

# Zeitschrift für praktische Geologie.

1904. Februar.

## Die geologischen Verhältnisse von Boryslaw in Ostgalizien.

Von

Prof. Dr. Rudolf Zuber.

Das in den letzten Jahren so berühmt gewordene reiche Erdölgebiet von Boryslaw<sup>1)</sup> war bereits wiederholt Gegenstand geologischer Darstellungen.

In der neuesten Zeit sind es besonders drei Autoren, welche in ihren Zusammenstellungen den letzten bergmännischen Erfahrungen gerecht werden wollen, und zwar die Herren J. Muck, J. Holobek und F. Bartonec<sup>2)</sup>.

Trotzdem in diesen Darstellungen einzelne Beobachtungen richtig angeführt sind, so ist die Gesamtaufassung der Schichtenfolge und Tektonik z. T. irrig, da die obenbenannten Autoren sich nur auf das allernächste Grubengebiet beschränkt haben und die komplizierten stratigraphischen und tektonischen Verhältnisse des Karpatenrandes in weiterer Ausdehnung zu studieren überhaupt keine Gelegenheit hatten.

Da solche irrthümlichen Auffassungen nicht nur in geologisch-theoretischer, sondern auch in bergmännisch-praktischer Beziehung zu unerwünschten Folgerungen führen können, so erachte ich es für nützlich, meine eigene Auffassung dieses Gebietes zum Ausdruck zu bringen, welche auf viel umfassendere Studien und Erfahrungen gegründet ist, wie diejenigen sein konnten, welche den anderen Autoren zur Verfügung standen.

<sup>1)</sup> Vergl. „Fortschritte“ I S. 126; Zeile 12 v. o. lies dort S. 27 statt 97.

<sup>2)</sup> Josef Muck: Der Erdwachsbergbau in Boryslaw. Berlin 1903, J. Springer (218 S. m. 53 Textfig. u. 2 Taf. Pr. 6 M.) S. 31. — Dasselbst sind auch die verschiedenen früheren graphischen Darstellungen anderer Autoren wiedergegeben.

Johann Holobek: Die geologischen Verhältnisse der Erdwachs- und Erdöllagerstätten in Boryslaw. Führer für Exkursionen des IX. Internat. Geologenkongresses. Wien 1903. — Vergl. auch Mentzel: Der IX. Internat. Geologenkongreß in Wien: IV. Boryslaw. Glückauf 1903 S. 1073 bis 1085 m. 6 Fig.

Franz Bartonec: Ergebnisse der vom k. k. Ackerbauministerium im J. 1902 eingesetzten Kommission zur Untersuchung der Betriebsverhältnisse des Erdwachsbergbaues in Galizien. Bergmännisch-geologischer Teil. Wien 1903.

Boryslaw liegt knapp am nordöstlichen Karpatenrand fast in der Mitte zwischen den Tälern des Dniestr und Stryj und am Austritt des kleinen Flübchens Tysmienica aus den Karpaten.

Die äußerste karpatische Gebirgskette verläuft hier auf längerer Strecke fast gerade von NW nach SO und hebt sich auch orographisch sehr deutlich und ziemlich scharf gegen das unmittelbar anstoßende vorkarpatische Hügelland ab.

Wie wir weiter sehen werden, ist dieser orographische Gegensatz nicht nur in der stratigraphischen Zusammensetzung, sondern auch in der Tektonik begründet, da dieser Gebirgsrand einer sehr weit verfolgbareren Überschiebung der älteren karpatischen über die nur dem vorkarpatischen Hügellande eigentümlichen jüngeren Formationen entspricht.

Zu oberst finden wir in der Umgebung von Boryslaw eine stellenweise ziemlich mächtige Decke von alluvialen und diluvialen Lehm- und Schottermassen. In letzteren wurden mehrfach Mammut-Reste, wie auch eine sehr interessante, in eingesickertem Erdöl eingebettete, von Lomnicki näher untersuchte Insekten-Fauna<sup>3)</sup> gefunden, welche einen ausgesprochen borealen Charakter aufweist. Glazial-Spuren kommen in dieser Gegend nicht vor. Es kann aber keinem Zweifel unterliegen, daß bereits zur Glazialzeit Erdöl-Quellen und Tümpel vorhanden waren, welche ein Massengrab für jene borealen Insekten werden sollten.

Das nächstältere Glied bildet die subkarpatische untermiocäne Salzformation (im beiliegenden Profil Fig. 6 mit 4 bezeichnet). Dieselbe besteht in ihrer Hauptmasse aus mächtigen, aschgrauen Tonlagern, welche meistens ungeschichtet, teilweise sandig, seltener auch mergelig sind. Denselben eingeschaltet kommen flache und unregelmäßig verteilte Sandstein-Schichten und -Linsen vor. Diese Sandsteine sind fein- oder grobkörnig, tonig, oft gas- und ölhaltig und führen oft recht viel von verkohltem oder bituminisiertem Pflanzen-Detritus, was indeß ebenso,

<sup>3)</sup> M. Lomnicki: Owady kopalne z Boryslawia (polnisch; Fossile Insekten von Boryslaw.) Herausgegeben vom Dzieduszyckischen Landesmuseum. Lemberg 1894.

wie auch mitunter größere Landpflanzen-Fragmente, auch in Ton vorkommt. Beachtenswert sind in dieser Formation unregelmäßig verteilte, abgerollte, exotische Blöcke oft von ansehnlicher Größe, und zwar sind es hauptsächlich lichte, sehr feste Tithonkalke (Stramberger Kalk), wie auch unzweifelhaft echte karpatische Flyschgesteine, wie eocäne und kretaceische Hieroglyphensandsteine und Hornsteine der unteroligozänen Menilitschiefer.

