

# Die experimentellen Grundlagen der Geochemie und Geomechanik der Erdöle.

Von M. A. Rakosin (St. Petersburg.)

Vortrag gehalten in der Sitzung der Geologischen Gesellschaft zu Wien am  
26. April 1912.

»Die philosophische Naturkunde erhebt sich über die Bedürfnisse einer bloßen Naturbeschreibung. Sie besteht nicht in einer sterilen Anhäufung ihrer Tatsachen. Dem neugierig regsamen Geiste des Menschen sei es erlaubt, bisweilen aus der Gegenwart in das Dunkel der Vorzeit hinüberzuschauen, zu ahnen, was noch nicht klar erkannt werden kann, und sich an den alten, unter vielerlei Formen wiederkehrenden Mythen der Geognosie zu ergötzen.«

(Alex. v. Humboldt, Ansichten der Natur).

»Kein Gebiet der Wissenschaft scheint dem Forscher wichtigere Ergebnisse zu versprechen, als die Anwendung der Optik auf die Chemie. Schon hat die optische Wissenschaft dem Chemiker die Lösung von Problemen gegeben, deren Erforschung sogar außerhalb seines Bereiches zu liegen schien.«

(J. H. Jellet. Chemisch-optische Untersuchungen.

Meine Herren!

In der Natur gibt es nur drei flüssige Mineralien: das Wasser, das Erdöl und das Quecksilber. Wenn wir vom Quecksilber überhaupt absehen, da es doch kein Massenprodukt der Natur repräsentiert, und wenn wir für den heutigen Abend auch vom Wasser absehen, so erscheint es klar, daß das Erdöl als flüssiges Mineral, welches an so vielen Punkten des Erdballs in gewaltigen Massen auftritt, und mithin an dem Ausbau unserer Erdrinde eine so bedeutende Rolle spielt, unser chemisch-geologisches Interesse in hohem Grade zu erregen vermag.

Im Gegensatz zu den festen Mineralien, für die ihre konstante Zusammensetzung charakteristisch ist, weisen die flüssigen Mineralien (Wasser und Erdöl) nicht nur in verschiedenen Fundstätten, sondern auch in verschiedenen Tiefen ein und derselben Fundstätte verschiedene Zusammensetzung auf; flüssige Mineralien sind

also von variabler Zusammensetzung, da sie sich in steter Wechselwirkung mit dem sie umgebenden Nebengestein befinden.

Diese Wechselwirkung, die wir bei den natürlichen Wässern recht gut kennen,<sup>1)</sup> findet auch bei den Erdölen unzweifelhaft statt (s. u.), und erscheint der Unterschied nur rein graduell. Die natürlichen Erdöle (Rohöle) haben nämlich dem Nebengesteine ihre Aschenbestandteile zu verdanken, und gehen bei der Wanderung der Erdöle aus dem Erdinneren, von unten nach oben, Filtrationsphänomene vor sich, denen die lichten Erdöle in letzter Linie ihre Entstehung verdanken, während das für das Erdöl durchlässige Nebengestein hierbei partielle Bituminisierung erleidet.<sup>1a)</sup>

So einfach und klar diese Ueberlegungen erscheinen, sind sie doch erst neueren Datums, und rufen noch jetzt hin und wieder so manche Erwiderng seitens der Anhänger älterer Lehren hervor. Man ist nämlich gewöhnt, alles Erdöl in der Natur als dunkelbraun bis schwarz (mit blauem oder grünem Schimmer) zu bezeichnen, und die lichten Erdöle als schwer erklärbare Ausnahmen aus der allgemeinen Regel zu betrachten.

Nur das bewaffnete Auge überzeugt uns von der Unrichtigkeit einer solchen Definition. Bereits 1877 versuchte Mendelejew<sup>2)</sup> den Bau des Erdöltropfens mittels des Mikroskops festzustellen, aber vergebens. 1905 untersuchte Dr. Matthias Wermel in Moskau (auf meine Veranlassung) einige Rohöle, sowie deren Lösungen im Benzol usw. mittels der besten bakteriologischen Mikroskope; das Gesichtsfeld erwies sich aber in allen Fällen als vollkommen klar. Zu fast ebensolchem Resultate kam Dr. Richard Zsygmondi (1905) mittels des von ihm und Siedentopf erfundenen Ultramikroskops.<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Ich erinnere an die Worte, die bereits Plinius aussprach: »Tales sunt aquae, quales sunt terrae, per quas fluunt.«

<sup>1)</sup> An diesen Bituminisierungsprozessen nimmt, wie experimentell bewiesen wurde (Journ. d. russ. phys. chem. Ges. 1908, S. 1583; Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1911, S. 1676), auch die Zentrifugalkraft der Erde teil.

