

haft an die rothen Hallstätter Gesteine der Gegend von Vareš erinnern und eine *Daonella* führen, welche identisch zu sein scheint mit der am Gnjilobrdo zwischen Goražda und der Prača von mir aufgefundenen.

Das interessanteste der von Herrn Hauptmann Baron Loeffelholz eingesandten Stücke aber ist unstreitig ein aus weissem oder hellröthlichem Kalke von Seljanopolje bei Rogatica stammender Brachiopode, der vollkommen identisch ist mit der bisher nur aus Hallstätter Marmoren bekannten, sonderbaren *Rhynchonella longicollis* Suess. Also auch durch diese Funde wird die Deutung eines grossen Theiles der hier auftretenden Kalke als triassische Gebilde vom Typus der Hallstätter-Schichten wiederum bestätigt.

Felix Kreutz. Ueber den Ursprung des Erdöls in der galizischen Salzformation.

Die letzte, das galizische Erdölvorkommen behandelnde Arbeit ist ein diesem Gegenstand gewidmeter Abschnitt in den „Neuen Studien in der Sandsteinzone der Karpathen 1)“ von Paul und Tietze. Ihre Ansicht über die Herkunft des galizischen Erdöls ist auf p. 301 der angeführten Abhandlung in folgenden Sätzen ausgesprochen:

„Der Ursprung des galizischen Petroleums steht sicherlich, genau wie der des nordamerikanischen (vergl. H. Höfer, die Petroleumindustrie Nordamerika's, Wien 1877) mit dem ursprünglichen, zumeist von thierischen Resten herrührenden Bitumengehalt der Schichten in Verbindung, aus denen dasselbe hervorquillt.“ Weiter heisst es:

„Das Petroleum kann in manchen Fällen, um uns dieses Ausdruckes zu bedienen, auch auf secundärer Lagerstätte vorkommend gedacht werden, das heisst, es kann z. B. im Niveau der miocänen Salzformation Erdöl gefunden werden, welches seine Ursprungsstätte im Bereiche darunter liegender Menilitschiefer hat, aus denen es auf Klüften in die darüberliegende Formation Zugang findet.“

Das secundäre Vorkommen des in der Salzformation gefundenen Erdöls, welches von Paul und Tietze nur beispielsweise für manche nicht näher bezeichnete Fälle als möglich hervorgehoben wird, gilt sonst beinahe allgemein als sicher für alle Vorkommen des Erdöls in der neogenen Salzformation Galziens.

In den besten geologischen Handbüchern, sowie in den meisten Specialarbeiten über das galizische Erdöl, mögen sie es aus dem in den karpathischen Bildungen abgelagerten Bitumen oder aus Steinkohlenflötzen ableiten, findet man die bestimmte Erklärung, dass das in der Salzformation Galziens vorkommende Erdöl sich auf secundärer Lagerstätte befindet und in einigen die Erklärung, dass es in die Schichten der Salzformation aus den karpathischen Bildungen eingesickert, oder aus tieferen Bildungen in Dampfform aufgestiegen ist.

Dies veranlasste mich zur Prüfung des gegenseitigen Verhältnisses der Erdölvorkommen in verschiedenen Formationen der galizischen Erdölzone und zu dem Versuche einer Zusammenstellung von Beweisen für die besondere selbständige Bildung des Erdöls in jeder

1) Jahrb. der k. k. geol. Reichs-Anstalt 1879.

der ölführenden Formationen. Hierbei gelangte ich zu der folgenden Ueberzeugung. Auf die ursprüngliche Bildung des Erdöls in den alttertiären Schichten der Karpathen kann aus der mächtigen Entwicklung von alttertiären, häufig Fischskelette und Fischschuppen führenden, sehr bitumenreichen schwarzen Brandschiefern, welche meist an den Schichtflächen dünne Beschläge von erdwachsartigem Harz besitzen und meist in tiefe Mulden zusammengeschoben und zusammengepresst sind, geschlossen werden. Für die Bildung des Erdöls aus in den ölführenden Ropiankaschichten ursprünglich angehäuften thierischen Organismen stehen hingegen Beweise, welche andere, wenn auch nicht genügend begründete Vermuthungen über die Bildung dieses Erdöls, vollständig beseitigen, vorderhand nicht zu Gebote.