Sowohl die Tone, wie auch die Sandsteine sind sehr reich an Gips und Steinsalz, welche in feiner Verteilung, in losen Kristallen oder in Nestern, Adern, Linsen und sogar deutlichen Lagern auftreten. Alle Schachtwässer sind stark salzig; eine Menge Solquellen kommen überall zum Vorschein; im nahe liegenden Badeort Truskawiec (5 km östlich von Boryslaw) befinden sich Sool- und Schwefelbäder; außer mehreren aufgelassenen alten Siedesalinen bestehen heute noch die ärarischen Salzwerke Drohobycz (8 km nordöstlich) und Stebnik (8 km östlich von Boryslaw).

Ferner wurde bei Truskawiec in derselben Formation Zinkblende, Bleiglanz und gediegen Schwefel sogar in beträchtlicher Menge gefunden, und an der „Pomiarki“ genannten Stelle (2 km südlich vom Badeort) wurde in unmittelbarer Nähe des dortigen Erdöl- und Erdwachs-Gebietes ein bedeutendes Lager von reinem Glaubersalz erbohrt<sup>4)</sup>.

Nebenbei will ich noch bemerken, daß meiner Ansicht nach die Salzformation, wenigstens dieses Gebietes, keine echt marine Bildung ist, sondern wahrscheinlich nur die Ausfüllung eines oder einiger abflußloser Wüstenseebecken im Sinne der Ansichten von Joh. Walther<sup>5)</sup> darstellt. Daß übrigens das Salz dieser Formation hauptsächlich nicht durch direkte Verdampfung von Meerwasser, sondern durch Auslaugung der anliegenden karpatischen Gesteine entstanden sein dürfte, wurde bereits von F. Kreutz<sup>6)</sup> hervorgehoben, und es kann diese Ansicht durch die Waltherschen Ausführungen, wie auch

<sup>4)</sup> Es spricht dies wohl recht gewichtig gegen die Höfersche Ansicht, daß bituminöse Ablagerungen sulfatfrei sein müßten. (Hofrat Hans Höfer: Erdöl-Studien. Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss. Wien. Math.-naturw. Kl. Bd. CXI. Abt. I. Juli 1902). Übrigens werden ja die löslichen Sulfate nicht durch Bitumen oder jede organische Substanz überhaupt, sondern nur durch die Lebendigkeit gewisser ganz spezifischer Mikroorganismen zersetzt.

<sup>5)</sup> Johannes Walther: Das Gesetz der Wüstenbildung. Berlin 1900.

<sup>6)</sup> F. Kreutz: Über den Ursprung des Steinsalzes am Rande der Karpaten. Verh. geol. Reichsanst. 1881. S. 119—121.

durch die sonstigen Verhältnisse der subkarpatischen Salzformation nur weiter unterstützt werden.

Das Erdöl der Salzformation kommt in unregelmäßiger Verteilung nur in den oben erwähnten Sandsteineinschaltungen vor, und zwar gibt es hier neben ganz trockenen Sandsteinpartien recht gas- und ölleiche, wie auch solche, welche von der weichen, schmierigen, von kohligter Beimischung schwarz gefärbten und von den heimischen Arbeitern „Kindybal“ genannten Erdwachssorte, oder auch von reinem, festem Erdwachs imprägniert sind.

Für die richtige Beurteilung der genetischen Verhältnisse dieser Vorkommen ist es wichtig, schon hier zu betonen, daß die Öl, Gas und Wachs führenden Sandsteinlinsen nach allen Seiten hin von mächtigen, ganz undurchlässigen Tonmassen abgesperrt sind, — ferner, daß Steinsalzkrystalle mit hermetisch eingeschlossenen Öltropfen, Gasblasen, Erdwachspartikeln und kohligem Detritus nicht selten gefunden werden.

Das Erdwachs kommt sowohl in Schichten, wie auch in Kluff-Ausfüllungen vor. Da das erstere besonders in der letzten Zeit und sogar von offizieller Seite in Abrede gestellt wurde, so muß ich hier in entschiedenster Weise behaupten, daß ich seit mehr wie zwanzig Jahren in zahlreichen Schächten und Querschlägen ganz unzweifelhafte Schichten von Erdwachs gesehen habe, und es wird dies auch durch die schönen Detailprofile einiger älterer Schächte und Stollen der früheren „Compagnie Commerciale Française“ in Wolanka, welche noch im Jahre 1881 vom Ing. L. Syroczyński<sup>7)</sup> publiziert wurden, in vollstem Maße bestätigt. Wenn auch die Feststellung der Schichtennatur in oft ungeschichteten Tonmassen nicht leicht ist, so verschwindet jeder Zweifel dort, wo man die Wachsschichten an der Grenze von Sandstein- und Tonschichten auf weitere Strecken verfolgen kann. Die Wachsschichten sind allerdings wenig mächtig und keilen oft aus.

Die größten Wachsmassen sind aber in sehr verschieden verteilten und orientierten Adern, Nestern und Klüften angesammelt, wie dies in beifolgendem Profil Fig. 6 annäherungsweise zur Anschauung gebracht wurde.