<sup>2)</sup> »Die Erdölindustrie in Pennsylvanien und am Kaukasus«, (St. Petersburg, 1877), S. 236. — Diese Tatsache habe ich 1905 aus der Vergessenheit gezogen.

<sup>3)</sup> Auch diese Untersuchung geschah auf meine Veranlassung.

Wir sehen also, daß die kohligten Substanzen, die den natürlichen Rohölen, ihre dunkle Färbung verleihen, so winzig sind, daß sie sich selbst einer ultramikroskopischen Beobachtung entziehen und einer anderen feineren Methode harren. Als solche Beobachtungsmethode erwies sich die polarimetrische, und kam ich auf dieselbe, wie das oft in der Wissenschaft vorkommt, zufällig.<sup>4)</sup> Die Wahl der Methode war glücklich getroffen, und werden wir bald sehen, wie dankbar dieselbe sich erwies, und wie unerwartet fruchtbar die erzielten Resultate waren.

\*

Die Polarimetrie der Erdöle sollte in logischer Weise sowohl auf die natürlichen Rohöle als auf deren Derivate angewandt werden. Anders aber gestaltete sich die Geschichte der Erdölpolarimetrie. Ich fand nämlich nur eine einzige Angabe in der Literatur über die polarimetrische Prüfung eines Rohöles, namentlich der „weißen kaukasischen Naphtha“ (aus Surachany), die Markownikow und Ogloblin als optisch inaktiv fanden (1884). Als dann wies Walden (1900) auf zwei vergessene Tatsachen hin: 1. Daß der unsterbliche Biot bereits 1835, mit voller Anerkennung der Tragweite seiner Beobachtungen, von einem linksdrehenden „le Naphte“ spricht,<sup>5)</sup> und 2. daß Soltsien in Görlitz 1898 rechtsdrehende Erdölderivate kaukasischer Provenienz (Ramany) beobachtete. Diese merkwürdigen Angaben von Walden wurden aber schon nach vier Jahren vergessen, und glaubte ich 1904 das Gebiet der Erdölpolarimetrie zuerst betreten zu haben.

Seit 1904 erreichte aber die polarimetrische Erdölforschung ungeheuren Aufschwung, und wir verfügen jetzt über eine Masse von zahlenmäßigen Daten, die sich auf zirka 200

---

<sup>4)</sup> M. Rakusin. Die Untersuchung des Erdöles und seiner Produkte. (Braunschweig, 1906.)

<sup>5)</sup> Es ist als wahrer Verlust für die Wissenschaft zu betrachten, daß es aus der Originalabhandlung Biots (C. R. 1835, XIII, S. 139—143) nicht zu ersehen ist, welcher Herkunft das von ihm untersuchte >le Naphte< war.

Erdöle aus den verschiedensten Ländern beziehen.<sup>6)</sup> An dieser gewaltigen Arbeit beteiligten sich außer mir eine Reihe ausgezeichneter Forscher, und zwar: Engler und seine Schüler in Deutschland, Zaloziecky und Klarfeld in Galizien, Jones und Wootton in England, Molinari und Fernaroli in Italien, Bushong in Kansas, Longobardi in Buenos-Aires, Victor Herr in Baku u. a. Im großen ganzen lassen sich die bis jetzt erzielten Daten dahin zusammenfassen, daß die meisten Erdöle der Welt rechtsdrehend sind, und daß es aus dieser merkwürdigen Regel, außer dem Biotischen „le Naphte“ (s. o.) drei nicht minder merkwürdige Ausnahmen gibt, namentlich drei linksdrehende Erdöle: das Erdöl von der Insel Java (Engler, 1907), das Erdöl von der Insel Borneo (Jones und Wootton, 1907) und das Erdöl von Tartagal in Argentina (Longobardi, 1909). Die Daten der erwähnten Forscher wurden lediglich durch die Untersuchung der betreffenden Erdölderivate gewonnen: aus der optischen Aktivität der Derivate wurde nämlich auf die Aktivität der zugehörigen Rohöle geschlossen.