Einiges Bedenken gegen die Annahme der Bildung von Erdöl aus ursprünglich in den Ropiankaschichten angehäuften, zumeist thierischen Organismen, erregt schon die Beschaffenheit des aus diesen Schichten gewonnenen Rohöls, welches im Allgemeinen klarer, lichter gefärbt, specifisch leichter und meist dünnflüssiger ist, als das unzweifelhaft aus den Menilitschiefern stammende Erdöl, welches zwischen Fischabdrücke führenden Brandschiefern eingelagerte Sandsteinschichten erfüllt ¹⁾. Die verhältnissmässige Armuth der Ropiankaschichten an kohligen oder bituminösen Ablagerungen ist bereits mehrseits hervor gehoben worden. Auffallend ist endlich noch, dass in den Ropiankaschichten keine Spuren von organischen Formen, aus welchen auf grössere Anhäufungen von Organismen geschlossen werden könnte, gefunden worden sind. Ich habe mich durch Untersuchung von Dünnschliffen von Gesteinen aus ölführenden Ropiankaschichten überzeugt, dass sich in ihnen ausser Bryozoen und kleinen Säulchen organischen Ursprungs sehr zahlreiche, mikroskopische zierliche Formen von Foraminiferen, namentlich *Rotalia*, *Textilaria* und *Globigerina*, deren Kammern meist mit kalkiger Substanz erfüllt sind, wohl erhalten haben. Wenn man nun den Ursprung des Erdöls nicht aus diesen Foraminiferen ableiten kann, welcher Art sollen dann die Thiere gewesen sein, welche sich, ohne einen bedeutenderen kohligen oder bituminösen Rückstand oder Spuren ihrer Formen zurückzulassen, vollständig in Erdölgas und in klares und liches Erdöl aufgelöst haben? Könnte das Erdöl nicht aus einer der Bildungen stammen, welche das Material zu den vielfach verbreiteten zum Neocom gezählten groben Breccien ²⁾, die hauptsächlich aus chloritischem Schiefer, graugrünem glänzenden Thonschiefer, tiefschwarzem kohligen Thonschiefer, Kalk und Kohle bestehen, geliefert haben? Die Bitumenarmuth der von Organismenspuren erfüllten Klippenkalke widerspricht nicht dieser Vermuthung, ebensowenig der Umstand, dass der mittlere Karpathensandstein kein Erdöl führt. Der letztere Umstand hat wahrscheinlich

¹⁾ Aus den wenigen bis jetzt bekannt gewordenen Daten über die Beschaffenheit der galizischen Rohöle könnte man auch folgern, dass ihre Hochgradigkeit und Dünnflüssigkeit im Allgemeinen mit der Entfernung ihres Vorkommens von der Grenze der Salzformation gegen den Gebirgskamm zu, sowie mit der absoluten Tiefe des Vorkommens zunehmen.

²⁾ In dieser Breccie habe ich bei Mizun mehrere Fischzähne und eine kleine stark gewölbte Austernschale gefunden.

seinen Grund darin, dass sich die vielfach zerrissenen und fehlenden Bildungen des mittleren Karpathensandsteins zur Aufbewahrung und Weiterleitung des möglicherweise in diesen Sandstein eingedrungenen Erdöls und Erdölgases nicht eignen, indem sich diese bald verflüchtigen mussten, da die zum Theil massigen Sandsteine dieser Gruppe nicht zwischen sie schützende und absperrende Thonschieferschichten eingelagert sind.

Die jetzt meist sorgfältig geführten Aufzeichnungen der häufig auch scheinbar unbedeutenden Beobachtungen beim Abteufen der Oelschächte, sowie genaue Analysen verschiedener Rohöle, der Schachtwässer und der ölführenden Gesteine, werden uns wahrscheinlich bald sichere Aufklärung über den Ursprung des neocomen Erdöls verschaffen.

Was die Abstammung des Erdöls der Salzformation aus zumeist animalischen oder aber hauptsächlich vegetabilischen Substanzen anbelangt, so können darüber auch nur Analysen der Rohöle entscheiden. Da sich in der Salzformation in bedeutenderer Menge verkohlte Coniferenholzstücke als Thierspuren finden, und in Erwägung des Umstandes, dass die Uebersalzung des Meeres der Salzformation die in dasselbe höchst wahrscheinlich in grosser Menge eingeschwemmten Tange vor Verwesung schützte, einer massenhaften Entwicklung von Thieren hingegen nicht dienlich war, so würde ich eher vermuthen, dass zum grössten Theil Tange und hauptsächlich von harzreichen Coniferen stammender Detritus das Material zur Erdölbildung geliefert haben.

