

Die Bildung des Erdöls und seiner Lagerstätten im Lichte migrationsverneinender Tatsachen.

Von

Stanislaw Zuber

Polen

1932



Sonderdruck aus: Internationale Zeitschrift für Bohrtechnik, Erdölbergbau und Geologie, Jahrgang 40, Nr. 13, 14, 15, 16. Verlag Hans Urban, Redakteur, Wien, XVIII.

Die Bildung des Erdöls und seiner Lagerstätten im Lichte migrationsverneinender Tatsachen.

Von Stanisław Zuber.

Die neueste Erdölliteratur ist so lawinenhaft angewachsen, daß es heute kaum mehr, wie noch vor etwa einem Jahrzehnt, möglich erscheint, alle Stimmen für und wider die mannigfachen Migrationstheorien methodisch zusammenzufassen. Jahraus, jahrein, erscheinen neue ganz hervorragende Werke, die überzeugend klar nachweisen, welch riesige Fortschritte die derzeitige Erdölforschung zu verzeichnen hat. Es ist in jeder Hinsicht zu begrüßen, daß die schwebenden Studien und Arbeiten den umfangreichen Fragenkomplex der Erdölforschung in einer Richtung zu behandeln beginnen, die in absehbarer Zeit die noch bestehenden Meinungsverschiedenheiten auszuschalten verspricht. Es wäre demnach, wenn nicht alle Anzeichen trügen, der Zeitpunkt anscheinend nicht fern, in welchem die noch vorhandenen Differenzen eine allen Forderungen von Theorie und Praxis entsprechende Lösung finden und zu einer gemeinsamen, möglichst präzisen Formulierung dieser letzteren gelangen.

Es ist mir Ehrenpflicht hier gleich vorzuschicken, daß die vorliegende bescheidene Abhandlung der Anregung ihren Ursprung verdankt, die mir die bemerkenswerten Werke Prof. Krejci-Graf's vermittelten.

Schon vor zwei Jahren versuchte ich die Ansichten dieses Fachmannes diskussionsweise zu behandeln, und wenn ich dies nun heute wiederhole und ausbaue, so glaube und hoffe ich, dem eigenen Wunsche des genannten Verfassers nach einer scharf prägnanten und präzisen, sachlichen Auseinandersetzung zu entsprechen.

In seinen interessanten Werken berührt Prof. Krejci-Graf so mannigfache Fragen und Probleme, daß es, bei deren Besprechung kaum möglich ist, ausschließlich im begrenzten Rahmen von dessen persönlichen Ansichten zu bleiben, ohne, direkt oder indirekt, auch andere Forscher und Autoren zu streifen. Es erscheint mir demgemäß angezeigt, in Vorliegendem das Erdölproblem eher in seiner Allgemeinheit zu behandeln, als mich allein auf eine kritische Behandlung der Werke des vorgenannten Verfassers zu beschränken.

Um nun dem interessierten Leser ein möglichst klares und anschauliches Bild der verschiedenen Erdölbildungs-Probleme zu vermitteln, erscheint es mir angezeigt, tunlichst alle bisher erschienenen wichtigeren Abhandlungen über diese Fragen in ihrer Gesamtheit zu erörtern. Da ich mich jedoch in Vorliegendem auf eine einfache, knappe Diskussionsschrift beschränken muß, soll ein erschöpfendes Verzeichnis aller in Betracht kommenden Werke, im einzelnen nicht angeführt werden; es genüge, zumal es sich größtenteils um sehr bekannte Autoren handelt, wenn ich mich in der Folge im allgemeinen nur

auf deren Namen berufe. Wer für die einschlägige Gesamtliteratur Interesse hat, findet auch in dieser Richtung in den nachstehend angeführten Werken hinreichend Aufschluß.

Der erste Abschnitt ist in der Hauptsache dem Diskussionsmaterial gewidmet. Einige Sonderpunkte will ich dabei gleich hervorhebend behandeln, um in der Folge nicht mehr darauf zurückzukommen. In weiteren Kapiteln werden zunächst die Migrationsargumente zusammengefaßt, um hierauf (Kap. II und III) zur Beleuchtung der Bildung des Erdöls und seiner Lagerstätten überzugehen.

I.