Ich stellte mir aber die Aufgabe, die dunklen Rohöle selbst im Polarimeter zu untersuchen, und zwar bemühte ich mich, ein klares Gesichtsfeld entweder durch passende Verdünnung mit einem indifferenten Lösungsmittel ( $C_6H_6$  usw.) oder durch Wahl einer passenden Länge des Polarimeters zu erzielen. Von einer Entfärbung der Rohöle durch Knochenkohle, Fullererde usw. habe ich absichtlich abgesehen.

Bei der polarimetrischen Prüfung der Rohöle interessierte mich zunächst deren Aktivität. Nun weisen aber die Erdölderivate beispielsweise des Kaukasus eine Aktivität auf, die dem spezifischen Gewichte proportional ist, und die zwischen  $+ 0.3^0$  und  $+ 4.0^0$  (Sacharim.) schwankt. Mithin war von einer verdünnten Rohöllösung in Benzol (1% und darunter) nur eine Spur von einer Drehung zu erwarten. Da stellte sich aber eine ganz andere merkwürdige Eigenschaft der Rohöle heraus, namentlich deren Un-

---

<sup>6)</sup> Von diesen untersuchte ich persönlich etwa 150 Erdöle, darunter 120 Erdöle im Auftrage des Geologischen Komitees zu St. Petersburg, (1906—1908.)

durchlässigkeit für den polarisierten Lichtstrahl (nicht für den gewöhnlichen Sonnenstrahl) selbst in sehr verdünnter Lösung. So z. B. erwies sich eine Lösung von  $\frac{1}{2}\%$  Rohöl aus Balachany im Benzol für das polarisierte Licht als kaum durchlässig; nur das geübte Auge merkt eine Spur Licht im Gesichtsfelde des Polarimeters.

Ein pennsylvanisches Rohöl ergab ein mattes Gesichtsfeld bei einer Konzentration der Benzollösung von  $2\frac{1}{2}\%$ , während ein Rohöl aus Grosny nur eine Verdünnung von  $\frac{1}{24}\%$  zuließ. Wir sehen also, daß Rohöle verschiedener Provenienz im allgemeinen verschiedenen „Verkohlungsgrad“ aufweisen.

\*

So kommen wir in konsequenter Weise auf die Beantwortung chemisch-geologischer Fragen, die wir beim Beginn unserer optisch-chemischen Erdölstudien nicht einmal ahnten.

Die optische Aktivität der Erdöle beweist uns aufs deutlichste, daß die meisten bis jetzt untersuchten Erdöle ausschließlich organischen (Tiere und Pflanzen) Ursprungs sind.

Die Empfindlichkeit der Rohöllösungen gegenüber dem polarisierten Licht<sup>7)</sup> beweist, daß die dunklen Rohöle desto mehr Verkohlungsprodukte (Karbonisationsprodukte) enthalten, je größeren Widerstand sie dem polarisierten Lichtstrahl bei seinem Durchgange bieten, d. h. je geringer der Durchlässigkeitsgrad oder, wie ich mich ausdrückte, je kleiner die Karbonisationskonstante (in  $\%/\%$  der Benzollösung usw.). Diese Konstante K kann also bei verschiedenen Rohölen variieren innerhalb  $\frac{1}{n}$  und 100%. Für lichte Rohöle ist  $\Rightarrow 100$ , weil sie ohne Verdünnung polarisierbar sind. Für die meisten, polarimetrisch undurchsichtigen (dunklen) Rohöle ist  $K < 1\%$ , und dazwischen läßt sich theoretisch eine Reihe von polarimetrisch halbdurchsichtigen Rohölen einschalten, für die  $K > 1\% < 100$  ist. Diese Vor-

---

<sup>7)</sup> Diese Empfindlichkeit überschreitet weit die Grenzen der Ultramikroskopie (S. o.) und oft auch der Spektroskopie.