Im folgenden habe ich versucht die Behauptung, dass sich Erdöl in der Salzformation gebildet hat, dass es dieser mindestens ebenso wie das Steinsalz (welches dem neogenen Meere theilweise wohl auch durch Quellen und Gebirgsbäche zugeführt und von demselben auch vom Untergrund ausgelaugt worden ist) ursprünglich angehört, zu begründen.

Für die Ursprünglichkeit der Erdölbildung in der Salzformation spricht nicht nur der Umstand, dass sich die bedeutendsten Erdöl- und Ozokerit-Vorkommen von Galizien und Rumänien eben in dieser Formation befinden, sowie die grosse Analogie der Bildungsverhältnisse der Salzformation mit den Bildungsverhältnissen der Menilit-schieferformation, deren Erdöl ihr unzweifelhaft ursprünglich angehört, und auf welche Analogie die Aehnlichkeit der häufig schwer zu trennenden Bildungen dieser Formationen hinweist, — sondern auch einigermassen die aus der Erfahrung, dass das Erdöl ebenfalls in anderen Gebieten gewöhnlich in Begleitung von Salzwasser auftritt, gefolgerte Wahrscheinlichkeit, dass in der an den Nordrand der Karpathen angrenzenden, stark salzigen neogenen Meereszone günstigere Bedingungen zur Erdölbildung, als in salzärmeren Meeren anderer Formationen oder in deren Absätzen geboten waren. Die lange Dauer der Bildung der Salzformation, während der sich grosse Massen von Tangen in dem Salzmeer ansammeln mussten, sowie die in den Bildungen der Salzformation an vielen Stellen (Borysław, Dźwiniacz, Wieliczka, Bochnia) häufig vorkommenden verkohlten Aststücke und Coniferenzapfen, endlich bedeutende stark bituminöse Gesteinsablagerungen

dieser Formation berechtigen zum Schlusse, dass am Grunde des salzabsetzenden Meeres an geeigneten Stellen genügende Mengen des zur Bildung des aus den Schichten der Salzformation hervorquellenden Erdöls geeigneten Materiales vorhanden waren, und die in der Nähe der Erdölquellen den Mergellagen der Salzformation eingeschalteten Vorkommen von Schwefelerzen und gediegen Schwefel, sowie Schwefelwasserstoff hältige Quellen sind deutliche Beweise für in den Bildungen der Salzformation stattgefundene Zersetzung sehr grosser Mengen von organischen Substanzen.

Einen wichtigen Beweis für die Ursprünglichkeit der Erdölbildung in der Salzformation liefert wohl der Umstand, dass die am Nordrande des Gebirges in der galizischen Erdölzone befindlichen neogenen Erdölvorkommen mit dem westlichen Ende der Salzformation abschneiden, während sich die cretacischen und alttertiären Bildungen der Karpathen weiter fortsetzen.

Ein directes Beweismittel für die Bildung des Erdöls in der Salzformation ist das bekannte, fettglänzende Knistersalz von Wieliczka. Nach Bunsen¹⁾ enthält es 84·60 Kohlenwasserstoff, 2·58 Kohlensäure, 2·00 Sauerstoff und 10·35 Stickstoff. Diese Gase befinden sich in einem stark comprimierten Zustande, da dieselben während der Auflösung von Salzstücken im Wasser die hiebei verdünnten Wände der sie einschliessenden Hohlräume unter starkem Knistern sprengen. Beim vorsichtigen Spalten von Knistersalzstücken durch entsprechendes Andrücken einer Messerklinge hört man dasselbe, durch das Sprengen der in Folge der Spaltung verdünnten Wände der die comprimierten Gase einschliessenden Hohlräume, bewirkte Knistern; hiebei wird ein deutlicher Erdölgeruch wahrgenommen.

Der stark comprimierte Zustand dieser durch Zersetzung organischer Körper entstandenen Gase ist ein unzweifelhafter Beweis, dass das Kohlenwasserstoffgas nicht in die bereits gebildeten Salzmassen von aussen eingedrungen sein kann.

Die mikroskopischen Einschlüsse in diesem Salz sind von Zirkel²⁾ beschrieben.