Auffallend ist die Tatsache, daß die Werke, welche die Oellagerbildung behandeln, insbesondere ausgesprochene Lehrbücher und umfangreichere Fachschriften, größtenteils den migrationistischen Standpunkt vertreten. Es muß freilich zu Gunsten der migrationistischen Schulen betont werden, daß es sich hierbei nicht mehr um die überholte Oelwanderung „aus unbekanntem Tiefen“ handelt. Dergleichen ist heute eher als völlig abgewirtschaftet zu betrachten. Anstatt dessen zählt heute die Theorie der Migration aus dem Mutter- in das Speicher-Gestein viele Anhänger. Kein Zweifel sogar — wollte man die Frage nach Stimmenmehrheit betrachten — der Sieg für diese Wanderungsart wäre gesichert.

Zur Zeit, wie schon in der Vergangenheit, wird ein Einklang der Ansichten durch zwar vereinzelte, aber darum nicht weniger laute Stimmen jener gestört, denen die sonst ganz logischen Folgerungen der Migrationsanhänger nicht genügen, die vielmehr ausschließlich das streng prüfbarere Tatsachenmaterial als Ausgangspunkt der eigenen Anschauungen gelten lassen.

In neuester Zeit werden nun aber diese Stimmen immer eindringlicher und sie begegnen nicht mehr einer so knappen Zurückweisung, wie es beispielsweise einstens den Ansichten Kalitzkis erging.

Es sei mir zunächst erlaubt eine Reihe von Abhandlungen anzuführen und zwar deshalb, weil gerade diese das erforderliche Diskussionsmaterial abgeben:

Arkhangel'sky A. D.: „Ueber die Bedingungen der Oelbildung im Nordkaukasus“. — Moskau 1927 (Oil Industry). — Russisch mit einem englischen Resumé.

Barton D. C.: „Effect of salt domes on accumulation of petroleum“. Bull. Am. Ass. Petrol., 15. 1. 1931.

- Bertrand L.: „L'origine du pétrole“. — Ann. off. National des comb. liq., No. 6 Paris, XI-XII 1930.
- Clark-Frank R.: „Oil migration challenged“. — Int. Petr. Technology, II. 1931.
- Golubiatnikoff: „The detailed geolog. map of the Apsheiron peninsula — Atashka rayon —“. — Mém. Com. Géol., 180. Leningrad, 1930.
- Hummel K.: „Befindet sich das Erdöl in Oelsanden stets auf sekundärer Lagerstätte?“ — Cirbl. f. Mineralogie, 1925.
- Jung J.: „Raport sur les progrès récents de la géologie du pétrole“. C. R. Congrès Int. des Mines, Liège 1930.
- Kalitzki K. P.: „Ueber die Lagerungsverhältnisse des Erdöls auf der Insel Tscheleken“. — Mém. Com. Géol., St. Petersbourg, 1910.
- Krejci-Graf K.: „Die rumänischen Erdöl-Lagerstätten“. — K. Enke, Stuttgart 1929.
- Idem: „Grundfragen der Erdölgeologie“. — K. Enke, Stuttgart 1930.
- Idem: „Geochemie der Erdöllagerstätten“.
- Idem: „Oelgeologische Thesen“. — Petroleum No. 36, XXVII, 1931.
- Krusch P.: „Die Entstehung des Erdöls, verwandter Kohlenwasserstoffe und gewisser Kohlen“. Int. Geol. Congr. XV sess. 1929. Pretoria.
- Mrazec L.: „Les plis diapirs“. G. R. Séances Com. Géol. de Roumanie, VI (1914-1916; éd. 1927).
- Potonié R.: „Beziehungen zwischen bituminösen Gesteinen und Erdöl“. — S. Ber. d. Geol. L. Anst., Berlin, 1926.
- A. Moos: „Zur Bildung der europäischen Erdöllagerstätten“. — Petroleum 1931, No. 40.
- Powers S.: „Occurrence of petroleum in North America“. — Am. Inst. of Min. & Met. Engl., No. 377, Jan. 1931.
- Rich J. L.: „Function of carrier beds in long-distance migration of oil“. — Bull. Amer. of P. Geol., 15. No. 8, 1931.
- Idem: „Source and date of accumulation of oil in Granite Ridge pools of Kansas and Oklahoma“. — Bull. Amer. Ass. P. Geol. 15. No. 12, 1931.
- Stadnikoff G.: „Die Entstehung von Kohle und Erdöl“. K. Enke, Stuttgart, 1930.
- Stutzer O.: „Erdöl“. — Gebr. Bornträger, 1931, Berlin.
- Idem: „Veränderungen von Erdöl in Erdschichten“. — Petroleum 31. XXVIII. 31.
- Idem: „Das Wandern des Erdöls“. Ztschr. I. B. E. G., XXXIX, No. 15, 1931, Wien.
- Vassioievitsch V. B.: „Ueber die Klassifikation natürlicher Erdölerscheinungen“. Azerbajdjan Oil Industry, No. 6 (102) 1930, Baku (nur russisch).
- Zuber R.: „Flisz i Nafta“. — Lwów, 1918 (nur polnisch); franz. Résumé: Revue de Géologie 1925, No. 274.
- Zuber S.: „Die Erdöllagerungsverhältnisse in Bina-