aussagung der Theorie hat sich vielfach bestätigt. Außer den Rohölen aus Pennsylvanien, Tegernsee, Anapa, Marmaros (Ungarn), für die  $K = 2\frac{1}{2}$  bis  $4\frac{1}{2}\%$  ist, fand ich unter 18 Erdölen aus Ramany im Kaukasus 11 Erdöle, für die  $K = 2\frac{1}{2} - 3\%$  ist.<sup>8)</sup> Für die natürlichen festen Bitumina, wie Asphalt usw. (in organischen Lösungsmitteln unlöslich) ist

$$K = \frac{1}{n} = \frac{1}{\infty} = 0.$$

Mit der Karbonisationskonstante ändert sich also nicht nur die Färbung, sondern auch die Konsistenz, Aggregatzustand und so weiter.

Hiemit ist, wie wir sehen, die Theorie der Färbung der natürlichen Erdöle gegeben.<sup>9)</sup> Wir sehen ferner, wie unempfindlich unser Auge gegen eine ganze Reihe von Farbennuancen erscheint, die wir durchweg als „dunkelbraun“, resp. „schwarz“ bezeichnen, während es sich bei polarimetrischer Prüfung (Kolorimetrie mittels des Polarimeters) ergibt, daß es sich um Unterschiede in den Karbonisationskonstanten von  $\frac{1}{64}\%$  bis  $4\%$  handelt. Hier kommen wir auf Fragen, die mit der Spektroskopie der Erdöle grenzen, und mit denen ich mich zur Zeit befasse.

\*

Kommen wir nun auf den dankbaren Begriff der Karbonisation der Erdöle zurück.

Die Bildung von Karbonisationsprodukten im vermutlich lichten Protopetroleum setzt die Notwendigkeit einer bestimmten Zeitperiode voraus, die wir Karbonisationsperiode nennen wollen.

Das geologische Alter  $A_0$  eines Erdöles setzt sich mithin mindestens aus folgenden zwei Summanden zusammen: aus der Bildungsperiode  $b$  und Karbonisationsperiode<sup>10)</sup>  $v$ . — Wir haben also:

$$A_0 = b + v,$$

<sup>8)</sup> Bull. du Com. Géol. de Russie, 1908, S. 407—427.

<sup>9)</sup> Dieser Frage habe ich eine spezielle Abhandlung gewidmet. (Berlin, 1909.)

<sup>10)</sup> Auch Verkohlungsperiode zu nennen.

Nun sind aber die Erdöle optisch aktiv, und läßt sich eine optisch aktive Verbindung, nach unseren irdischen Begriffen, ohne vorherige Razemisation nicht verkohlen. Auf die Verkohlung folgt dann eventuell eine Zersetzung. Wir führen deshalb in die Gleichung für das geologische Alter eines Erdöles die Razemisationsperiode  $r$  und die Zersetzungsperiode  $z$  ein, und haben dann:

$$A_0 = b + r + v + z \dots (I).$$

Wir nennen diese Gleichung die erste Hauptgleichung der physikochemischen Erdölgeologie, und wollen nun dieselbe etwas näher ins Auge fassen.

Da die natürlichen Erdöle relativ hohe optische Aktivität aufweisen, so kann von einer partiellen oder totalen Razemisation nur selten die Rede sein;  $r$  ist also im allgemeinen eine verschwindend kleine Größe und erst recht  $z$ , welche letztere sich im allgemeinen überhaupt vernachlässigen läßt. Diese zwei Größen wurden nur der größten Allgemeinheit wegen eingeführt.

Diskutieren wir die Gleichung (I) nach  $r$  und  $v$ .

Fall I:  $r=0$ , d. h. das gegebene Rohöl besitzt diejenige optische Aktivität, die ihm zu den Zeiten seiner Entstehung eigen war.

Fall II:  $r > 0$ . Partiiell razemisierte Rohöle (Pennsylvanien usw.).

Fall III:  $r = \infty$ . Der theoretisch mögliche Fall einer totalen Razemisation, d. h. einer völligen Verschwindung der optischen Aktivität. Für die Erklärung des Ursprunges solcher Rohöle müßte man nach einem anderen geogenetischen Kennzeichen greifen.

