückten ihre mit oder ohne Schwimmhäute versehenen Zehen im weichen Tone ab und erzeugten Fußstapfen, welche an jene von Taucher- und Entengattungen oder von Strandläufern und Tringaarten lebhaft erinnern, wovon die letzteren, da sie nasse Stellen gern meiden, nur die trockeneren Kämme der Wellenfurchen flüchtig berührten, indem sie halb laufend, halb fliegend ihre furchtsame Beute überraschten.

Nachdem jeder Gegenstand, welcher infolge seines Eigengewichtes im plastischen Ton einsinkt, seine Unterseite abformt, bilden sich, wenn diese uneben ist, im Abdrucke selbstverständlich nicht allein Vertiefungen, sondern auch Erhöhungen.

Selbst vertiefte Kriechspuren übergehen zuweilen in erhabene, was man am Rande jeder Lache leicht beobachten kann, wenn sich ein Regenwurm zufällig knapp unter der Schlammoberfläche einen Gang gebohrt hat. Auch durch die Bewegung der mit Borsten versehenen Fußstummel der Anneliden wird der Schlamm aufgefurcht und es entstehen beiderseits der durch das Schleifen des Körpers erzeugten band- oder schlangenförmig gewundenen Rinnen aus dem zur Seite geschobenen Material kleine Wülste, sogenannte „Fransen-zonen“, welche bei näherer Betrachtung oft den Eindruck machen, als ob sie aus schiefliegenden, einander dachziegelförmig deckenden Blättchen bestehen würden, welche Ähnlichkeit mit jenen der Fischkiemen zeigen und durch feine Schnitte hervorgebracht zu sein scheinen, die dicht hintereinander, von vorn und oben, schief nach rückwärts und unten geführt wurden [(21) S. 19]. Die Anordnung dieser *Nemertilites*-Bänder und -Schnüre ist bei den verschiedenen Anneliden und wurmähnlichen Insektenlarven, deren es von den Wasserfliegen allein zirka 18.000 Arten gibt, meist eine sehr differierende.

Obige Erscheinungen müssen bei der Beurteilung der Frage, ob eine ursprüngliche Fährte oder ein Abguß derselben vorliegt, selbstredend ebenfalls berücksichtigt werden.

Für die Lösung des Peißenberger Problems sind im Gebiete der südbayrischen Molasse unter den mehrfachen Fundorten von fossilen Wellenfurchen neben dem durch die seltene Schönheit des Vorkommens ausgezeichneten bei Lechbruck noch zwei weitere in der Haushamer Mulde von Bedeutung, einerseits, weil dortselbst der Bergbaubetrieb die Lagerungsverhältnisse vollständig aufgeklärt hat, so daß über die letzteren ebenfalls keine Zweifel bestehen, anderseits, weil der eine Fundpunkt am normal gelagerten, der andere am überkippten Muldenflügel liegt und die Oberflächenerscheinung der typischen, regelmäßigen Wellenfurchen samt den Kriechspuren im ersteren Falle wieder auf der Oberseite der Gesteinsbänke, im letzteren jedoch tatsächlich auf der unteren Seite der überkippten Schichten zu sehen ist.

Hierzu gehören die am normalen Nordflügel der Haushamer Mulde bereits von Korschelt erwähnten fossilen Wellenfurchen im Bierhäuser Steinbruch, am rechten Leitzachufer, östlich von Miesbach [(14) S. 49], sowie ein am überkippten Südflügel genannter Mulde, oberhalb Wörnsmühle, am Rohnbache, einem Zufluß der Leitzach, im sogenannten Bergbachelgraben, ungefähr 1 km westlich von Trachental und 2 km südlich vom Bierhäuser Steinbruch gelegenes Vorkommen derselben.

An beiden Örtlichkeiten verflachen die Schichten mit zirka 50° nach Süd. Im Bergbachel haben die Ripplemarks eine Breite von 3—5 cm und zeigen das auf Taf. VIII [II], Fig. 1, im Schnitte d abgebildete, für das wirkliche Liegende charakteristische Profil — weil die Schichten überkippt sind — auf der oberen Seite der Sandstein-

bänke; dagegen auf ihrer unteren seinen Abguß mit den im Relief vorstehenden zugeschrärfeten, das wahre Hangende kennzeichnenden Kanten.

Diese Tatsache ist gleichfalls ein wichtiger Beleg für die Richtigkeit der Annahme, daß die morphologische Beschaffenheit gewisser auf mechanischem Wege erzeugter Skulpturen, von denen bestimmte Reliefformen regelmäßig nur an der bei der Bildung oberen, andere ebenso regelmäßig nur auf der ursprünglich unteren Fläche der Gesteinsbänke vorkommen, zur Unterscheidung der wahren Hangend- und Liegenseite gefalteter Gebirgsschichten dienen kann.

Ein weiterer Beweis hierfür sind die im Bierhäuserlsteinbruch auf der Oberseite der Gesteinsbänke sichtbaren, 7 cm breiten, nach Art des auf Taf. VIII [II], Fig. 1, im Schnitte c abgebildeten Profils geformten Wellenfurchen sowie endlich die an der unteren Fläche einer zirka 3 cm starken Sandsteinlage daselbst vorhandenen, deutlich ausgeprägten typischen Fließwülste, wie sie Fuchs als ein zuverlässiges Kriterium der Unterseite beschreibt [(21) S. 2—9].

Sie bilden sonderbare, wulstförmige, beiläufig an Gehirnwunden oder Gehirnwundungen erinnernde Runzeln, die nach den Beobachtungen des genannten Forschers an der Unterseite jeder breiartigen Masse erzeugt werden, wenn diese über einen weichen, sandigen oder lettigen Boden fließt, und können an flach abfallenden Küsten entstehen, wo Schlammassen durch eine ungewöhnlich tiefe Ebbe oder infolge von Unterströmungen ins Rutschen geraten.

Letztere sind eine häufige Erscheinung in den meisten stehenden Gewässern, treten in denselben durch die Störung des hydrostatischen Gleichgewichtes auf, wenn sich Wasser am Strande anstaat oder Wellen daselbst reflektiert werden. Am Meere sind sie als Muhrsee, Widersee, Surf oder Sog bekannt [(25) S. 445], begleiten zuweilen auch die „Seiches“ bei starkem Wellengange in unseren Seen.

So wurden zum Beispiel am Chiemsee bei einem Weststurme im Jahre 1901 in einer Nacht durch eine starke Unterströmung dem Fischer in Chieming die Netze, entgegen der Windrichtung, mehrere Kilometer weit verschleppt<sup>1)</sup>.

Um nach diesen Erörterungen über Wellenfurchen meine einschlägigen Beobachtungen aus dem Gebiete der südbayrischen Molasse nutzbringend für die Aufklärung der Peißenberger Lagerungsverhältnisse zu verwerten, dürfte es nunmehr genügen, hier darauf hinzuweisen, daß das auf Taf. VIII [II], Fig. 1, im Schnitte c abgebildete Profil eine photographische Reproduktion des Reliefs jenes zierlichen Systems fossiler, typischer Wellenfurchen ist, welches in der Grube Peißenberg auf der Oberseite einer zirka 1 m mächtigen Sandsteinbank im zweiten Tiefbaue beim Auffahren der östlichen Grundstrecke des achten Flözes bloßgelegt wurde und in der Ansicht auf Taf. VIII [II] in Fig. 4 dargestellt ist.