Der heute im Betrieb stehende Erdwachsbergbau hat einige (hauptsächlich zwei) reichere, steil nach Norden geneigte Klüfte im nördlichen Teil des Boryslawer Revieres

<sup>7)</sup> L. Syroczyński: Kopalnie oleju skalnego i wosku ziemnego w Boryslawiu (polnisch; Die Erdöl- und Erdwachs-Gruben in Boryslaw). Kosmos. Bd. VI. Lemberg 1881.

auf etwa 300 m Teufe aufgeschlossen. In den südlich davon liegenden Petroleum-Tiefbohrungen wurden aber noch bis 700 m tief ganz bedeutende Erdwachsmassen angetroffen und durchteuft.

Allgemein bekannt und bereits mehrfach beschrieben ist der riesige Druck, welcher in dem Boryslawer Erdwachs- und Erdöl-Gebiete herrscht. Die stärksten Zimmerungshölzer werden in den Stollen wie Streichhölzer zerbrochen und zerrieben; ganze Schächte werden aus dem Lot gebracht und sogar schraubenförmig verdreht; gewalzte Bohrröhre werden wie Strohhalme zerdrückt; meterlange Erdwachssträhne werden mit stark deformierten Salzstücken aus den Klüften momentan herausgepreßt; plötzliche Ausfüllungen der Schächte und Stollen durch herausgedrücktes Erdwachs sind besonders in früheren Zeiten nicht selten vorgekommen.

Die Plastizität der gesamten Formation und der durch viele Jahre betriebene regellose Raubbau haben zur Folge, daß die Oberfläche des Hauptbergbaugesbietes in fortwährender Bewegung begriffen ist. Daher ist auch der obere Teil der Salzformation stellenweise bis zu etwa 100 m Tiefe vollkommen verrutscht und vielfach umgelagert.

Bemerkenswert ist noch der Umstand, daß das Erdöl dieser miocänen Salzformation in den verschiedenen Teilen des boryslawer Gebietes von nicht gleicher Beschaffenheit ist: im westlichen Gebiete ist es dickflüssiger, schwarzbraun und sehr paraffinreich, im Osten (Tustanowice-Wolanka) ist es dagegen bedeutend leichter, lichter und benzinreich.

Das unmittelbare Liegende der miocänen Salzformation bilden nicht die unteroligocänen Menilitschiefer, wie dies von den meisten Autoren bisher angenommen wurde, sondern eine mächtige, vorwiegend aus Sandsteinen und Konglomeraten bestehende Formation, welche, wie ich bereits vor Jahren nachgewiesen habe, ihre stratigraphische Stellung am Rande der Ostkarpaten unter dem Salzton und über den Menilitschiefern einnimmt, und daher ein Zeitäquivalent des bekannten, mächtigen, nur auf die innerkarpatischen Ketten beschränkten, oberoligocänen Magóra-Sandsteines sein muß.

Diese Schichten wurden noch von Paul und Tietze als „Dobrotower Schichten“ bezeichnet, und ich habe bei Beibehaltung des Namens nur ihre topographische und stratigraphische Bedeutung präzisiert<sup>9)</sup>.

Sie bestehen hauptsächlich aus wohlgeschichteten, oft plattigen, ziemlich festen, tonigen und glimmerigen Sandsteinen, deren fast charakteristisches Merkmal sehr deutliche, parallele Wellenfurchen (Ripple marks) bilden, mit schmalen Einschaltungen dunkler Schiefer. Diese Sandsteine, welche oft von kohligem Landpflanzen-Detritus erfüllt sind, bilden hier den hauptsächlichsten und reichsten Erdölhorizont. Stellenweise sind denselben exotische Blockanhäufungen und konglomeratische Lagen eingeschaltet, welche so überhand nehmen können, daß die ganze Formation nur noch aus mehrere Hundert Meter mächtigen losen Blockmassen von verschiedenen älteren Gesteinen mit einer ungeschichteten, rötlichen, grünlichen oder bräunlichen Tonzwischenmasse besteht.

Die größte Entwicklung erreicht sowohl die Sandstein-Schiefer-, wie auch die Konglomerat-Facies dieser Formation erst weiter im Südosten im Gebiet des Prutflusses und in der Moldau.

In Boryslaw selbst sind diese Schichten nirgends an der Oberfläche aufgeschlossen. Wenn wir aber die zahlreichen Aufschlüsse in der Verlängerung des Streichens verfolgen, so finden wir etwa 12 km nordwestlich in Nahujowice einen ausgezeichneten Aufschluß, welchen ich schon vor zwei Jahren kurz beschrieben habe<sup>9)</sup>, und wo die Dobrotower Schichten mit allen charakteristischen Merkmalen und mit beträchtlichen Erdölausbissen einen unzweifelhaften Sattelaufbruch über den Menilitschiefern und unter dem Salzton bilden, und auch bereits Übergänge zu den Blockanhäufungen aufweisen.

In Boryslaw selbst habe ich auf Grund sorgfältiger Untersuchungen von zahlreichen Bohrprofilen und Bohrproben gefunden, daß dort nach Durchteufung der Salzformation (je nach der Lage der Bohrlöcher in Teufen von 700 bis 1000 m) dunkle Schieferlagen mit festeren Sandsteinbänken auftreten, genau in derselben Art, wie in Nahujowice, und erst hier, und nicht in der Salzformation, erfolgen die großartigen Erdölausbrüche, welche das Gebiet von Boryslaw in den letzten Jahren so berühmt gemacht haben.

Zu den darunter liegenden Menilitschiefern ist man in Nahujowice durch Bohrungen gelangt und hat in denselben, wie sonst fast überall in den Karpaten, gar kein Öl mehr gefunden.