Fall IV:  $v=0$ . Lichte Rohöle, d. h. optisch und polarimetrisch leere (Surachany, Velleya, Montechino, Desdemona bei Aalfeld usw.).

Fall V:  $v > 0$ . Polarimetrisch halbdurchsichtige und undurchsichtige Rohöle (s. o.), also die meisten Erdöle der Welt.

Fall VI:  $v = \infty$ , also  $K=0$ . Feste Fossilien (s. o.).

Fall VII:  $v > 0$  und  $r > 0$ . Halbdurchsichtiges, partiiell razemisiertes Erdöl, wie z. B. das Pennsylvanische. (Vgl. Fall II.)

Fall VIII:  $v=0$  und  $r=0$ . Polarimetrisch leeres, nicht razemisiertes Rohöl, wie z. B. von Surachany. (Vgl. Fall IV.)

Fall IX:  $r>0$  und  $v=0$ . Polarimetrisch leere, partiell razemisierte Erdöle, wie z. B. aus Velleja und Montechino in Italien. (Vgl. Fall IV.)

Fall X:  $r=\infty$ ;  $v=0$ . Polarimetrisch leere, total razemisierte Rohöle.

Fall XI:  $r=\infty$ ;  $v=\infty$ . In diesen Fällen können wir bis auf die härtesten Erdölbildungen kommen, in denen die optische Aktivität, dieses sichere Kennzeichen organischen Lebens, völlig verschwunden ist.

\*

Im Obigen haben wir die Vorgänge der Erdölbildung vom Standpunkte der optischen Aktivität aus betrachtet, d. h. wir haben nur die hierbei sich abspielenden intramolekularen Prozesse in Betracht gezogen. Wir haben, mit anderen Worten, das Erdöl als einen Komplex asymmetrisch gebauter Verbindungen betrachtet und nicht als Flüssigkeit, die unterirdische Ströme bildet.

Unsere bisherigen Betrachtungen gehörten also in das Gebiet der chemischen Statik der Erdöle, und wir kommen nun auf die chemische Dynamik derselben.

Unter dem Einflusse des ungeheuren Druckes, sowie der mit der Tiefe regelmäßig ansteigenden, jedoch relativ niedrigen Temperaturen befinden sich die Erdöle in einer steten Wanderung von unten nach oben. — Während dieser Wanderung findet eben die Wechselwirkung zwischen den Erdölen und dem sie umgebenden Nebengestein statt, von der wir bereits oben sprachen und die wir als Filterdestillation<sup>11)</sup> bezeichnen möchten. So erscheinen nun alle Erdöle der Welt als Filterdestillate der zugehörigen Muttererdöle.

Das geologische Alter dieser Filterdestillate, die also nicht als primäre Erdöle (Muttererdöle) zu betrachten sind, sondern als Erdöle von der Ordnung 0 bis n, wird sich wie folgt ausdrücken lassen:  $A_n = f + r + v + z$ , wo f die Fil-

<sup>11)</sup> M. Rakusin, Die Polarimetrie der Erdöle. (Berlin, 1910), S. 190 u. f. f.

trationsperiode bedeutet, während wir für das Mutter-  
erdöl die bekannte Gleichung haben:  $A_0 = b + r + v + z$ .

Die Gleichung für  $A_n$  nennen wir die zweite Haupt-  
gleichung der physiko-chemischen Erdölgeologie.

Es ist leicht einzusehen, daß die Größe  $f$  sich messen  
läßt, während für die Größe  $b$  uns Chemikern zurzeit Meß-  
kriterien fehlen. Aller Wahrscheinlichkeit nach wird es den  
Geologen vergönnt sein, der Lösung dieser Aufgabe näher-  
zutreten.