gady bei Baku, genetisch betrachtet“, *Petroleum*, XXI, No. 8, 1925.

Idem: „L'activité des volcans de boue en relation avec la structure des plis gazifères et quelques arguments contre la migration du pétrole“. Ed. *Revue Pétrolifère*, 1926.

Idem: „Sur les mouvements tectoniques superficiels, la genèse des volcans de boue et sur les conditions géologiques de la formation des gisements pétrolifères“.

Idem: „Sur l'application pratique de la théorie paléogéographique des gisements pétrolifères“. C. R. II Congr. Int. des forages. Paris 1929.

Idem: „Remarques à propos du dernier travail de Mr. Krejci-Graf“. *Rev. Pétrolifère*, 1930 Paris.

Idem: „Vers la recherche de nouveaux champs pétrolifères“. C. R. Congr. Int. des Mines, Liege, 1930.

Symposium: „Structure of typical American oil fields“. — Vol. I-II.

H. Höfer: „Das Erdöl“. 2. Auflage 1930, II. Bd. II. Teil.

Den prägnantesten Ausdruck hat die modernisierte Migrationstheorie in den Werken der amerikanischen Schule, mit S. Powers, F. G. Clapp, D. C. Barton an der Spitze, gefunden (Symposium I. c.). Den meisten Geologen dieser Gruppe zufolge, steht die Bildung der Oellagerstätten mit der sogenannten Muttergesteins-Fazies in Zusammenhang, welche letzterer das Erdöl ausgepreßt, in die porösen Speichergesteine wandert, wo es sich ansammelt.

Sofern es sich nun um Profile handelt, die bedeutendere zusammenhängende Flöze sandigen Gesteins aufweisen, in deren Nachbarschaft mächtigere Ablagerungen mehr oder weniger bituminöser Tonschichten liegen, mag ja diese letztere Theorie den meisten Autoren hinreichend erscheinen. Weit schwieriger wird aber die Frage da, wo die öltragenden Schichten linsenartig auftreten, bituminöse Gesteine entweder ganz fehlen, oder entfernt lagern. Hier erweist sich die standardisierte Migrationstheorie als unzureichend; einige Verfasser beginnen infolgedessen zwangsläufig eine mehr oder weniger entsprechende Nichtmigration als erwägungswert anzuerkennen (M. J. Davis, R. C. Thomas, teilweise auch S. Powers u. a.). Ein eingehendes Studium der Werke amerikanischer Geologen, darunter mehrere ganz hervorragende Abhandlungen, scheint immerhin den Nachweis zu erbringen, daß eben letztere Stellungnahme meist eine notwendige Folge der dem Thema zu Grunde liegenden Voraussetzungen

selbst ist. Sehr lehrreich ist in dieser Hinsicht eine Diskussion, die letzthin anschließend an ein Referat von F. G. Clark (l. c.) entstand. Sie erscheint geradezu als Wiederholung des Ideenkampfes der vor nunmehr 20 Jahren um die Arbeiten Kalitzki's entbrannte.

In diametralem Gegensatz zu den Clark'schen Ansichten stehen die neu erschienenen Aufsätze J. L. Rich's (ll. cc.). Schon die Titel an sich allein beweisen bis wohin es möglich wird theoretische Ausschweifungen gelangen zu lassen, sofern die verschiedenen Migrationsannahmen in abstracto, d. h. ohne Rücksicht auf die Tatsachen, ausgesponnen werden. Dies ging, wenigstens zum Teil, auch aus der Diskussion selbst klar hervor.