<sup>9)</sup> Näheres hierüber in: R. Zuber: Atlas geologiczny Galicyi (Geologischer Atlas Galiziens) Heft II. Krakau 1888, und in meiner „Geologie der Erdöblagerungen in den Galizischen Karpaten I. Lemberg 1899.

<sup>9)</sup> R. Zuber: Kilka słów o rzekomych śladach lodowca dyluwialnego pod Truskawcem. (Einige Worte über die angeblichen Spuren eines diluvialen Gletschers bei Truskawiec). Kosmos. Bd. XXVI. Lemberg 1901. Das Profil von Nahujowice ist dort auch graphisch dargestellt.

Es folgt daraus der wichtige, praktisch wohl zu beherzigende Schluß, daß, wenn auch die in Boryslaw schon so hoch entwickelte Tiefbohrtechnik noch weitere Fortschritte macht, so, daß die dortigen Bohrlöcher noch beträchtlich mehr vertieft werden können, daselbst mit Erreichung der Menilit-schiefer im Liegenden der jetzt aufgeschlossenen Ölhorizonte die untere Grenze der Ausbeutung erreicht sein wird. Da die Menilit-schiefer ferner nicht nur kein Öl, aber dagegen wasserführende Sandsteine enthalten, so wäre bei deren Anbohrung noch die große Gefahr vorhanden, daß die höher liegenden Ölhorizonte verwässert werden und dadurch verloren gehen könnten.

löcher vor und immer häufiger werden dort verschiedene, harte, exotische Gesteine angetroffen, wie Quarzite, Grauwacken, Chlorit-schiefer und dergl. Schließlich erscheint das Ölgebiet fast plötzlich abgeschnitten, und ein noch im produktivsten Wachsgebiet begonnenes Bohrloch ist bis über 1000 m tief und vollkommen steril geblieben; dasselbe ist aber aus gleichmäßigen, sehr schüttigen (also offenbar sehr steil gelagerten), zum Teil schieferigen Salztonmassen gar nicht herausgekommen. Es besteht hier offenbar eine plötzliche Einsenkung der Schichten, wie dies im Profil Fig. 6 am NO-Rande der Erdwachsgruben eingezeichnet wurde. Ob diese Einsenkung den hier dargestellten

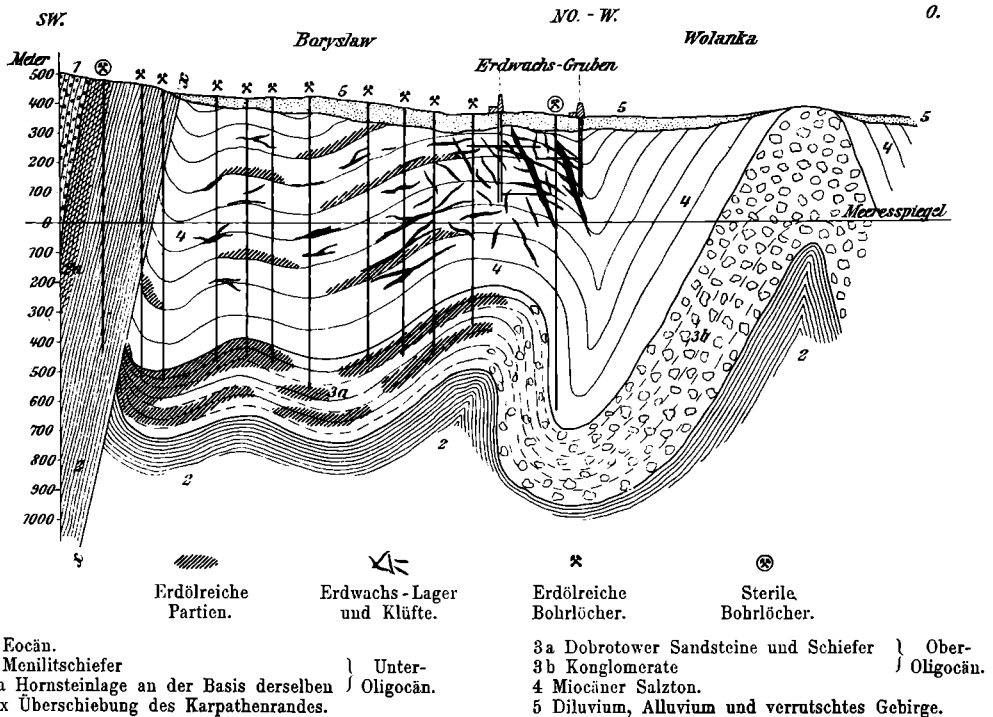


Fig. 6.

Profil durch die Erdöl und Erdwachs führenden Schichten von Boryslaw i. M. 1 : 25 000.

Diese ölführende Sandstein-Schiefer-Facies der Dobrotower-Schichten ist im obigen Profil mit 3 a bezeichnet.

Das Erdöl ist hier zwar in sehr großer Menge vorhanden, — die gegenwärtige Produktion von Boryslaw läßt sich rund auf ungefähr 4000 Waggon zu 10 000 kg monatlich schätzen, — es ist aber, wie in allen sonst bekannten Ölgebieten der ganzen Welt, nicht gleichmäßig verteilt. Sehr ölrreiche Partien wechseln mit weniger ergebnissen und sogar mit ganz sterilen innerhalb derselben Schichtenfolge ab, wie dies in Fig. 6 angedeutet wurde.