Bezeichnen wir:

mit  $D_i$  den inneren Druck, d. h. den Druck der Gase im  
Innern der Erde,

mit  $D_a$  den äußeren Druck, d. h. den Druck der äußeren  
Gesteinsschichten,

mit  $F$  die Filtrationskraft,<sup>12)</sup> die der Differenz der er-  
wähnten zwei Kräfte nahezu gleichkommt,

mit  $f$  die Filtrationsperiode und endlich

mit  $K$  eine konstante Größe, die von der Natur der Flüssigkeit  
(Erdöl) abhängt (Filtrationskonstante),

so können wir folgende Gleichung aufschreiben:

$$f = \frac{K}{D_i - D_a} = \frac{K}{F} \dots \text{(Filtrationsgleichung.)}$$

Diese Gleichung besagt nun, daß die Filtrations-  
periode eines flüssigen Minerals direkt pro-  
portional einer Konstante ist, die von der Na-  
tur der Flüssigkeit abhängt, und indirekt pro-  
portional der Differenz der inneren und äu-  
ßeren Kräfte.

Der Wert der Konstante  $K$  läßt sich leicht berechnen:  
Ist nämlich  $F = 1$ , so ist:

$$f = K.$$

Die Größe  $K$  bezeichnet mithin diejenige Zeit,  
welche erforderlich ist, um die Gewichtsein-  
heit der Flüssigkeit (Erdöl) von den Tiefen der  
Erde an die Tagesebene zu bringen, voraus-  
gesetzt, daß die Differenz der inneren und

<sup>12)</sup> Diese Kraft könnte man auch fraktionierende oder dif-  
ferenzierende nennen.

äußeren Kräfte der Einheit der Belastung gleich ist.

\*

Jetzt wollen wir die Filtrationsgleichung einer Diskussion unterziehen.

Fall I:  $D_i > D_a$ . Dieser Fall kommt in der Natur am häufigsten vor. Je größer diese positive Kraftdifferenz, desto größer der Differenzierungsgrad der natürlichen Erdöle in der gegebenen Gegend und desto größer die Wahrscheinlichkeit von Springbrunnen.<sup>13)</sup> Es sei hiebei ausdrücklich betont, daß sowohl  $D_i$  als  $D_a$  Größen repräsentieren, die wenigstens in Atmosphären sich leicht berechnen lassen.

Fall II:  $D_i = D_a$ ; dann ist  $F = 0$  und  $f = \infty$ . Das bedeutet, daß bei Abwesenheit irgendeiner Differenz der inneren und äußeren Kräfte auch keine Filtrationsphänomene stattfinden können; es kann auch von einer Differenzierung der Rohöleigenschaften und erst recht von der Wahrscheinlichkeit von Springbrunnen keine Rede sein.

Fall III:  $D_i < D_a$ . In diesem Falle wird  $F$  negativ; es wird also nicht nur keine Filtration stattfinden, sondern umgekehrt, die Flüssigkeit wird sich, ungeachtet ihrer Inkompressibilität, in einer Lage befinden, die der Lage einer Flüssigkeit im Piezometer analog ist, d. h. im Laufe von Jahrtausende langen Zeitperioden kann die Flüssigkeit sogar eine gewisse Kompression oder Verdichtung erleiden. Endlich kann die Flüssigkeit unter dem Einflusse des äußeren Druckes in unbedeutender Menge auch in die tieferen Schichten durchsickern.

Fall IV:  $D_i = 0$ . In diesem Falle erreichen die im Falle III beschriebenen Erscheinungen ihr ideales Maximum. Wir haben dann:

$$f = K \frac{1}{D_a}$$

Fall V:  $D_a = 0$ . Dann haben wir:

$$f = K \frac{1}{D_i}$$

<sup>13)</sup> Vergl. M. Rakusin, Die Polarimetrie der Erdöle. (Berlin, 1910), S. 193.

Dieser Bedingung entspricht eine jede offene Sonde; der Druck der äußeren Schichten ist bereits beseitigt; die Flüssigkeit befindet sich unter dem ausschließlichen Einfluß des Gasdruckes im Innern der Erde und hat mithin nur den Reibungswiderstand im Steigrohr usw. zu überwinden; f erreicht infolgedessen ihr ideales Minimum, d. h. im Laufe von unbedeutenden Zeitabschnitten werden ungeheure Flüssigkeitsmengen ausgeschieden (Springbrunnen).

Fall VI:  $D_i - D_a = F = 1$ . Dieser Fall wurde bereits bei der Ermittlung des Wertes für K besprochen.

Zuletzt sei bemerkt, daß wir bei obiger Diskussion der Filtrationsgleichung die Fälle, wo  $D_i$  oder  $D_a = \infty$  sind, außer acht gelassen haben, weil die Möglichkeit solcher Fälle in der Natur so gut wie ausgeschlossen ist.