Den Werken der Amerikaner folgen, was ihre Bedeutung anlangt, in erster Reihe diejenigen der russischen Geologen. Die älteren Ansichten, seinerzeit durch die Diapirtheorie von Mrazec zur Geltung gebracht, und die ihren Kulminationspunkt in dem gemäßigten Migrationismus des Gubkin erreichen, sind, nach vielfacher Verwendung, heute stark verbraucht (Zuber ll. cc.) Dieser Standpunkt findet sogar bei Mrazec selbst, der heute zu den Anhängern der Nichtmigration übergegangen ist, keine Stütze mehr. Einige Anhänger hat dagegen Prof. Arkhangelsky (l. c.), der aber sonst stark von den Amerikanern beeinflusst ist. Unter seinen Schülern möchte ich besonders V. B. Vassoievitsch nennen, der unlängst eine ziemlich gewagte Klassifizierung der Oelagerstätten (l. c.) veröffentlicht hat, in der er letztere in „immigrierte“ und „nichtmigrierte“ einteilt. Solches geschah leider nur auf Grund literarischer Studien und dort gesammelter Angaben und liefert den Beweis, sowohl in Bezug auf diesen wie auch auf andere Autoren, wie gefährlich es ist, bloß nach den Literaturangaben zu verallgemeinern.

Neben Arkhangelsky ist G. Stadnikoff zu erwähnen (l. c.), dessen Werk, wenigstens in seinem chemischen Teil, zum Range einer klassischen Abhandlung aufrückt, was übrigens auch in Bezug auf den erstgenannten Verfasser zutrifft. Leider sind die ölgeologischen Schlußfolgerungen Prof. Stadnikoff's als eine Reihe von Mißverständnissen anzusehen, deren Ursache nicht nur in

mangelhafter Kenntnis allgemein anerkannter Tatsachen, sondern auch der umfangreichen einschlägigen Fachliteratur zu suchen ist. Diese Ansichten sollen in den folgenden Kapiteln noch eingehend erörtert werden.

Als Nichtmigrationisten wären in erster Reihe D. V. Golubiatnikoff und K. P. Kalitzki zu nennen (ll. cc.). Besonders letzterer hat sich als Forscher um die Erdölgeologie ungemein verdient gemacht. Seine begründeten Einwände erhob er schon in einem Zeitpunkt, als noch die meisten Geologen Anhänger der Oelwanderung aus großen Tiefen waren. Durch seine Arbeiten schuf er eine Untersuchungsmethode, die ihm das **Recht verschafft, als tatsächlicher Gründer des Nichtmigrationismus angesehen zu werden.** Trotzdem ist sein Hauptwerk heute fast vergessen. Die Anhänger der Nichtwanderung ersparten sich gewiß manche Diskussions-Kontroverse, sofern sie öfters ihre Beobachtungen nach Kalitzki's Methoden nachzukontrollieren suchten.

Die wichtigsten Neuerscheinungen der letzten Jahre neigen eher einer gemäßigten Oelwanderung zu. Unter diesen möchte ich nur eine und zwar die Abhandlung von Prof. Krusch ausschalten, da sie, kompilativ verfaßt, in Bezug auf Tiefmigration und die Annahme der Möglichkeit des anorganischen Ursprunges des Erdöls, eher als epigonisch anzusehen ist.

Aus dem neuerschienenen, fast völlig „enthöferten“, Höferschen Erdöllehrbuche (mit alleiniger Ausnahme vielleicht des Artikels von M. Gignoux) weht ein Migrationismus, der überhaupt recht wenig mit dem ursprünglichen Ideengang des verstorbenen Verfassers zu tun hat. Einen ähnlichen migrationistischen Standpunkt vertritt Prof. O. Stutzer (ll. cc.), der als Besonderheit die Möglichkeit der Lateralmigration annimmt. Auch seine Argumente sollen in den nachstehenden Kapiteln erörtert werden. Analoge Ansichten vertritt auch A. Moos, einer der Mitarbeiter an der Neuauflage des Höferschen Lehrbuches (l. c.). Die Ansichten Prof. Krejci-Graf's neigen eher der Spaltenmigration zu. Im übrigen weisen gewisse seiner Hypothesen eine Uebereinstimmung mit denen Stadnikoff's, und zwar betreffs des Zeit-

punktes zu welchem die Oelwanderung stattgefunden hätte, auf.