Die in Rede stehende Sandsteinschicht befindet sich zirka  $\frac{1}{2}$  m unter dem Flöz Nr. 8, wird von einer geringmächtigen, weichen Schiefer-

<sup>1)</sup> Endrös, Seeschwankungen (Seiches) am Chiemsee. Traunstein 1903, S. 91 u. 92.

tonschicht überlagert, streicht von Ost nach West und verflacht unter  $52^{\circ}$  nach Süd. Die Richtung, nach welcher die parallelen Wellenfurchen verlaufen, stimmt mit jener der Falllinie nahezu überein.

Nachdem die auffallende morphologische Eigentümlichkeit typischer Wellenfurchen überall konstant ist und in Peißenberg die zwischen den flachen Rinnen gelegenen, im Relief zugeschrärften Kanten auf der Oberseite der Gesteinsbänke vorhanden sind, bildet das in den letzten Jahren in der Grube Peißenberg an mehreren Punkten bekannt gewordene Vorkommen von fossilen Wellenfurchen ebenfalls ein Argument für die von mir bereits im Jahre 1891 festgestellte normale Lagerung der Peißenberger Flöze.

Letztere lässt sich auch aus den auf der Unterseite der Sandsteinbänke, insbesondere im Tiefstollen häufig wahrnehmbaren Fließwülsten, sowie endlich aus den auf den fossilen Wellenfurchen in Peißenberg aufgefundenen mäandroiden Kriechspuren und sonstigen Fährten, deren Vorkommen übrigens dortselbst bisher ein ziemlich spärliches war, mit Sicherheit erkennen.

Da die Kriechspuren auf der Oberseite der Gesteinsbänke vertieft sind, vermag dadurch nun selbst der Laie die Frage des Obens und Untens der Peißenberger Flözlagerung bei einiger Aufmerksamkeit zu entscheiden.

Fig. 5 auf Taf. VIII [II] zeigt in  $\frac{1}{2}$  natürlicher Größe die Oberseite einer Gesteinsbank mit typischen Wellenfurchen und vertieften, von kleinen wurmartigen Insektenlarven herrührenden fossilen Kriechspuren aus der Grube Peißenberg.

Fig. 6 auf Taf. VIII [II] stellt in  $\frac{1}{3}$  natürlicher Größe die Oberseite einer Gesteinsbank mit typischen Wellenfurchen aus der Grube Peißenberg dar, auf welchen (rechts oben) eine größere Annelidenfährte mit vertieftem Bande und mit zwei seitlichen parallelen Wülsten (Fransen-zonen), ferner (unterhalb) Trockenrisse und Abdrücke von Bivalvenschalen, endlich (über die ganze Fläche verteilt) feine, vertiefte Kriechspuren kleiner Insektenlarven zu sehen sind.

Das Original hiervon sowie schöne, große Platten fossiler Wellenfurchen von den früher erwähnten Fundpunkten befinden sich nunmehr in der geologischen Sammlung der kgl. Technischen Hochschule zu München.

Die fossilen oberoligocänen Wellenfurchen des Peißenberges und ihre Bedeutung für den dortigen Bergbau hat zuerst 1904 Professor Dr. A. Rothpletz beschrieben [(35)].

In der Grube Peißenberg kennt man fossile Wellenfurchen schon seit 1897. Sie wurden dort keineswegs von mir zuerst beobachtet. Die Beschaffenheit der ersten Aufschlüsse war übrigens nicht eine derartige, daß man daraus mit voller Sicherheit auf die Ober- oder Unterseite der Bank hätte schließen können. Erst in letzterer Zeit wurden typische Wellenfurchen mit deutlichen Kriechspuren beim Bergwerksbetriebe in Peißenberg bloßgelegt.

Die Bedeutung dieser Erscheinungen wurde dortselbst jedoch jederzeit von den Bergwerksbeamten richtig beurteilt.

Als Rothpletz von diesem Vorkommen im Sommer 1904 erfuhr, ließ er sich Gesteinsproben von dem Aufschlusse bringen. Da man sich hierbei jedoch nicht an die Bergwerksverwaltung, sondern an einen Steigergehilfen wandte, wollte es der Zufall, daß Professor Rothpletz nur zwei minderwertige Platten erhielt, auf denen sich wohl Wellenfurchen, Trockenrisse und verschiedene andere Unebenheiten, aber keine Kriechspuren befinden.

Wie sich nachträglich herausstellte, stammten die Platten auch nicht von dem schönen Hauptaufschlusse der fossilen Wellenfurchen, welche auf der Oberseite einer etwa 1 m mächtigen Quarzsandsteinbank vorkommen und von weichem Schieferton überlagert werden, sondern von einem zirka 80 m östlicher gelegenen Punkte zwischen dem ersten und zweiten Querschlage der Grundstrecke auf Flöz Nr. 8 im zweiten Tiefbaue, woselbst sich im Hängenden und Liegenden der Wellenfurchen eine etwa zwei Finger starke Sandsteinschicht befindet<sup>1)</sup>.

In Fachkreisen erregte es großes Aufsehen, als durch die „Münchner Neueste Nachrichten“ in Nr. 540 vom 18. November 1904 auf Seite 4 der Rubrik „Königl. bayerische Akademie der Wissenschaften“ nachstehende Mitteilung über die Sitzung der mathematisch-physikalischen Klasse vom 5. November 1904 verbreitet wurde:

„Herr A. Rothpletz besprach die fossilen Wellenfurchen des Peißenberges und die auf ihnen sichtbaren Kriechspuren und Trockenrisse, durch die der sichere Nachweis geführt werden kann, daß die ältere Vermutung v. Gümbeis zu Recht besteht und die Kohlenflöze in Peißenberg wirklich überkippt liegen, was zu wissen für den Bergbau von größter Wichtigkeit ist.“

Hierauf erscheint jedoch in Nr. 573 desselben Blattes vom 8. Dezember 1904 auf Seite 4 folgender Artikel:

„Für die Beurteilung des Kohlenreichtums des bergärarialischen Grubenfeldes in Peißenberg, über welches die projektierte Verbindungsbahn Weilheim—Schongau geführt werden soll, ist die Entscheidung der Frage von Wesentlichkeit, ob die Kohlenflöze unter dem Ammertale fortsetzen oder nicht. Bei normaler Lagerung würde ersteres, dagegen bei überkippter Schichtenstellung, das heißt, wenn die Unterseite der Flöze oben wäre, letzteres zutreffen. Von kompetenter Seite geht uns in dieser Sache nachstehende Einsendung zu, der wir bei der Wichtigkeit der bestrittenen Frage das Wort nicht versagen dürfen. Der fachkundige Einsender schreibt: Da die Kriechspuren auf fossilen Wellenfurchen in Peißenberg Vertiefungen bilden, wovon sich jeder Fachmann dortselbst leicht überzeugen kann, weiß man genau, daß die Peißenberger Flöze nicht überkippt sind. Die gegenteilige Mitteilung, welche Professor Roth-

<sup>1)</sup> Letztere Tatsachen dürften Herrn Professor Rothpletz nicht bekannt geworden sein. Auch ich habe dieselben erst nach Monaten, nachdem ich die Platten in der geologischen Staatssammlung im alpinen Saale der alten Akademie in München gesehen hatte, feststellen können.

pletz in der Sitzung der kgl. Akademie der Wissenschaften vom 5. November 1904, ohne eine vorherige Ortsbesichtigung vorgenommen zu haben, machte, beruht auf einem Irrtum desselben."