\*

Jetzt kommen wir in aller Kürze auf die Gleichung für  $A_n$  zurück:

$$A_n = f + r + v + z.$$

Betrachten wir nun einige Spezialfälle:

Fall I:  $r = 0$  und  $z = 0$ . Dann ist:

$$A_n = f + v.$$

Dieser Gleichung, in der beide Summanden bereits meßbare Größen sind, entsprechen die meisten Erdöle des Bakuer Distrikts und vieler anderer Gegenden, da dieselben optisch aktive, nicht razemisierte und erst recht nicht zersetzte Erdöle  $n^{\text{ter}}$  Ordnung sind.

Fall II:  $v = 0$ . Dann haben wir:

$$A_n = f + r + z.$$

Beispiele repräsentieren die lichten Erdöle aus Velleija und Montechino in Italien, die partielle Razemisation und sehr schwache Zersetzung aufweisen.

Fall III:  $r = 0$ ;  $v = 0$ ;  $z = 0$ . Dann haben wir:

$$A_n = f.$$

Diesen Fall repräsentiert das lichte Rohöl aus Surachany bei Baku, welches schwach aktiv und nicht razemisiert ist, also erst recht nicht zersetzt.

Wir haben im letzten Falle die denkbar einfachste Form für das geologische Alter eines Rohöles, indem diese Größe lediglich von der Filtrationsperiode abhängig ist.

Die Frage nach dem geologischen Alter ist hier lediglich eine Frage der unterirdischen Hydraulik.

\*

Noch auf zwei Fragen möchte ich hinweisen, auf die mich die optische Chemie des Erdöls brachte und in die mir ebenfalls vergönnt war, einiges Licht hineinzubringen; es sind das folgende Fragen: 1. Ueber den Zusammenhang des Paraffingehaltes der Erdöle mit dem geologischen Alter derselben<sup>14)</sup> und 2. über den Zusammenhang zwischen Erdölbildung und Vulkanismus.<sup>15)</sup>

Die Tatsache, daß mit der polarimetrischen Halbdurchsichtigkeit der Rohöle (Pennsylvanien, Tegernsee, Anapa, Marmaros in Ungarn) ein relativ hoher Paraffingehalt zusammenfällt, gab mir Begründung, hieraus die notwendigen chemisch-geologischen Schlüsse zu ziehen.

Aber ehe ich noch Zeit hatte, meine diesbezüglichen experimentellen Arbeiten fortzusetzen, fand ich reichliche Beweise für die Richtigkeit meiner Schlüsse in der Literatur vor und nach mir. So wies seinerzeit Zaloziecky<sup>16)</sup> auf die betreffenden geologischen Daten hin, die aus folgender Zusammenstellung erhellen:<sup>17)</sup>

---

<sup>14)</sup> Ber. d. Deutsch. chem. Ges. 1909, S. 1211 bis 1215.

<sup>15)</sup> M. Rakusin, Die Polarimetrie der Erdöle. (Berlin, 1910), S. 251 u. f. f.

<sup>16)</sup> J. Berlinerblau. Das Erdwachs. (Braunschweig, 1897), S. 64.

<sup>17)</sup> Einige Daten dieser Tabelle sind bereits veraltet.

Erdöl von	Paraffin- gehalt in Prozenten bis	Formation	Forscher
Java . . . . .	40	Tertiär	Blackrode
Tajakaidna (O.-Ind.) .	40	»	Perutz
Ostgalizien . . . . .	11·5	»	Redwood
Rangoon . . . . .	11	»	Warrin de la Rue
» . . . . .	6·1	»	Bohl
» . . . . .	6·7	»	Reinitzer und Gintl
Tschelekän . . . . .	6	»	Gintl, Redwood
Baku . . . . .	5	»	Gintl
Rumänien . . . . .	3	»	Gintl, Redwood
Canada . . . . .	3	Devon	Chandler, Tate
Pennsylvanien . . . . .	2	»	»    »
» . . . . .	0·7	»	Bolley