Eine Uebersicht, die uns Prof. J. Jung (l. c.) gegeben, ergibt ein klares Bild des derzeitigen Standes des Migrationismus. Will man dagegen die Nichtmigrationisten, beziehungsweise sehr gemäßigte Migrationisten Europas erwähnen, so wären außer den genannten russischen Geologen vor allem L. Bertrand, M. Gignoux, A. Heim, K. Hummel zu nennen.

Einen Sonderstandpunkt vertreten Haas und Hoffmann. Es handelt sich bei letzteren um die Möglichkeit eines Oelabflusses von oben nach unten, wofür übrigens auch einige meiner eigenen Beobachtungen sprechen. Sonst gehören die vorgenannten Geologen zu den Nichtmigrationisten.

Indirekt für die Nichtmigration sprechen größtenteils die erdölgeologischen Forschungsmethoden. Längst schon wird nach dem „Oelmuttergestein“ nicht mehr gesucht, vielmehr wird die Lage derjenigen Schichten bestimmt, in denen das Petroleum tatsächlich lagert. Am liebsten befassen sich die Autoren praktisch überhaupt nur wenig mit dem Ursprunge des Erdöls. Was vor allem von Wert ist und interessiert, ist die Lagerung. Nur die amerikanischen Geologen halten es in ihrer Mehrzahl für ihre Pflicht, auch die Oelmutterschichten anzugeben.

Es ist dort üblich, sofern das Oel in einem tonreichen Schichtenkomplex lagert, insbesondere wenn diese Schichten außerdem bituminös sind, die Lagerstätten als „primär“ zu bezeichnen. Liegen dagegen die Verhältnisse irgendwie abweichend so wird die Lagerstätte ohne weiteres „sekundär“ genannt.

Eine flüchtige Uebersicht ist nicht hinreichend, um den Leser ein auch nur einigermaßen klares Bild des tatsächlichen Standes der Oelwanderungs- und Bildungs-Probleme zu vermitteln. Ehe ich aber nun zu sachlicheren Erörterungen übergehe, möchte ich zunächst darauf hinweisen, daß sich die Mehrzahl derjenigen Argumente, die meine eigene Stellung zu der Frage bestimmen, ausführlich in meinen im Literaturanhang angeführten Abhandlungen erörtert findet. Indirekt sollen dagegen die Ansichten der vorerwähnten Verfas-

ser im folgenden Kapitel eine Besprechung erfahren.

Betreffend die Werke Prof. Krejci-Graf's, habe ich die Haupteinwände gegen seine in „Rumänische Petroleum-Lagerstätten“ vertretenen Ansichten schon in einem meiner angeführten Aufsätze veröffentlicht. An dieser Stelle möchte ich hingegen die Aufmerksamkeit meines geschätzten Kollegen auf einige Stellen lenken, die unbedingt einer Korrektur bedürfen.

Zunächst will mir scheinen, daß der Verfasser das titelreiche Material ziemlich einseitig, und ohne die erforderliche Kontrolle ob die angeführten Werke wirklich mit den Tatsachen übereinstimmen, benutzt hat. So hat er beispielsweise mehrere Argumente der Arbeit R. Noth's über die Rolle der Schlammvulkane („Grundfragen“ S. 112) entnommen. Leider sind aber eben diese Ansichten nichts anderes als willkürliche Annahmen. Dasselbe gilt von einer gleichfalls zitierten Schrift H. Aretowski's (S. 117). Die geothermischen Beobachtungen dieses Forschers haben aber in aufgelassenen Bohrlöchern stattgefunden ohne irgend eine Kontrolle über die Wasser- und sonstigen Zirkulations-Phänomene zu gewähren.

Nun aber „pro domo mea“. Zweifellos fühle ich mich etwas peinlich unfrei, da Krejci-Graf gerade mich äußerst anerkennend zitiert; der alte Spruch „amicus Plato, sed magis amica veritas“ zwingt mich aber dennoch, einiges kritisch hervorzuheben. Abgesehen von unbedeutenderen Ungenauigkeiten erscheint es mir als arger Widerspruch, wenn der Verfasser nach vorheriger Anführung der Bakuer Wassertypen („Grundfragen“ S. 150) die auf Grund hunderter von Analysen einwandfrei festgestellt worden sind, in den „Thesen“ dann überraschender Weise Salzwasseranalysen überhaupt als zur Parallelisierung ungeeignet bezeichnet (Lagerstätten in Sand und Sandstein). Dies widerspricht einer langjährigen Erfahrung des Bakuer Erdölreviers. Es gibt Felder, beispielsweise die rumänischen, betreffs derer die Unzulänglichkeit gerade solcher Studien hervorgehoben wird (Petrescu. Ann. Inst. Geologic al Romaniei 1931), dies ist jedoch kein hinreichender Grund, solchen lokalen Mangel zu verallgemeinern.