Inzwischen war sein Vortrag im Verlage der kgl. Akademie erschienen und konnten die Ausführungen näher überprüft werden.

Schon aus dem Schlußsatze derselben geht hervor, daß sich Rothpletz seiner Sache nicht sicher war, denn er sagt:

„Will man jedoch in Zweifel ziehen, daß die Ergebnisse, zu welchen die Untersuchung solcher Wülste durch andere Forscher in anderen Ländern und anderen Formationen geführt haben, auch für die oberbayrische oligocäne Molasse zu gelten haben, so bleibt nur noch ein Mittel, um darüber Klarheit zu erlangen, und sobald Zeit und Wetter mir es gestatten, werde ich dieses Mittel anwenden und wenn es zu einem brauchbaren Ergebnisse führt, darüber später Bericht erstatten. Es ist das der Vergleich der Peißenberger Wellenfurchen mit solchen aus anderen Teilen des Molassegebietes, wo über die normale Lagerung der Schichten keine Unsicherheit besteht. Vor 20 Jahren sah ich solche im Leitzachtale prachtvoll aufgeschlossen und wenn sie auch von Wulstbildungen begleitet sein sollten, so wird sich die Frage ganz sicher entscheiden lassen“ [(35) S. 382].

Seither ist ein volles Jahr vergangen; aber weder von Rothpletz noch von irgendeiner anderen Seite ist eine Berichtigung seiner unzutreffenden Darstellungen erfolgt, durch welche ebenso wie durch die in den Geognostischen Jahresheften, München 1903, publizierten das ärarialische Peißenberger Grubenfeld in unbegründeter Weise mißkreditiert wird.

So habe ich mich denn aus eigener Initiative und insbesondere gestützt auf meine Beobachtungen in den anderen Teilen des Kohlenreviers jener Aufgabe unterzogen, zumal deren vollständige Lösung nur auf Grund der Faziesentwicklung der Molasse sowie einer genauen geologischen Kartierung möglich ist, weil sonst die Beziehung der oberen bunten Molasse zu den Promberger Schichten und, wie Wolff sehr richtig bemerkte [(23) S. 227], die normale Schichtenstellung am Peißenberg gegenüber jener bei Berg an der Feldesgrenze unverständlich bleiben würde.

Das von Rothpletz angezogene Vorkommen von fossilen Wellenfurchen im Leitzachtale ist das bereits von Korschelt in der Literatur erwähnte und von mir auf S. 339 näher beschriebene. Es zeigt gerade das Gegenteil von dem, was Rothpletz dort zu sehen hoffte: Bei normaler Schichtenstellung, welche durch den Haushamer Bergwerksbetrieb mit Sicherheit nachgewiesen ist, typische Wellenfurchen mit vertieften Kriechspuren auf der Oberseite und charakteristische Fließwülste auf der Unterseite der Gesteinsbänke.

Aus dem Vortrage des Herrn Prof. Rothpletz geht hervor, daß ihm für sein Thema das wertvollste Resultat der neueren Forschung, welches Fuchs 1895 über die morphologische Eigentümlichkeit fossiler Wellenfurchen in der Schweizer Oligocänmolasse feststellte, entgangen war. Darum hat Rothpletz auch der typischen, in die Augen springenden Form der Peißenberger Wellenfurchen, welche sich auf der Abbildung des Gipsabgusses seiner Platte un-

verkennbar ausgeprägt [(35) S. 383, Taf. II], keine Beachtung geschenkt, was offenbar nicht geschehen wäre, wenn er die im Kohlerevier vorhandenen Vorkommen von fossilen Wellenfurchen vorher näher untersucht und von den Ergebnissen der Studien des Herrn Prof. Fuchs Kenntnis gehabt hätte, der zum Beispiel von einer interessanten, in der Tübinger Sammlung befindlichen Platte aus grauem, sandigem Jurakalkstein nachstehendes berichtet:

„Die Oberfläche dieser Platte war mit breiten, wohl ausgebildeten Ripplemarks sowie mit dicken, wulstigen Cylindriten und körperlich erhaltenen, reich verästelten Fucoiden ähnlich dem *Chondrites Targini* bedeckt. Wo die Fucoiden auf einen Cylindriten zu liegen kamen, schmiegten sie sich um denselben herum und erzeugten so eine Art Siphodendron.“

Die Cylindriten sowohl wie die Fucoiden waren körperlich erhalten und traten im Relief aus der Platte hervor, so daß ich anfangs glaubte, die untere Fläche einer Bank vor mir zu haben. Eine nähtere Betrachtung der Ripplemarks zeigte mir jedoch mit voller Sicherheit, daß es die obere Fläche war und dasselbe wurde auch durch die Stellung der Fucoiden bewiesen, welche wie Wurzeln in die Platte eindrangen“ [(21) S. 74].

Da Rothpletz vor seinem Vortrage keine Ortsbesichtigung vorgenommen hatte und von der irrgen Voraussetzung ausging, daß die unmittelbar über seinen Wellenfurchen gelegene Schicht, wie er selber anführt, „wahrscheinlich von mehr toniger Beschaffenheit war“ [(35) S. 377], sind auch die Folgerungen, die er aus den Trockenrissen ableitet, unzutreffend. Die letzteren stellen nicht, wie Rothpletz behauptet, den Sandabguß von einer darunter gelegenen zerklüfteten tonigen Schicht vor, wobei die Sandsteinplatte jünger als die Schichtenfläche der Wellenfurchen wäre [(35) S. 379], sondern die Trockenrisse und Wellenfurchen waren ursprünglich auf der Oberfläche des Sandschlammes vorhanden und wurden bei neuerlicher Überflutung mit dem gleichen Material ausgefüllt, wie die gleichartige Beschaffenheit des Hangenden und Liegenden der Wellenfurchen an jenem Fundpunkte zeigt, dem die Rothpletzschen Platten in Peißenberg entnommen wurden. (Siehe S. 341.)

Aber selbst bei verschiedener Beschaffenheit des Hangenden und Liegenden wäre das Vorkommen derartiger Sprünge auf den Schichtungsfächern, wie sie Rothpletz beschreibt, kein zuverlässiges Merkmal für die überkippte Stellung der Peißenberger Flöze, was aus folgender Erwägung hervorgeht.

Da sich auf der Unterseite der mit Wellenfurchen und Trockenrissen bedeckten Platten nicht selten Fließwülste vorfinden, ist es wohl denkbar, daß der unter der erhärteten Oberflächenkruste einstens vorhanden gewesene breiartige Schlammssand bei erneuter Überflutung, welche eine Störung des hydrostatischen Gleichgewichtes der zähflüssigen Masse zur Folge haben konnte, stellenweise durch die klaffenden Trockenrisse und sonstigen Sprünge emporquoll und sie nicht nur mit dem gleichen Material von unten herauf erfüllte, sondern auch über ihnen auf der Oberfläche der typischen Wellenfurchen eigenartige Wülste bildete, die natürlich im Relief

aus den Platten hervortreten und bei dem Umstande, als die Trockenrisse oft vielfach verästelt sind, sogar eine gewisse Ähnlichkeit mit Abgüssen von baumförmig verzweigten Kriechspuren besitzen können.