Ferner erfuhr ich während der Ausführung dieser Arbeiten, daß zwei amerikanische Forscher, Gilpin und Cram, im Laboratorium von Day gleichzeitig und unabhängig von mir auf experimentellem Wege zu gleichem Schlusse kamen.<sup>18)</sup> Endlich steht die Tatsache fest, daß die Ozokeritlager mit dem maximalen Paraffingehalt zu den geologisch jüngsten Erdölbildungen gehören; auch chemisch läßt sich das dadurch kennzeichnen, daß die Ozokeritstücke an den Kanten durchsichtig sind, und durch Lösungsmittel nur polarimetrisch leere Extrakte darstellen lassen. Auch findet die oben erwähnte Tatsache darin ihre Erklärung, daß die Ausscheidung des Paraffins durch die relativ niedrige Temperatur der höheren Schichten erleichtert wird, worauf seinerzeit Strijow (in Grosny) hinwies.

Auf die Frage nach dem Zusammenhang zwischen Vulkanismus und Erdölbildung existieren in der Literatur die verschiedensten Ansichten. Auch konnte ich durch Briefwechsel mit hervorragenden Fachgenossen keine endgültige Antwort auf die entworfenen überaus interessante Frage erhalten. Doch scheint es zurzeit, daß die geothermischen Daten, wie sie von Golubjatnikow an den wichtigsten Erdölfunden des Kaukasus reichlich geboten

<sup>18)</sup> M. Rakusin, Die Polarimetrie der Erdöle. (Berlin, 1910), S. 275.

werden, sowie die diesbezüglichen optisch-chemischen Daten wohl zum Ziele führen.

Beachten wir nämlich, daß die physikochemischen Konstanten der Rohöle mit den Tiefen sich gesetzmäßig ändern, so können wir natürlich berechnen, um wieviel z. B. das spezifische Gewicht um je 100 m Tiefe zunimmt usw., ganz analog, wie sich die Temperatur in beliebiger Tiefe mutmaßlich berechnen läßt. Indem wir jetzt wissen, daß die erdölbildenden Prozesse sich in jeder Tiefe bei einer Temperatur und Druck abspielen, die dieser Tiefe proportional sind, können wir die Tiefe berechnen, wo z. B. das spezifische Gewicht des Rohöles = 1 und darüber ist, d. h. wo feste Bitumina auftreten. Unterhalb dieser Zone des Muttererdöles werden wir in sukzessiver Reihenfolge<sup>19)</sup> folgende Zonen auffinden: die Erweichungszone der festen Bitumina, die Schmelzzone, die Siedezone, die Razemisationszone und endlich die Zone der vulkanischen Erscheinungen, wo nur Spaltungsprodukte der Petrolea (Wasserstoff, inaktive Kohlenwasserstoffe usw.) auftreten können, aber keine Petrolea. Die Sphären der Erdölbildung und des Vulkanismus sind mithin räumlich und zeitlich voneinander getrennt, und von einem Zusammenhange zwischen denselben kann keine Rede sein.

\*

So kamen wir an den Schluß unserer Betrachtungen. An der Hand eines ungeheuren experimentellen und Tatsachenmaterials, welches noch nie in solcher Menge einem anderen Forscher zu bearbeiten vergönnt war, gewannen wir in unerwarteter Weise eine Reihe wichtiger chemisch-geologischer Schlüsse, die wir als die ersten Bausteine der Geochemie und Geomechanik der Erdöle, als eines der interessantesten Zweige der Naturwissenschaft betrachten dürfen. Es kann keinem Zweifel unterliegen, daß die Fachgenossen anderer Länder durch Fortsetzung dieser dankbaren Arbeit und Aus-

---

<sup>19)</sup> Vorausgesetzt, daß keine Dislokationen stattgefunden haben.

dehnung derselben auf die vaterländischen Rohöle die bereits gewonnenen Gesetzmäßigkeiten nur kräftigen werden.

Indem ich Ihnen, meine Herren, für die Aufmerksamkeit, mit der Sie meinem Vortrage folgten, besten Dank ausspreche, hoffe ich, daß die Arbeiten gerade aus Ihrem Lande, welches eine so wichtige Rolle auf dem Weltrohölmarkte spielt, in raschtester Frist und in reichlicher Zahl erscheinen werden.

---