Dagegen können die Antimigrationisten Prof.

Krejci-Graf für eine seiner Bemerkungen tatsächlich verbunden sein: „Muttergestein tiefer“ sagt der Verfasser in der Erläuterung des Profils von Kala (S. 149), einem Antiklinal, das der Ssu-rakhanj'er Erhebung unmittelbar folgt. *Quo d e r a t d e m o n s t r a n d u m*, denn dies ist gerade die Bakuer produktive Schichtenfolge, deren Primär-Charakter Prof. Krejci-Graf eher in Zweifel setzt und bekämpft.

Bei der heutigen Reichhaltigkeit der Erdölliteratur kommt es nicht selten vor, daß man im Literaturverzeichnis das eine oder das andere Werk angeführt vermißt. Es kann dem betreffenden Verfasser, so wie die Dinge nun einmal liegen, darob nicht einmal ein Vorwurf gemacht werden. So sind mehrere Themen die Prof. Krejci-Graf berührt hat (geothermische Messungen, Fliegeraufnahmen, Konstruktion von Sonderprofilen u. s. w.), gleichermaßen, wenn nicht gar ausführlicher, seinerzeit von mir selbst behandelt worden („Zur geologischen Praxis in der Erdölindustrie“ — Verlag H. Urban, Wien 1925; englisch in *Oil News* 1926; — rumänisch: Verlag Lupascu, Bukarest 1926). Es sei mir der Hinweis darauf nicht übelgenommen; wenn ich etwas dabei bedaure, so ist es nur die Tatsache, daß dieses mein Werkchen in diesem Fall offenbar seinen Zweck nicht erfüllt hat.

Was nun die Erörterungen allgemeinen Charakters anlangt, möchte ich an dieser Stelle nur einige Fragen berühren. Andere finden dagegen ihre Besprechung in den nachfolgenden Kapiteln.

Zunächst erscheint mir eines tatsächlich nicht verständlich. In seinen „Thesen“ behauptet Prof. K.-G., daß die Erdölbildung ein „außergewöhnlicher“ Vorgang ist. Ich wüßte nun gerne, welche Vorgänge der Verfasser eigentlich als „gewöhnliche“ betrachtet? Es genügt eine Weltkarte der gegenwärtig produktiven, und der erdöhlöffigen Zonen zur Hand zu nehmen, um die Ueberzeugung zu gewinnen, wie sehr dieser Bemerkung ein praktischer Wert abgeht.

Die Ansicht über die Rolle des Asphaltöls als „Cap-rock“ ist zwar sehr verlockend, begegnet aber anderseits ziemlich erstem Widerspruch.

An den Küsten des Adriabeckens überwiegen

in der Tat die Asphalttypen, wobei zuverlässige Beweise vorliegen, daß die öltragenden Schichten nicht nur niemals tief begraben lagen, sondern daß sie vielmehr auf weiten Strecken atmosphärischen Einflüssen ausgesetzt gewesen sind. Im übrigen scheint ihr stetiger Asphaltgehalt mit den dort stattgefundenen Oelbildungsprozessen eng verknüpft zu sein.

Bei den Lagern der Apscheron-Halbinsel haben wir es hingegen mit mehreren Oelarten zu tun: zunächst liegen die leichten Kerossin-Oele, es folgen die schwereren Schmierölsorten bis an die Asphaltöle der Kirmaku-Serie, unter denen wieder leichtere Arten des Ober- und Mittel-Miocäns lagern. Die geologische Geschichte eines jeden Komplexes ist sehr exakt nachprüfbar, was ich bereits mehrmals zu betonen Gelegenheit hatte. Es ergibt sich dabei, daß sich ein jeder dieser Komplexe sehr nahe der Erdoberfläche gebildet hat und auch hier selten tief begraben lag. Und dennoch weisen diese verschiedenen Erdölsorten beider Fundorte keine besondere Asphaltisierung auf, obwohl es sich in beiden Fällen um typische, sehr leicht oxydierbare Naphtenöle handelt.