Gegen NO. zu (Wolanka) kommen nach und nach immer weniger ergebnisse Bohr-

Muldencharakter, oder vielleicht denjenigen einer Flexur oder Verwerfung trägt, läßt sich vorläufig nicht entscheiden.

Etwas weiter östlich kommen schon an der Oberfläche die mehrfach erwähnten Konglomeratmassen (3 b) zum Vorschein, und dieselben bilden auch ein orographisch hervortretendes Element, welches aus der flachen Salztonlandschaft als eine besser ausgeprägte Hügelreihe emporragt. Man kann diese, ihre bunte Zusammensetzung überall verratende Hügelreihe im Streichen gegen SO. bis nach Truskawiec verfolgen, wo die Blockanhäufungen südlich vom Badeorte am Worotyszcz-Bach gut aufgeschlossen sind, und wo am Nordabhange derselben in der

„Luh“ genannten Waldpartie wieder Erdwachs und salzhaltige Tone auftreten, und ein hier bis über 1000 m tiefes Bohrloch unter dem Salzton in jene Konglomerate hineingeraten ist und dieselben nicht durchteufen konnte; dieses Bohrloch ist steril geblieben.

Nördlich vom Badeorte. erscheint noch einmal ein Aufbruch dieses, hier aus ganz riesigen Blöcken bestehenden Konglomerates, in dessen Mitte (ebenso, wie bei Nahujowice) noch ein kleiner, steil emporgehobener Sattel von echten Menilitschiefern zum Vorschein kommt. Es wird hier daher jeder Zweifel über die stratigraphische Stellung der besagten Gebilde beseitigt<sup>10)</sup>.

Auch nordwestlich von Boryslaw bilden diese Blockanhäufungen den von weitem sichtbaren Hügel Kamionka (412 m Meereshöhe), an der Nordseite des Nachbardorfes Popiele.

Erst unter den Dobrotower Schichten folgen bei normaler Lagerung die unteroligocänen Menilitschiefer (2), welche bereits zu den eigentlichen karpatischen Formationen gehören.

Dieselben bestehen aus einer mehrere Hundert Meter mächtigen Folge von bituminösen, schwarzbraunen, weißlich oder gelb verwitternden, schüttigen Tonschiefern mit zahlreichen Fischresten und Einschaltungen von charakteristischen gestreiften Hornsteinen (zum Teil echte Menilitopale, woher auch die landläufige Benennung der gesamten Formation herrührt), welche letztere besonders in den Ostkarpaten an der Basis dieser Stufe gegen die darunter folgenden Eocänschichten, eine kompakte, bis 20—30 m mächtige sehr widerstandsfähige und charakteristische Lage bilden. (2 a in Fig. 6.)

Die Schichtflächen der bituminösen Menilitschiefer sind oft von zahlreichen Gipsausblühungen bedeckt, und die gelben Anflüge bestehen hauptsächlich aus basischen Eisen- und Eisenaluminium-Sulfaten<sup>11)</sup>.

Die Sandsteineinschaltungen dieses Horizontes enthalten in dieser Gegend nirgends Erdöl, dagegen aber häufig viel Wasser.

Das Liegende der Menilitschiefer bilden die karpatischen Eocänschichten (1 in Fig. 6), welche hauptsächlich aus mächtigen bunten

(vorwiegend roten und grünen) Schiefer- und Tonlagen bestehen, welchen hieroglyphenreiche Sandsteine und Konglomerate besonders in deren tieferen Partien eingelagert sind. Diese Eocänsandsteine bilden bekanntlich einen der wichtigsten und reichsten Erdölhorizonte in den Karpaten.

Es ist recht wahrscheinlich, daß auch unter dem heute in Ausbeutung begriffenen Gebiet von Boryslaw ein tieferer, eocäner Erdölhorizont vorhanden ist. Ob derselbe jedoch jemals technisch erreichbar sein wird, muß heute wenigstens als ziemlich zweifelhaft hingestellt werden. Bis jetzt ist hier der Dobrotower Horizont bis 1000 m noch nicht durchteuft. Von der unteren Grenze desselben müßten dann noch mindestens 500 bis 700 m der durchaus tauben Menilitschiefer und oberen eocänen Schiefertone durchfahren werden, wonach erst die ersten ölführenden Sandsteine des Eocäns zu erwarten wären. Es könnte dies also erst in Teufen von 1500—2000 m eintreffen. Ferner müßte hier noch dem technisch überaus wichtigen Umstande Rechnung getragen werden, daß unter dem Dobrotower und über dem eocänen Ölhorizonte noch fast sicher wasserreiche Sandsteine der Menilitschiefer zu durchfahren sein werden, und dieser Umstand wird erstens, wie oben bereits angedeutet, für die darüber befindlichen Öllager gefährlich, wenn nicht geradezu verhängnisvoll werden, und dann müßte die Frage der hermetischen Wasserabsperrung in sehr großen Tiefen, aber jedenfalls noch vor Erreichung des eocänen Erdöles in Betracht kommen. Daß dies selbst bei den heute so hoch stehenden Bohrmethoden eine der größten Schwierigkeiten darbietet, dann aber auch ein vollständiges Verzicht auf den oberen Ölreichtum nach sich ziehen müßte, wird mir wohl jeder mit dem Ölbergbau Vertraute zugeben müssen.

Die unter dem Eocän folgenden karpatischen Kreidestufen kommen für die gegenwärtige Frage nicht in Betracht.

Die tektonischen Verhältnisse des Boryslawer Gebietes sind aus dem Profil Fig. 6 klar ersichtlich und brauchen kaum weitere Erklärungen.