Es sind dies ausser Anhydritkryställchen meist cubische Gasporen und häufig mit einem bald sehr winzigen, bald aber unverhältnissmässig grossen Gasbläschen versehene Flüssigkeit. Diese Bläschen sind bei gewöhnlicher Beobachtungstemperatur unbeweglich, die verhältnissmässig winzigen Bläschen verschwinden erst bei einer Erwärmung bis ca. 100°, umfangreichere Libellen verändern aber selbst bei 120° weder ihre Form noch ihren Ort. Daraus zieht Zirkel den Schluss, dass die liquiden Einschlüsse eher einem Kohlenwasserstoff, als der Chlornatrium-Mutterlauge angehören. Ausserdem beobachtete ich im Knistersalz von Wieliczka zerstreute seltene Kohlentheilchen, sowie leicht bräunliche Lamellen und Flocken von festem oder halbfestem Bitumen, welche bei Auflösung des Salzstückes in Wasser sich mit den Gasbläschen auf die Wasseroberfläche erheben.

¹⁾ Pogg. Ann. LXXXVIII. 251.

²⁾ Die mikrosk. Beschaffenheit der Mineralien und Gesteine 1873, 235.

Nach Auflösung eines Knistersalzstückes im stark erhitzten Wasser schwammen auf der Oberfläche desselben dünne, fettaugenartig abgerundete irisirende Fetthäutchen. — In Boryslaw habe ich ausser mehreren Stufen von dort häufigem fasrigen Steinsalz, zwei aus einem ca. 70 m. tiefen Schachte heraufgebrachte, mit Stücken von verkohlten Coniferenästen durchwachsene Blöcke von körnigem Steinsalz, sowie aus einem anderen Schachte ein kleineres, einen Coniferenzapfen umschliessendes Steinsalzstück erhalten. Diese Stücke von körnigem Steinsalz erweisen sich als ausgezeichnetes Knistersalz, da Proben derselben beim Erwärmen oder beim Auflösen in Wasser sogar ein stärkeres und häufigeres Knacken als das Knistersalz von Wieliczka vernehmen lassen. Diese Salzstücke von Boryslaw unterscheiden sich vom Knistersalz von Wieliczka besonders durch bedeutend häufigere und grössere eingestreute Kohlentheilchen und häufigere Bitumenflocken (wohl Erdwachs), sowie durch einen sehr scharfen, stechenden, widerlichen Geruch, welchen sie beim Schlagen oder Reiben entwickeln. Einen ähnlichen, wenn auch schwächeren Geruch besitzt das salzige, aus den Erdölschächten von Ropne, südöstlich von Mraznica bei Boryslaw, frisch geschöpfte Wasser.

Einen weiteren unzweifelhaften Beweis für die Bildung des Erdöls in der Salzformation bildet die Einlagerung von Oelsanden zwischen schwarzen bituminösen Thonschiefern und Thonen. In der Salzformation findet man nämlich ausser plastischen, durch Kohle schwarz gefärbten, der Torferde sehr ähnlichen Thonen, auch Systeme von ca. 0.3 m. dicken, an der Oberfläche gelb verwitternden Schichten von eisenhaltigem, sehr zähen, harten Thon, der durch Kohle und Bitumen schwarz gefärbt ist und im Feuer sich entzündet. Zwischen diesen bei Verwitterung schiefrig zerfallenden Thonschichten sind gegen 1 m. dicke, ölführende Sand- und Sandsteinschichten eingeschaltet und das Erdöl dieser Sandschichten kann nur aus den sie vollständig einschliessenden, durch die festen Rückstände der Zersetzung organischer Substanzen schwarzgefärbten Thonschichten stammen.

Einen nicht minder sicheren Beweis der ursprünglichen Bildung des Erdöls in der Salzformation glaube ich endlich in der Art des Ozokerit-Vorkommens zu sehen.