Dasselbe gilt auch für das Oel der Insel Tscheleken, woselbst die ganze Erhebung überraschend rezent und dabei von einem dichten Netz größerer und kleinerer Brüche durchzogen ist.

Ueberhaupt scheint mir die Möglichkeit der Oxydationsprozesse in den öltragenden Schichten nur theoretisch annehmbar. Auch wo es sich z. B. um die Reduktionsprozesse der Mineralien und besonders der Ferri-Salze in den Schichten selbst handelt (Stutzer), bleibt dies doch immer eine höchst akzessorische Erscheinung, die auf die gesamte Oelmenge fast ohne Wirkung bleiben muß. Der atmosphärische Einfluß erstreckt sich nur auf mit Blößen benachbarte Stellen, ohne tief einzugreifen.

Nur an den vorerwähnten Stellen, sowie an gelüfteten Wänden der Spalten und an Oelausbissen kann man oxydiertes Oel beobachten. Dies ist eine sehr gewöhnliche, und besonders in Wüstenklima, oft staunenswert prompte Erscheinung. Dafür braucht man aber wirklich nicht nach einer neuen Bezeichnung zu suchen.

Die von „Oxybitumen“ scheint mir nur auf Oberflächenerscheinungen anwendbar, für die schon wiederholt der Ausdruck „Kirr“ gebraucht worden ist. Die Asphalte im allgemeinen sind noch nicht hinlänglich genau bekannt, um „oxy“ ohne Bedenken ihrer Eigenbenennung vorzusetzen. Für die Mehrzahl der Ozokerite wäre beispielsweise dieses Präfix nachgerade verfehlt, da es sich hier in der Hauptsache um Produkte handelt, die mit der Oxydation recht selten etwas zu tun haben.

II.

Die sehr anschaulich von Stutzer (ll. cc.) beschriebenen Oelwanderungsmöglichkeiten infolge von Wasserdruck, bzw. kapillarem Auswaschen, was auch J. Nowak (Geologie der polnischen Oelfelder) als Ursache der Oelanhäufung ansieht, finden des öfteren ihre weitgehende Bestätigung. Nun ist aber die Frage, ob es sich hier um primäre Erscheinungen, oder etwa nur um jene Wanderung handelt, die als direkte Folge der Gleichgewichtsstörung durch Bohrungen und Abbau des Oelfeldes anzusehen ist. Es unterliegt keinem Zweifel, daß der Fortschritt einer Verwässerung mit dem Auswaschen weiter Strecken verknüpft sein kann. In solchen Fällen hat man es nicht selten sogar mit einer gewissen Anreicherung in der noch nicht verwässerten Zone zu tun. Damit dies aber in Erscheinung trete, müssen immer in dem betreffenden Oelfelde auf werkmechanischem Wege Schichtungsstörungen entstehen, die mit dem Bohr- und Abbau-Prozeß verknüpft sind.

Der Beispielsfall von Balakhany, den Prof. Stutzer als Argument heranzieht, ist weitaus nicht maßgebend. Ich selbst habe eine Zeit lang in eben dieser Zone gearbeitet und zwar gerade zu jener Zeit, als in die dortigen Wasserbrunnen Oel zu sickern begann (1917/18). Diese Erscheinung, die unter den dortigen Handschachtbesitzern großes Aufsehen erregte, dauerte aber nur verhältnismäßig kurze Zeit und endete freilich damit, daß die früher einwandfrei guten Wasserbrunnen unbrauchbar wurden.

Der Fall läßt sich auf folgende Weise erklären: In der Nähe der Brunnenanlagen erstreckt sich die Wölbung der Balakhany-Ssabuntschi An-

tiklinale, längs derer sich zu jener Zeit zahlreiche und sehr ausgiebige Oelhandschächte befanden. Die Wasserbrunnen, die teils aus den Terrassensandschichten, teils aus den wasserreichen Sanden der Mittelstufe der produktiven Schichtenfolge schöpften, sind zwar von den übrigen Erdölzonen des Feldes gänzlich isoliert, befinden sich jedoch in der Nähe des Handschachtfeldes. Das Oel, das in den nicht verrohrten Handschächten oft auf mehrere Meter gestiegen war, hatte sich nach und nach durch die lockeren und stark von Brüchen durchsetzten Oberschichten einen Weg gebahnt und war dann, erklärlicherweise, in den Wasserbrunnen ausgetreten.