Wie schon erwähnt und graphisch dargestellt wurde, sind die älteren Bildungen bis inkl. der Menilitschiefer am Außenrande der Karpaten überkippt und über die jüngeren Ablagerungen des vorkarpatischen Hügellandes teilweise überschoben.

Die vorliegende Salzformation mit ihrer Unterlage ist recht intensiv gefaltet und überhaupt gestört, wobei aber zu bemerken ist, daß dies meistens nicht weit verfolgbare pa-

<sup>10)</sup> Die hier auftretenden Blockmassen wurden von Prof. Szajnocha als diluviale Gletschermoränen angesprochen (Kosmos. Bd. XXVI. S.142—147. Lemberg 1901), was von mir in dem schon oben zitierten (s. Anm. 9) Aufsatz widerlegt wurde. Den Ursprung der am äußeren Karpatenrande so massig auftretenden exotischen Gesteine habe ich später in einer besonderen Abhandlung zu erklären gesucht (R. Zuber: Neue Karpatenstudien. I. Jahrb. geol. Reichs-Anst. Bd. LII. Wien 1902).

<sup>11)</sup> vgl. Anm. 4.

rallele Falten, sondern vielmehr im Streichen bald verschwindende und an anderen Stellen wieder auftauchende Runzeln sind.

Außerdem kommen in diesem Gebiete zahlreiche lokale Brüche, Einstürze, Verschiebungen und dergl. vor, welche für die allgemeine Auffassung der Tektonik von wenig Belang sind und daher in der Zeichnung unberücksichtigt bleiben konnten, um so mehr, als hier genaue Aufzeichnungen über solche im Bergbau angetroffenen Störungen wenigstens aus der früheren Zeit fast gar nicht vorhanden sind.

Schließlich sei es mir noch gestattet, einige Bemerkungen über die genetischen Verhältnisse des Boryslawer Erdöles und Erdwachses hinzuzufügen.

Noch im Jahre 1881 hat Prof. F. Kreutz durch zahlreiche triftige Beobachtungen und Argumente<sup>13)</sup> nachgewiesen, daß das Erdöl und Erdwachs der miocänen Salzformation nur auf ursprünglicher Lagerstätte sein könne, und daß die in dieser Formation massenhaft vorhandenen organischen, vorwiegend vegetabilischen Stoffe ein hinreichendes Material für die Bildung dieser Minerale darbieten konnten. Ferner hat dieser Forscher darauf hingewiesen, daß es vom chemischen Standpunkte absolut unmöglich sei, flüssiges Erdöl in festes Erdwachs umzuwandeln, sondern, daß beide Stoffe als homologe chemische Körper gleichzeitig aus demselben Material entstehen konnten, daß aber später noch ein bedeutender Teil des Erdwachses durch starken Druck in leichtere Öle verwandelt werden konnte. Daraus erklärt sich die unanfechtbare Tatsache, daß größere Erdwachsmassen nur in verhältnismäßig jungen Formationen vorhanden sind, und die Erdöle der älteren Horizonte immer leichter, paraffinärmer und benzinreicher sind. Schließlich hat Kreutz durch sinnreiche Experimente dargetan, daß ursprünglich in Schichten zwischen Ton, Sand und Gips abgelagertes plastisches Material durch biegenden oder faltenden Druck aus den Schichten in dabei entstehende Klüfte und Sprünge teilweise oder sogar vollständig hineingepreßt werden kann, so daß ursprünglich in Schichten gebildete Lagerstätten eine vollkommene Gangausbildung annehmen können. Es befinden sich noch in der Wiener k. k. geologischen Reichsanstalt und in der hiesigen mineralogischen Universitäts-Sammlung die Kreutzschen Original-Modelle, die, wie Photographien, das

<sup>13)</sup> F. Kreutz: Über den Ursprung des Erdöles in der galizischen Salzformation. Verh. d. geol. Reichs-Anst. Wien 1881. No. 2; und: Über die Bildung und Umbildung von Erdwachs und Erdöl in Galizien. Ebenda No. 8.

Erdwachsvorkommen von Boryslaw nachahmen.

In meinen „Kritischen Bemerkungen über die modernen Petroleum-Entstehungs-Hypothesen“<sup>13)</sup> habe ich diese Anschauungen wieder in Erinnerung gebracht und weiter zu unterstützen gesucht.

Trotzdem werden in den letzten Jahren, allen geologischen, physikalischen und chemischen Elementarkennnissen entgegen, die veralteten und längst begrabenen Hypothesen von sekundären Lagerstätten, vom rätselhaften Empordringen des Wachses aus unbekanntem Tiefen u. s. w. wieder aufgefrischt; dieselben haben sogar einen gewissermaßen offiziellen Stempel bekommen und werden dadurch zum Schaden der Wissenschaft in gewissen Kreisen zu einem „vorschriftsmäßigen“ Dogma erhoben<sup>14)</sup>.

Diese Ansichten gipfeln darin, daß das Erdwachs im Salzton nur auf steilen Klüften vorkommt, daß es daher mit dem Erdöl von unten her aus den Menilitschiefern oder dem Eocän hinauf gepreßt werden konnte. Herr Bartonec begnügt sich mit dieser kurzen Entscheidung; Herr Holobek gibt noch zu, daß sich das Erdwachs auch noch teilweise in flüssiges Erdöl umbilden kann; Herr Muck entwickelt noch eine weitere Idee, daß das von unten hinauf gefilterte Erdöl in den weit klaffenden Klüften verdampfte und so das feste Erdwachs herauskrystallisieren ließ.