Bei dem scheinbar so schwerwiegenden und bei einiger Sorgfalt mit Hilfe von Kriechspuren doch so leicht zu lösenden Peissenberger Problem, auf dessen Wichtigkeit Rothpletz wiederholt selber hinweist, muß es auffallen, daß er trotz der gründlichen Untersuchungen Nathorsts, auf die er sich ausdrücklich beruft [(35) S. 378], auch nicht eine einzige der auf seinen Platten angeblich vorhandenen Kriechspuren näher zu bezeichnen vermochte.

Vielleicht erblickte er in den augenscheinlich auf mechanischem Wege erzeugten erhöhten Skulpturen seiner Platten die von Nathorst beschriebenen Fährten von *Goniada maculata* [(6) Taf. VII, Fig. 1], welch letztere mit jenen Formen übereinstimmen, die Fuchs als verzweigte Vermiglyphen [(21) S. 23] bezeichnet und die allerdings für die Unterseite charakteristisch wären.

Aber schon der zwischen den Leitformen der Oberseite, beziehungsweise der Unterseite bestehende Antagonismus macht obige Annahme unmöglich.

Will man jedoch behaupten, daß man es bei jenen Skulpturen mit mehr als bloß zufälliger äußerer Ähnlichkeit mit baumförmig verzweigten Gängen zu tun habe, dann wäre deren Deutung eher als fucoidenförmige *Cylindrites* zulässig, die nach Fuchs bisweilen nur auf der Oberseite vorkommen [(21) S. 35, Taf. IV, Fig. 1].

Aus diesen Erörterungen über die von Rothpletz als Kriechspuren angesprochenen Fossilien erhellt, daß es sich in den letzteren um sehr problematische Formen handelt, die als ein Kennzeichen für die Unterseite der Bank absolut nicht gelten können, zumal neben ihnen auf den typischen Peissenberger Wellenfurchen tatsächlich deutliche, vertiefte Kriechspuren vorkommen. Von solchen Spuren sind einzelne auf der beiliegenden Taf. VIII [II] in Fig. 5 u. 6 abgebildet, während andere den von Nathorst beschriebenen Insektenlarven [(6) S. 18, Taf. X, Fig. 3] oder den von Fuchs ausführlich besprochenen Nemertilinenfährten mit ausgeprägten Frausenzonen gleichen [(21) S. 19, Taf. III, Fig. 3].

Diese vertieften Kriechspuren auf der Oberseite der Sandsteinbank mit den typischen Wellenfurchen wurden in der Grube Peissenberg von zahlreichen Fachleuten, unter anderen auch von Herrn Prof. Dr. K. Oebbeke sowie von Herrn Landesgeologen Dr. F. W. Pfaff besichtigt und als echte Kriechspuren erkannt.

Auch Herr Prof. Rothpletz hat sie daselbst nach seinem Vortrage gesehen und führt darüber wörtlich aus:

„Da sie aber gegenüber den kräftigen Wülsten und wulstförmigen Kriechspuren durchaus zurücktreten, so kann ich ihnen eine entscheidende Bedeutung nicht beimesse“ [(35) S. 382].

Derartige Grundsätze bewähren sich nicht überall und sind auch für das Resultat der Untersuchungen des Herrn Prof. Rothpletz verhängnisvoll geworden, der, wie aus obigen Erörterungen erhellt, problematische Fossilien ohne Beweiskraft für echte Kriechspuren ansah und überdies trichter oder muldenförmige Vertiefungen

auf der Platte, welche auf der Oberseite des Schlammsandes, unabhängig von den Wellenfurchen, durch aufsteigende Gasblasen entstehen, irrtümlich für kleine, von sandbewohnenden Wassertieren erzeugte Hügel hielt [(35) S. 379].

Die Entstehung derartiger trichterförmiger Vertiefungen durch aufsteigende Gasblasen konnte ich am Ufer des Chiemsees bei Feldwies bei Besichtigung der dortigen Wellenfurchen Ende August 1905 mit Herrn Prof Dr. K. Oebbeke und Herrn Privatdozenten Dr. M. Weber der kgl. Technischen Hochschule zu München an zahllosen Stellen in dem vielblättrigen Buche der ewig wahren Natur beobachteten, die alle Irrtümer zur frohen Erkenntnis leitet.

### VIII. Zusammenstellung der Ergebnisse.

Die Ergebnisse, zu welchen die vorangehenden Darlegungen führen, kann man in folgenden Sätzen zusammenfassen:

I. Die allgemeine Betrachtung über die Korrelation der Fazies lehrt:

*a)* daß ein und derselbe Schichtenkomplex infolge der Neigung der Unterlage und der Faziesverschiedenheit der bathymetrischen Zone total verändert werden kann und

*b)* daß die nämliche oder die abweichende Beschaffenheit der Dauergesteine nicht als ein zuverlässiges Merkmal für ihr gleiches oder verschiedenes Alter gelten darf, sondern nur ein Kriterium für die Unveränderlichkeit, beziehungsweise für den Wechsel der Bildungsumstände ist.

II. Für die Rekonstruktion der bathymetrischen Zonen der oligocänen Meeresbucht, in welcher die Ablagerung der Molasseschichten erfolgte, bieten die in den letzteren vorkommenden Dauerfossilien wertvolle Aufschlüsse. Die rezenten Mollusken und Foraminiferen mit bekanntem bathymetrischen Vorkommen, deren fossile Formen in der südbayrischen Oligocänmolasse gefunden wurden, sind in zwei Verzeichnissen übersichtlich zusammengestellt.

III. Auf Grund der vielfachen Analogien, welche sich zwischen den Molasseschichten und den Sedimenten der heutigen Meere in bezug auf die lithologische Beschaffenheit des Materials und seine organischen Einschlüsse trotz der stattgehabten Gebirgsfaltung ziemlich unverschleiert zu erkennen geben, läßt sich die südbayrische Oligocänmolasse in vier verschiedene, doch gleichaltrige und miteinander im heteropischen Verbande stehende Faziestypen gliedern. Hierher gehören:

*A.* Der oligocäne Tiefseeton, welcher insbesondere durch seine Fossilarmut und seinen Mangangehalt als eine Ablagerung der Tiefsee gekennzeichnet ist.

*B.* Die Cyprinenschichten oder die an marinen Petrefakten reichen Ablagerungen der Flachsee.

Beide Faziestypen bilden zusammen die untere Meeresmolasse und besitzen nicht mitteloligocänes, sondern wie die folgenden oberoligocänes Alter.

C. Die Cyrenenschichten, welche, wie namentlich durch das reichliche Vorkommen von limnischen und brackischen Seichtwasserbewohnern, Wellenfurchen mit Trockenrissen und sonstigen Stranderscheinungen erwiesen wird, am Rande eines teilweise ausgekütteten Ästuariums entstanden sind und den oberoligocänen, kohlenführenden Sotzkaschichten Österreichs entsprechen.