Gewöhnlich wird der Ozokerit als durch Einwirkung von Luft auf Erdöl gebildet angesehen, häufig auch als verdichtetes oder erhärtetes Erdöl bezeichnet. Indessen kann man überall in der Nähe der Erdölvorkommen sowohl in der Salzformation, als auch in den karpathischen Bildungen beobachten, dass, wo Erdöl sich auf der Oberfläche befunden, oder bis zu Tage reichende kleine Spalten erfüllt hat, sich aus demselben vorerst eine schwarze klebrige, dann eine Pech- und Asphalt-artige Masse, aber kein Ozokerit gebildet hat. Sollte aller Ozokerit auf diese Weise aus Erdöl entstanden sein, so würde derselbe in grösseren Massen sich eher in den ölführenden, sehr zerklüfteten Karpathensandsteinen, als in den meist thonigen oder sandig-thonigen, einen ausgezeichneten Abschluss von Licht, Luft und Wasser bewerkstelligenden Schichten der Salzformation vorfinden. Der Ozokerit steht aber wahrscheinlich in einem anderen Verhältniss zum Erdöl, es hat sich nicht eines aus dem anderen gebildet, sondern

beide sind wohl gleichzeitige Producte der Zersetzung von organischen Substanzen, deren fester Rückstand der Ozokerit ist, welcher sich von dem gemischten Producte abgeschieden hat.

Der Ozokerit bildet, wie die Kohle, eigene sich meist vielfach wiederholende Flötze, die nicht nur nahe der Oberfläche, sondern auch in bedeutender Tiefe liegen. In Boryslaw reichen die Ozokeritschächte über 160 m. tief, ohne dass hiemit das Liegende der Ozokeritformation erreicht worden wäre. Der Ozokerit kommt dort nach sicheren Beobachtungen in bis 7 cm. mächtigen Schichten concordant zwischen Thon und thonigen Sandsteinschichten eingelagert vor und erfüllt auch vollständig mit den Ozokeritflötzen in Verbindung stehende zahlreiche, häufig über einen Meter breite Klüfte, welche mehr weniger steil die Thon- und Sandsteinschichten hauptsächlich im Hangenden der Ozokeritflötze durchsetzen. Es ist ganz undenkbar, dass in die Neogengebilde aus den karpathischen Bildungen einfiltrirtes Erdöl sich zwischen die Schichten der Salzformation in einer so ungeheuren Masse eingedrängt hätte, dass der aus demselben abgeschiedene Ozokerit noch so bedeutende Flötze bilden könnte. Auch die bis über einen Meter mächtigen Wachsklüfte können nicht durch allmälige Verdichtungen des die im mürben und weichen Gestein gerissenen Klüfte ausfüllenden Erdöls entstanden sein, weil diese Klüfte unzweifelhaft eher zusammengefallen wären.

Die Ozokeritflötze konnten sich nur aus mehr oder weniger festem, am Orte ihres Vorkommens in grossen Massen abgelagerten Detritus von See- und harzreichen Landpflanzen, sowie von thierischen Organismen, auf ähnliche Weise wie die Pyropissitlager oder Kohlenflötze gebildet haben. Unter der Last der diese sich zersetzenden oder bereits zersetzten Massen bedeckenden Thon- und Sandsteinschichten, sowie der auf die neogenen Gebilde theilweise umgestürzten karpathischen Bildungen, wurden jene Ablagerungen zu verhältnissmässig dünnen Schichten comprimirt und ihre flüssigen und gasförmigen Bestandtheile, sowie das in ihnen eingeschlossene Salzwasser ¹⁾ aus ihnen ausgepresst. Die bedeutende Volumverminderung der sich zersetzenden organischen Masse musste, wie dies auch bei der Steinkohlenbildung der Fall ist zahlreiche Sprünge und Klüfte in den sie einschliessenden Schichtensystemen veranlassen und in die im Sandstein und Thon gerissenen Klüfte und Sprünge wurde der plastische Ozokerit hineingepresst, ähnlich wie er in die seine Flötze durchsetzenden Schächte eindringt und dieselben häufig verstopft. Bei dem sich ruckweise wiederholenden Setzen der auf Ozokeritflötzen auflagernden Schichten wurden manchmal neue Ozokeritmassen in die schon bestehenden, vielleicht hiebei nur erweiterten Wachsklüfte eingepresst. Man kann daher häufig an aus Klüften herausgenommenen dunklen Ozokeritstücken ein gekrümmtes gewundenes Geäder, oder dendritenartige Zeichnungen, welche von etwas lichter gefärbtem in eine bereits bestehende Wachskluft unter starkem Druck eingepressten Ozokerit herühren, beobachten.

¹⁾ Bei vollständiger Verbrennung von mehreren Ozokeritproben erhielt ich immer mikroskopische Steinsalzkrystalle als Rückstand.