Ohne mich nun in weitläufige und unproduktive polemische Ausführungen einzulassen, will ich nur fragen: Ist es nur gut denkbar, daß in einer so zähen und plastischen Maße, wie die gesamte Salzformation im allgemeinen ist, bei einer seitlichen Zusammenpressung offene Spalten auch nur durch einen Augenblick bestehen können? Ist es nur denkbar, daß in eine solche riesig zusammengepreßte, total undurchlässige Tonmasse noch irgend ein anderes Material von außen hineingedrückt werden kann? Ist es nur begreiflich, daß das Erdöl, welches nach dieser Theorie nur in den Menilitschiefern entstehen konnte, nachher diese Gebilde vollständig entleert, keinen Tropfen in den po-

<sup>13)</sup> D. Z. 1898 S. 84; 1895 S. 346 u. 1899 S. 415.

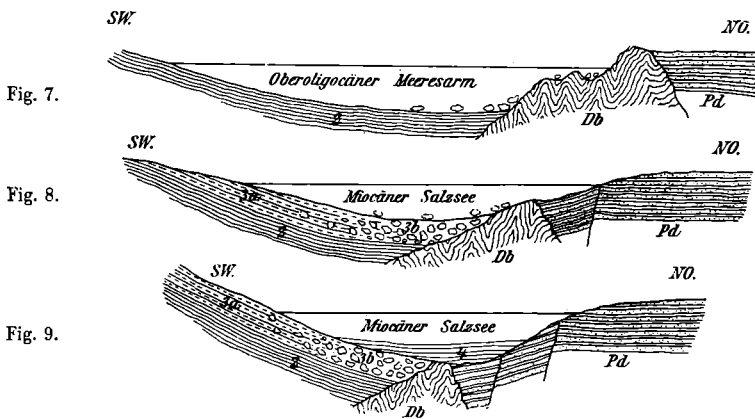
<sup>14)</sup> Oberberggrat Johann Holobek: Der Erdwachsbergbau in Galizien und die neuen Bergpolizei-Vorschriften für denselben. Veröffentlicht vom k. k. Ackerbauministerium. 85 Seiten. Wien 1900. Diese sonst in technischer, statistischer und volkswirtschaftlicher Beziehung sehr verdienstvolle Arbeit enthält (S. 38—45) theoretische Erörterungen, welche mit den Bergpolizei-Vorschriften gewiß gar keinen Zusammenhang haben, und welche wohl im Interesse der amtlichen Autorität von einer offiziellen Veröffentlichung entschieden wegbleiben sollten.

rösen Sandsteinen dieser Schiefer gelassen und erst in dem zähesten und undurchlässigsten Material der Salzformation eine passende Lagerstätte gefunden hat?!

Das Steinsalz kommt ja in Boryslaw auch in Klüften, Adern und Nestern vor; dann ist es wohl nach dieser Logik auch von unten her hineingepreßt worden!

Ist es denn nicht viel einfacher und logischer, anzunehmen, daß sich das organische Material gleichzeitig und zusammen mit dem Salz, Gips, Ton und Sand in Schichten und Linsen abgelagert hat, daß sich der Öl- und Wachs-Bildungsprozeß langsam in diesen Ablagerungen vollzog, und daß nachher in Folge von und gleichzeitig mit den dynamischen Störungen Strukturveränderungen der gesamten Formation und der darin enthaltenen Minerale mit lokaler Anreicherung oder Ver- taubung entstanden?

zersetzt. Daher finden wir auch, daß die sehr fossilreichen Schichten fast ausnahmslos ganz bitumenfrei sind, und aus den verbleibenden Fischknochen und Muschelschalen wird wohl kein Chemiker der Welt Erdöl darstellen können. Dagegen kommen an vegetationsreichen Küsten massenhaft Pflanzenstoffe in die Sedimente und deren Reste finden wir auch ausnahmslos als charakteristisches Merkmal in allen bekannten Erdölformationen der Welt. Daß wir keine oder nur seltene Kohlenföze in den Ölformationen finden, ist kein Argument gegen die vorwiegend vegetabilische Entstehung des Erdöls. Denn, wenn sich unter passenden chemischen Bedingungen (Süßwasser!) aus diesem Pflanzendetritus Kohle gebildet hat, dann konnte doch aus demselben Material unmöglich auch Erdöl entstehen. Wenn sich aber unter anderen Bedingungen (Gegenwart von Salzwasser) das-



Pd Podolisches Festland.  
Db Dobradschaer Strandgebirge.  
2 Unteroligocäne Menelitschiefer.

3a Dobrotower Sandsteine und Schiefer } Ober-  
3b Dobrotower Konglomerate } Oligocän.  
4 Erste Sedimente der Salzformation.

Fig. 7—9.

Schematische Profile, die Bildung der Boryslawer Lagerstätten zeigend.

Aber diese Theoretiker kennen kein organisches Material außer den Fischresten der Menelitschiefer, und daher rührt dieses krampfhaft Anklammern an diese Formation, trotzdem dieselbe bekanntermaßen den schlechtesten und ärmsten Ölhorizont der ganzen Karpaten darstellt, und gerade bei Boryslaw keinen Tropfen Öl enthält!