D. Die bunte Molasse. Infolge des Mangels an reduzierten Substanzen behielt sie die lateritische Färbung der unter dem Einflusse eines subtropischen Klimas gebildeten oligocänen Verwitterungsprodukte bei. Die letzteren wurden in den nördlicheren, der tieferen Küstenzone angehörigen Beckenteilen ursprünglich als roter Kontinentalschamm, in den südlicheren, der seichten Küstenregion zuzurechnenden Gebieten jedoch in vielfacher Wechsellagerung mit fluviatilen Konglomeraten abgesetzt. Die unter solchen Verhältnissen im Bereich des oberbayrischen Kohlenreviers entstandene bunte Molasse ist in der Hauptsache eine brackische Ablagerung der Flachsee. In der Schweiz dürfte die bunte Molasse auch noch anderen Faziesbezirken angehören.

IV. Fazielle Ähnlichkeit mit diesen Gesteinstypen zeigen bei unumhafter Altersverschiedenheit auch ihre jüngeren isopischen Äquivalente, nämlich die Promberger Schichten, die oberen Cyrenenmergel und die obere bunte Molasse.

V. Außer obigen Dauergesteinen kommen in der südbayrischen Oligocänmolasse noch quarzige Leitschichten vor, die sich durch ihr eigenartiges Detritusmaterial von den übrigen Molasseschichten unterscheiden, über das ganze Kohlenrevier verbreitet und an bestimmte Horizonte gebunden sind. Hierzu zählen die Quarzkonglomerate der Bausteinzone und die Doppellage der Glassande.

VI. Die Cyrenenschichten bilden die kohlenführende und die übrigen Gesteinsarten die flözleere Fazies der südbayrischen Oligocänmolasse.

Die Schichtenfolge derselben ist vom Hangenden zum Liegenden nachstehende:

6.  $\left\{ \begin{array}{l} \text{(a) die obere bunte Molasse bei Peißenberg (mit vereinzelten, sehr feinkörnigen, linsenförmigen Konglomeratablagerungen); sie wird vertreten durch} \\ \text{(b) die Promberger Schichten bei Penzberg;} \end{array} \right.$
5. die oberen Cyrenenschichten mit den Glassanden und der Gruppe der Miesbach-, Penzberg- und Peissenberger Flöze;
4.  $\left\{ \begin{array}{l} \text{(a) die Haushamer Flözgruppe im Osten (mit kleinen linsenförmigen Konglomerateinlagerungen); sie wird vertreten durch} \\ \text{(b) die untere bunte Molasse im Westen (mit Konglomeratbänken im Gebiete der seichteren Küstenzone);} \end{array} \right.$

3. die **unteren Cyrenenschichten** mit der **Gruppe der Philipp-Kamerloher-Eschelsbacher- und Ammerleitenflöze** in der **Bausteinzone** (Hauptzug der Konglomerate);
2. die **Cyprinenschichten** (in seichteren Küstengebieten im Westen teilweise vertreten durch hunte Molasse mit Konglomeraten);
1. der **oligocäne Tiefseeton.**

VII. Durch die Korrelation der Fazies, welche den heteropischen Schichtenverband zwischen den Haushamer Cyrenenschichten und der unteren bunten Molasse erklärt, wird auch die zeitliche Äquivalenz der Promberger Schichten mit der oberen bunten Molasse verständlich.

VIII. Die Faziesentwicklung der Molasse, die Lagerungsverhältnisse der letzteren, die Verbreitung der quarzigen Leitschichten, welche eine Identifizierung der Penzberg-Peißenberger Schichten gestatten, sowie das Vorkommen von typischen Wellenfurchen und vertieften Kriechspuren mit ausgeprägten Fransenzenen auf der Oberseite oder von Fließwülsten auf der Unterseite der Gesteinsbänke in der Grube Peißenberg und in genauer bekannten Gebieten des oberbayrischen Kohlenreviers ermöglichen dem Nachweis der normalen Lagerung der Peißenberger Flöze, die unter dem Ammertale in erreichbarer Teufe fortsetzen und dem dortigen Bergbau einen dauernden Betrieb sichern, zumal die Ausbeutung des ärarialischen Kohlenfeldes durch Ausnutzung der riesigen Wasserkraft der Ammer namhaft verbilligt werden kann.

IX. Für die Gumbelsche Hypothese, nach welcher der kohlenführende Schichtenkomplex in Peißenberg überkippt und das Ammertal flözleer wäre, fehlt der Nachweis jenes Luftsattels, auf den sich diese Annahme stützt.

X. Die von Rothpletz versuchte Gleichstellung der oberen und unteren bunten Molasse ist insbesondere aus stratigraphischen Gründen nicht zulässig und steht überdies mit den unter Punkt I angeführten Sätzen im Widerspruch. Was er auf den fossilen Wellenfurchen des Peißenberges für Kriechspuren hält, sind problematische Fossilien ohne Beweiskraft, und was er für kleine Sandhügel deutet, sind in Wirklichkeit Vertiefungen, welche auf der Oberfläche des Schlammssandes durch aufsteigende Gasblasen entstanden sind. Die für die Unterscheidung der Ober- und Unterseite einer Gesteinsbank wichtige morphologische Eigentümlichkeit der Wellenfurchen wurde von Rothpletz nicht beachtet. Auch seine Ausführungen über die Trockenrisse sind nicht zutreffend, da seine Gesteinsproben nicht dem charakteristischen Hauptaufschluss der Wellenfurchen in der Grube Peißenberg entstammen, sondern einem benachbarten Fundpunkte entnommen wurden, wo die Hangend- und Liegendgesteine andere sind.

XI. Die in den Geognostischen Jahreshften, München 1903, enthaltenen Ausführungen Bärtlings über die Lagerung der Peißen-

berger Flöze beruhen auf irrgen Beobachtungen. Denn die Promberger Schichten kommen in Peißenberg nicht im Hangenden des oberen Glassandes zwischen der oberen bunten Molasse und den Cyrenenmergeln vor, sondern die Promberger Versteinerungen finden sich daselbst nur im Liegenden des oberen Sandes in einzelnen geringmächtigen marinen Zwischenlagen.

XII. Die in den Promberger Schichten häufig vorkommenden Petrefakten, welche v. Ammon für Cyprinen (*Cyprina rotundata Br.*) erklärt, sind nach den genauen Bestimmungen Wolffs Cyrenen (*Cyrena gigas Hofmann*).

Über die Ergebnisse weiterer Untersuchungen wird an anderer Stelle berichtet werden.

---

### Literaturnachweise.

- (1) 1792. Flurl: Beschreibung der Gebirge von Bayern und der oberen Pfalz. München.
- (2) 1861. Gümbel: Geognostische Beschreibung des bayrischen Alpengebirges und seines Vorlandes. Gotha.
- (3) 1875. Weisbach: Lehrbuch der theoretischen Mechanik. Braunschweig.
- (4) 1879. Bunte: Jahresberichte der Heizversuchsstation. München.
- (5) 1881. Fischer, P.: Manuel de Conchyliologie ou histoire naturelle des mollusques vivants et fossiles. Paris.
- (6) 1881. Nathorst: K. Svenska Vetens. Akademins Handlingar. Bd. XVIII. Stockholm.
- (7) 1885. Zittel: Handbuch der Paläontologie. I. Abt. Bd. II. München-Leipzig.
- (8) 1887. Kerner v. Marilaun: Pflanzenleben. Bd. I. Leipzig.
- (9) 1887. Neumayr: Erdgeschichte. Bd. I. Leipzig.
- (10) 1887. Neumayr: Erdgeschichte. Bd. II. Leipzig.
- (11) 1888. v. Gümbel: Geologie von Bayern. Bd. I. Kassel.
- (12) 1889. Bornemann: Über den Buntsandstein in Deutschland und seine Bedeutung für die Trias nebst Untersuchungen über Sand- und Sandsteinbildungen im allgemeinen. Jena.
- (13) 1889. Teller, F.: Zur Kenntnis der Tertiärablagerungen des Gebietes von Neuhaus bei Cilli in Südsteiermark. Separatabdruck der Verhandl. d. k. k. geol. R.-A. Nr. 12. Wien.
- (14) 1890. Korschelt: Die Haushamer Mulde östlich der Leitzach bei Miesbach. Geognostische Jahresshete. Bd. III, S. 44. München.
- (15) 1892. Forel, F.: Le Léman. Monographie Limnologique. T. I. Lausanne.
- (16) 1893. Stuchlik: Geologische Skizze des oberbayrischen Kohlenreviers. Österr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenwesen, Nr. 30, S. 380. Wien.
- (17) 1893. Zirkel: Lehrbuch der Petrographie. Bd. I. Leipzig.
- (18) 1893. Walther: Einleitung in die Geologie als historische Wissenschaft. Beobachtungen über die Bildung der Gesteine und ihrer organischen Einschlüsse. Jena 1893/94.

[73] Die Faziesentwicklung der südbayrischen Oligocänmolasse. 349

- (19) 1894. v. Gümbel: Geologie von Bayern. Bd. II. Kassel.
- (20) 1895. Forel, F.: Le Léman. Monographie Limnologique. T. II. Lausanne.
- (21) 1895. Fuchs: Studien über Fucoiden und Hieroglyphen. Wien.
- (22) 1896. Keilhack: Lehrbuch der praktischen Geologie. Stuttgart.
- (23) 1897. Wolff: Die Fauna der südbayrischen Oligocänmolasse. Palaeontographica. Bd. XLIII, S. 223. München.
- (24) 1898. Hertle: Das oberbayrische Kohlevorkommen und seine Ausbeute. Glückauf. Essen.
- (25) 1899. Günther: Handbuch der Geophysik. Bd. 2. Stuttgart.
- (26) 1899. Weithofer: Zur Kenntnis der oberen Horizonte der oligocänen Brackwassermolasse Oberbayerns und deren Beziehungen zur miocänen (oberen) Meeresmolasse im Gebiet zwischen Inn und Lech. Separatabdruck aus den Verhandl. d. k. k. geol. R.-A. Nr. 10, S. 269. Wien.
- (27) 1900. v. Ammon: Über das Vorkommen von Steinschrauben (*Daemonhelix*) in der oligocänen Molasse Oberbayerns. Geognostische Jahresshefte. Bd. XIII, S. 55. München.
- (28) 1900. Walther: Das Gesetz der Wüstenbildung in Gegenwart und Vorzeit. Berlin.
- (29) 1901. Penck und Brückner: Die Alpen im Eiszeitalter. Leipzig.
- (30) 1902. Darwin: Ebbe und Flut sowie verwandte Erscheinungen im Sonnensystem. Leipzig.
- (31) 1902. Weithofer: Einige Querprofile durch die Molassebildungen Oberbayerns. Separatabdruck aus dem Jahrb. d. k. k. geol. R.-A. Bd. LII, Heft 1, S. 39. Wien.
- (32) 1902. Liebus: Ergebnisse einer mikroskopischen Untersuchung der organischen Einschlüsse der oberbayrischen Molasse. Separatabdruck aus dem Jahrb. d. k. k. geol. R.-A. Bd. LII, Heft 1, S. 71. Wien.
- (33) 1903. Bärtling: Die Molasse und das Glazialgebiet des Hohen Peißenberges und seiner Umgebung. Geognostische Jahresshefte Bd. XVI. München.
- (34) 1904. Forel, F.: Le Léman. Monographie Limnologique. T. III. Lausanne.
- (35) 1904. Rothpletz: Die fossilen oberoligocänen Wellenfurchen des Peißenberges und ihre Bedeutung für den dortigen Bergbau. Separatabdruck aus den Sitzungsber. der math.-phys. Klasse der kgl. bayr. Akademie der Wissenschaften. Bd. XXXIV, Heft III. München.

## Inhaltsverzeichnis.

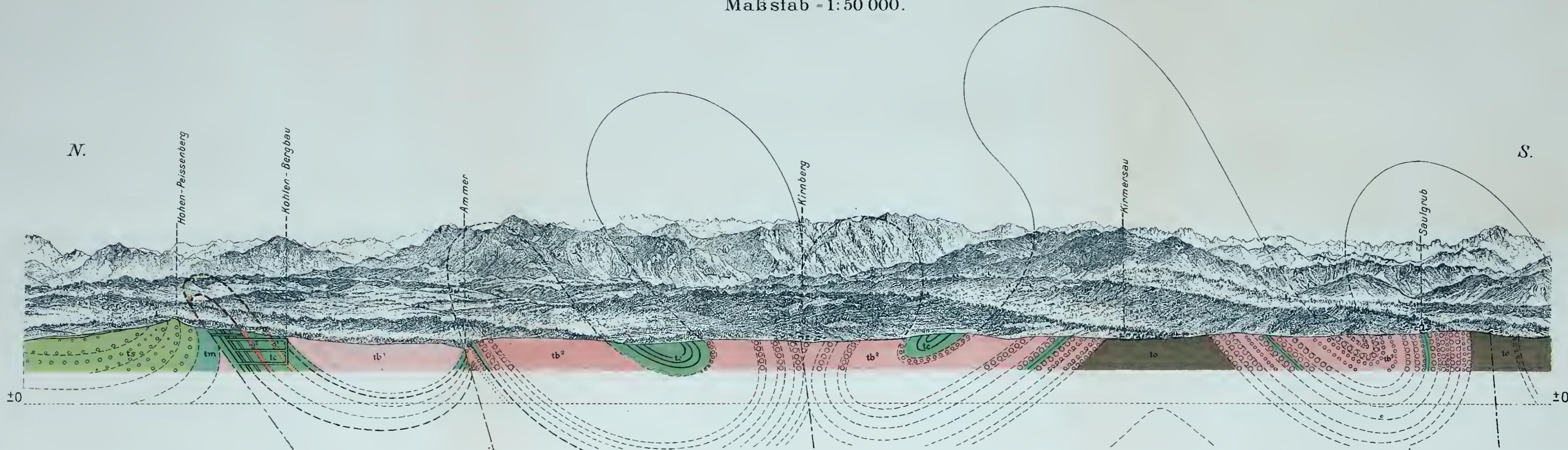
	Seite
Vorwort . . . . .	277
Geologische Einleitung . . . . .	278
<b>I. Faziesverschiedenheiten im allgemeinen . . . . .</b>	<b>280</b>
<b>II. Die Dauerfossilien der Oligocänmolasse . . . . .</b>	<b>285</b>
A. Bathymetrische Tabelle der Mollusken . . . . .	286
B. Bathymetrische Tabelle der Foraminiferen . . . . .	288
Jahrbuch d. k. k. geol. Reichsanstalt, 1906, 56. Band, 2. Heft. (H. Stuchlik.)	46