Nun weiß aber jedermann, der, wie ich, Gelegenheit gehabt hat, Wochen und Monate lang an den verschiedensten Küsten in allen Breiten und Klimaten die Sedimentationsverhältnisse und das organische Leben gründlich zu studieren, daß von den tierischen Organismen fast ausschließlich nur die mineralischen Bestandteile (Knochen, Panzer, Schalen, Kalkgerüste etc.) in die Sedimente gelangen. Die organischen Teile der Tiere werden fast augenblicklich zerstört und total

selbe Material vorwiegend in Erdöl umgewandelt hat, woher sollte dann noch Kohle entstehen?!

Endlich wurde von Krämer und Spilker nachgewiesen, daß die Diatomeen (Bacillariaceen), also pflanzliche Organismen, in bedeutender Menge eine wachsartige Substanz ausscheiden, welche dem Erdwachs in chemischer Beziehung ungemein ähnlich ist<sup>15)</sup>.

Die in obigen Ausführungen aufgezählten geologischen, physikalischen und chemischen Tatsachen beweisen nun wohl endgültig die ganze Unhaltbarkeit der veralteten und jetzt wieder aufgewärmten Hypothesen und führen zu dem entscheidenden und mit dem größten


<sup>15)</sup> G. Krämer und A. Spilker: Das Wachs der Bacillariaceen und sein Zusammenhang mit dem Erdöl. Ber. d. d. chem. Ges. Berlin. Bd. XXXII. 1899. S. 2940—2959. — Vergl. d. Z. 1899 S. 415.

Nachdruck aufrecht zu erhaltenden Schluß, daß wichtige und komplizierte theoretische Fragen nur allseitig vorbereiteten und der wissenschaftlichen Untersuchungsmethoden kundigen Forschern vorbehalten bleiben müssen.


In zwei neueren Arbeiten habe ich zu erklären gesucht, in welcher Weise die karpatischen Flyschbildungen entstanden sein mochten<sup>16)</sup>, und woher die am Außenrande so verbreiteten exotischen Gesteine stammen können<sup>17)</sup>.


Im Sinne dieser Ausführungen und an der Hand von drei hier beifolgenden ganz schematischen Zeichnungen (Fig. 7—9) will ich mir nun noch erlauben, ganz kurz und in den allgemeinsten Zügen darzulegen, wie ich mir die wahrscheinlichsten Vorgänge bei der Bildung der Boryslawer Lagerstätten vorstelle.

Das flache von Inseln umgebene karpatische Flyschmeer bestand in seiner vollen Ausdehnung noch jedenfalls bis in die Mitte der Oligocänzeit<sup>18)</sup>. Am Nordostufer desselben erhob sich zunächst ein klippenreiches Strandgebirge, welches der Flyschformation das exotische Material geliefert hat, dessen letzter anstehender Rest heute noch in der Dobrudscha an der Donaumündung zu sehen ist, und welches ich deshalb das „Dobrudschaer Strandgebirge“ genannt habe. Dieses Gebirge umrandete das Podolische Festland.

Die erste langsame Hebung am Karpatenrande mußte im Oberoligocän stattfinden, da die in dieser Zeit zum Absatz gelangten Dobrotower Schichten nicht über diesen Rand in die Karpaten hineinreichen. Dadurch wurde ein Meeresarm von dem bisherigen Flyschmeere teilweise abgetrennt und es stellten sich topographische Verhältnisse ein, welche durch den Durchschnitt  (Fig. 7) veranschaulicht wurden.

Das Dobrudschaer Gebirge bestand fort, wurde aber durch die stürmischen Meereswogen größtenteils in Trümmerhaufen verwandelt, wodurch die oberwähnten Konglomerate entstanden sind. Am flacheren karpatischen Strande wurden aber in dieser Gegend vorwiegend feinere Sandsteine und Schiefer abgesetzt, welchen die zweifellos tropische und üppige Vegetation ein ergiebiges organisches Material für die nachträgliche Erdölbildung lieferte.

Mit Beginn der Miocänzeit ist bereits die ganze Flyschzone über den Meeresspiegel gehoben, das Dobrudschaer Gebirge ist fast ganz abgetragen und höchst wahrscheinlich mit einem Teil des Podolischen Randes versunken, der oberoligocäne Meeresarm wird weiter eingeengt und zerfällt schließlich in eine Reihe von abflußlosen Binnenseen, welchen von den karpatischen Flüssen große Schlamm- und Salzengen zugeführt werden, eben so, wie weiteres vegetabilisches Material, woraus dann das Erdwachs und Erdöl dieser Formation entstehen konnten. (Fig. 8. ).

Durch die fortschreitende Emporstauung der Karpaten und weitere Staffelbrüche des Podolischen Strandes wird die subkarpatische Einsenkung eingeengt und vertieft (Fig. 9. ); das Klima wird so trocken, daß ein vollständiges successives Austrocknen der Salzseebecken möglich wird.

In der Obermiocänzeit finden endlich die stärksten Hebungen und Faltungen der Flyschzone statt, welche auch die Salzformation betreffen, und es entstehen nach und nach die heute vor uns liegenden und vorher dargestellten tektonischen Verhältnisse.

Da ich die Absicht habe, die oben berührten theoretischen Fragen bald ausführlicher zu behandeln, so begnüge ich mich für jetzt nur mit diesen kurzen Andeutungen.

Lemberg, 22. Dezember 1903.

<sup>16)</sup> R. Zuber: Über die Entstehung des Flysch. Diese Ztschr. 1901. August.

<sup>17)</sup> s. Anm. 10.

<sup>18)</sup> Ich brauche kaum hinzuzufügen, daß die Begriffe „Unteroligocän, Oberoligocän, Untermiocän“ hier nur in den weitesten und keineswegs scharfen Grenzen gemeint sind.