	Seite
<b>III. Die Faziestypen der südbayrischen Oligocänmolasse . . . . .</b>	290
A. Der oligocäne Tiefseeton . . . . .	290
B. Die Cyprinenschichten als Flachseeablagerung der unteren Meeresmolasse . . . . .	292
C. Die Cyrenenschichten als brackische Randbildung eines Ästuariums	294
D. Die bunte Molasse als brackische, lateritisch gefärbte Bildung der Flachsee . . . . .	297
<b>IV. Die isopischen Schichten der Faziestypen . . . . .</b>	307
<b>V. Die Leitschichten der Oligocänmolasse . . . . .</b>	309
<b>VI. Schlussfolgerungen für das Peissenberger Problem . . . . .</b>	312
a) Die Lagerungsverhältnisse des Peissenberger Kohlenfeldes . . . . .	316
b) Die Identifizierung der Penzberg-Peissenberger Schichten . . . . .	322
<b>VII. Kontrolle der Schlussfolgerungen durch die Erscheinungen auf den Schiehtflächen . . . . .</b>	331
<b>VIII. Zusammenstellung der Ergebnisse . . . . .</b>	345
Literaturnachweise . . . . .	348

Tafel VII.(I.)

## Profil von Hohen-Peissenberg nach Saulgrub.

Maßstab = 1: 50 000.

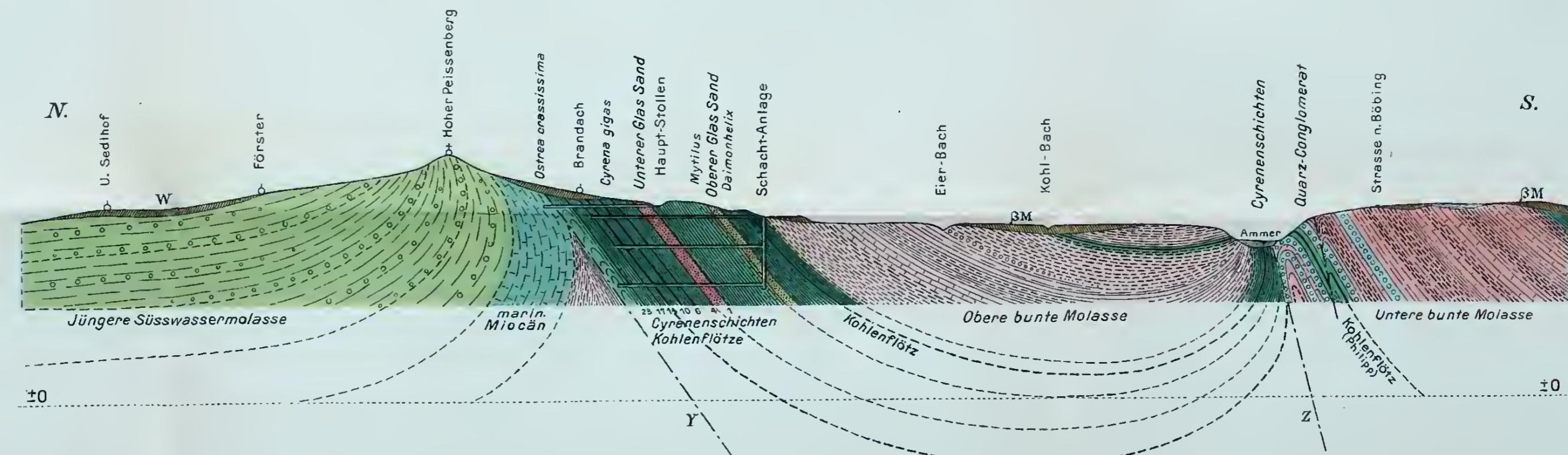


### Farben-Erklärung:

ts	Jüngere Süßwassermolasse
tm	Jüngere Meeresmolasse
tb	Kohlenflöze
tc	Cyrenenschichten
tb <sup>1</sup>	Obere } bunte Molasse
tb <sup>2</sup>	Untere }
gr	Oberer Glas-Sand
gr	Unterer Glas-Sand
qc	Quarz-Conglomerat
to	Untere Meeresmolasse
BM	Bühl-Moränen
W	Würm-Moränen

## Profil von Peissenberg.

Maßstab = 1: 25 000.



Jahrbuch der k. k. geologischen Reichsanstalt, Band LVI, 1906.  
Verlag der k. k. geologischen Reichsanstalt, Wien, III., Rasumoffskygasse 23.

Nach den geologischen Aufschlüssen der Grube Peissenberg, der Ammer,  
Ach und Eyach entworfen von H. Stuchlik.



Fig. 1.

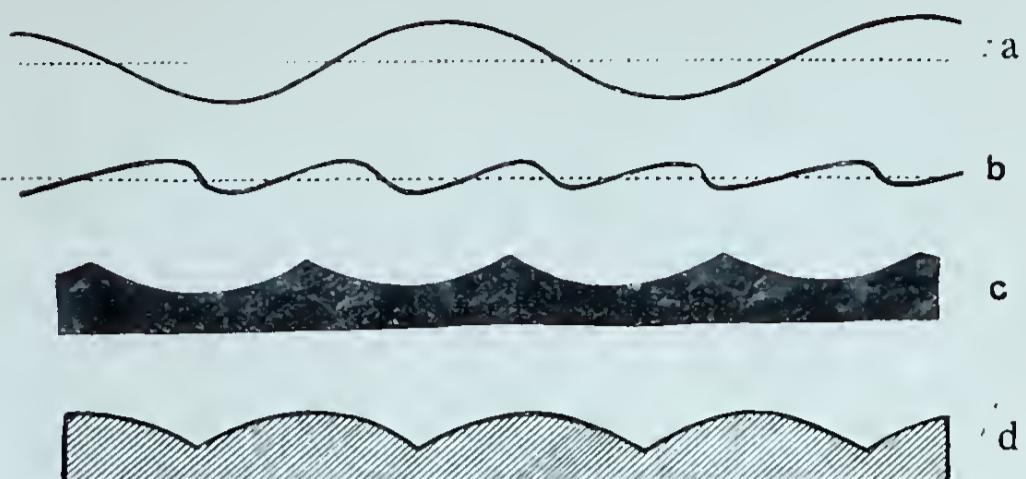


Fig. 2.

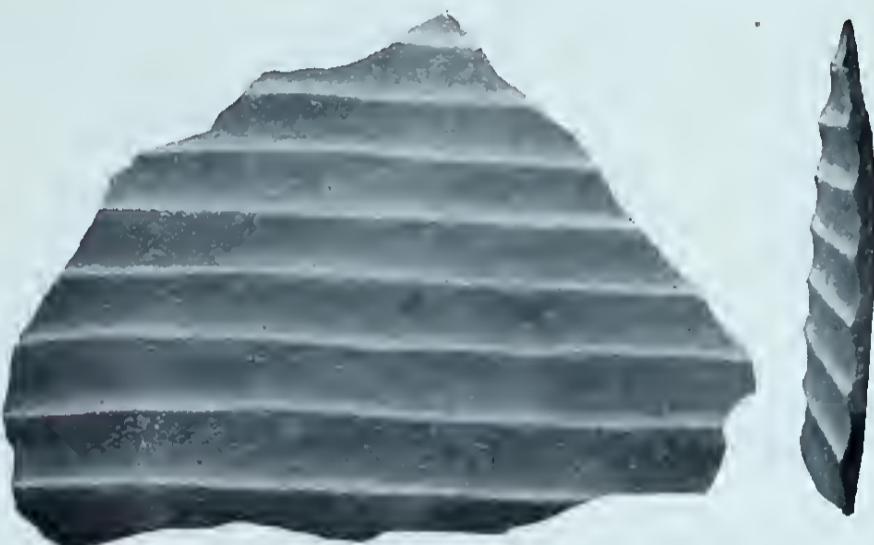
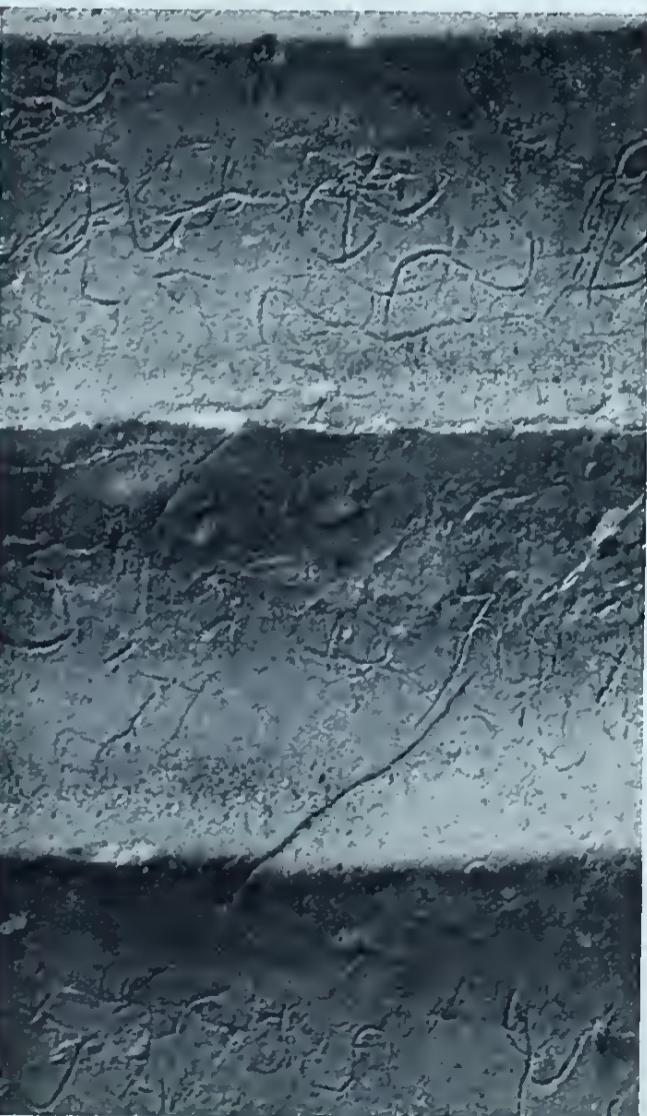


Fig. 3.



### Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1. Wellenfurchenprofile.

- a) Wellenprofil, durch welches eine Unterscheidung der ursprünglichen Ober- und Unterseite (Hangend und Liegend) der Gesteinschichten nicht möglich ist;
- b) Wellenprofil, welches die Luv- und Leeseite erkennen lässt;
- c) Profil typischer Wellenfurchen, kennzeichnend für die ursprüngliche Ober- oder Hangendseite der Schichten;
- d) Abguß typischer Wellenfurchen, kennzeichnend für die ursprüngliche Unter- oder Liegendseite der Gesteinsbänke.

Fig. 2. Fossile, typische Wellenfurchen ans den Molassensandsteinbrüchen bei Lechbrück. Die Oberseite der Platte erscheint hier in der Draufsicht und Seitenansicht.  $\frac{1}{10}$  nat. Gr.

Fig. 3. Vertiefte Kriechspuren auf den fossilen Wellenfurchen von Lechbrück. Oberseite der Platte.  $\frac{1}{2}$  nat. Gr.

Fig. 4. Fossile, typische Wellenfurchen auf der Oberseite einer Sandsteinschicht im zweiten Tiefbau der Grube Peissenberg (östliche Grundstrecke Flöz Nr. 8). Die Gesteinsbank verflacht unter  $52^{\circ}$  nach Süd; mit dieser Falllinie stimmt die Richtung der Wellenfurchen nahezu überein.  $\frac{1}{10}$  nat. Gr.

Fig. 5. Vertiefte Kriechspuren von kleinen wurmartigen Insektenlarven auf typischen Wellenfurchen der Grube Peissenberg. Oberseite der Bank.  $\frac{1}{2}$  nat. Gr.

Fig. 6. Annelidenführte mit vertieftem Band und zwei seitlichen, parallelen Wülsten (Fransenzonen), Kriechspuren kleiner Insektenlarven, Trockenrisse und Abdrücke von Bivalvenschalen auf typischen Wellenfurchen der Grube Peissenberg. Oberseite der Bank.  $\frac{1}{3}$  nat. Gr.

Anmerkung. Das Licht fällt bei den Abbildungen von links oben ein.

Fig. 4.

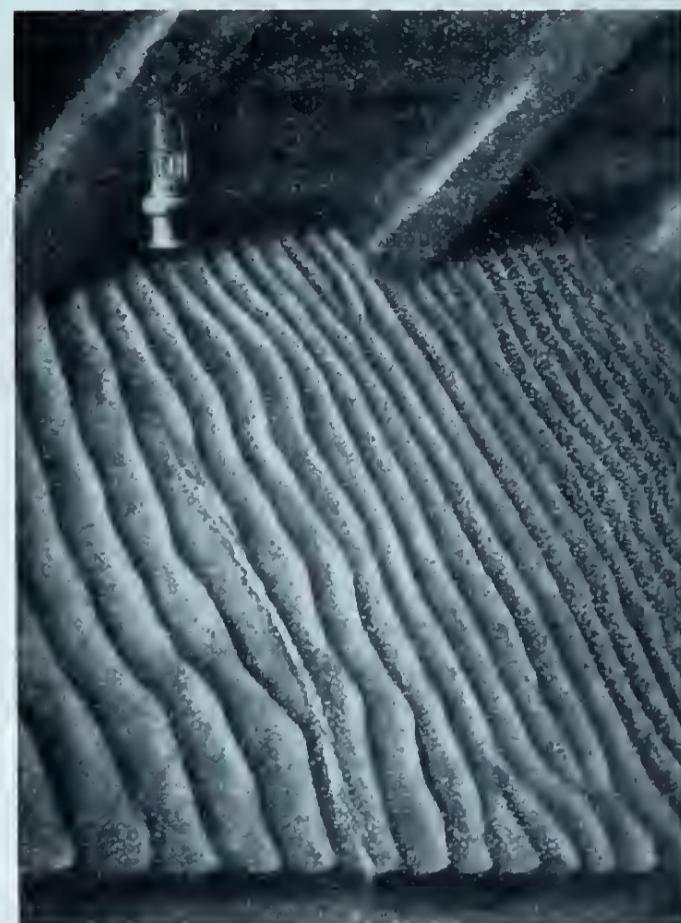


Fig. 5.



Fig. 6.