In den Bakuer Feldern war es eine alltägliche Erscheinung, daß die von vergossenem Oel gesättigten oberen 5 — 20 Oberflächenmeter manchmal sogar ausbeutbar wurden; mit der lagerbildenden Migration hat dies aber tatsächlich recht wenig zu tun.

Das Ablehnen der Spaltenmigration, auf die sich beispielsweise Prof. Krejci sowie einige amerikanische Geologen stützen, findet in den konkreten Tatsachen seine vollwertige Begründung. Dasselbe gilt für die Lateralmigration, der gleichfalls die tatsächlichen Verhältnisse gewichtig entgegenstehen. Es mag freilich recht bequem sein, die Anhäufung großer Oelmengen auf diesem Wege zu erklären, aber so einfach ist die Frage denn doch nicht.

Zunächst sind alle größeren Oelhorizonte nur höchst selten als zusammenhängende Flöze anzusprechen. Als solche erscheinen sie nur in den Bohrprofilen; in der Natur sind sie dagegen von einer Menge Zwischenlagen toniger Schichten durchzogen und durchlaufen in ihrer tatsächlichen Struktur, je nach Sonderfall, eine ganze Skala der Uebergangs-Lagerungsformationen zwischen Linsen- und Flözform. Der eventuelle Ergiebigkeitsreichtum der Linsen, bzw. der scheinbaren Flöze hängt überhaupt nicht davon ab ob die eine oder die andere Lagerungsform vorliegt. Untersucht man genau die Entblößungen klassischer öltragender Flöze, kann man oftmals die Beobachtung machen, wie sogar die stärksten Sande stufenweise auskeilen, bzw. in ihnen papierdünne Tonschichten zum Vorschein kommen. In diesem Fall

kann festgestellt werden, daß auch diese horizontale Abschichtung des öfteren schon hinreicht, um einer inopportunen Wasserverbreitung genügenden Widerstand zu bieten.

Darüber hinaus gibt es noch eine zweite Kategorie von Erscheinungen, die jedoch nur auf Grund einer sehr langwierigen Analyse der Lokaltektunik prüfbar sind. Die Oellagerstätten, auch die struktureinfachsten, sind von einem Netz größerer und kleinerer transversaler und longitudinaler Brüche durchzogen. Oft sind es winzige Verwerfungen, die mit wenigen Dezimetern meßbar bleiben. Solche lassen sich mittels Bohrung überhaupt nicht feststellen; ihr Vorhandensein kann nur auf Grund eingehender Terrain- bzw. Handbrunnen-Untersuchung nachgewiesen werden. Ueberwiegend linsenförmige Schichtung der Oelkomplexe und Vorhandensein von Verwerfungen machen also eine Lateralmigration auf weitere Strecken überhaupt völlig undenkbar.

Wie steht es nun aber mit der Sondenproduktion, die fast ausschließlich von lateral migriertem Oel gespeist wird?

Man will scheinen, daß die ursprünglichen Naturverhältnisse der unberührten Schichtungen eine Vergleichsbasis mit den Ergebnissen werkmechanisch zustandegekommener Gleichgewichtsstörungen überhaupt nicht bieten. Das Niederbringen einer Sonde verursacht eine plötzliche Druckdifferenz. Um den tatsächlichen Betrag dieses Störungsdruckes zu errechnen, muß zunächst der normale Schichtendruck zu Grunde gelegt werden. Ab Volumen durch Verlust an gasigen und flüssigen Stoffen und Differenz infolge etwaiger Veränderungen in der Schichtenstruktur; dazu wäre noch der Einfluß der Pumpensaugkraft als Druckminderung in Rechnung zu stellen. Auf diese Weise ergeben sich ohne weiteres hunderte von Atmosphären Druckstörung.

Aehnliches ist unter normalen Naturverhältnissen kaum zu erwarten. Zwar kennen wir auch elementare Naturstörungen, die zweifellos lokale Druckdifferenzen verursachen können; diese wirken dann aber einfach lagervernichtend. In diesem Sinne wären beispielsweise die Schlammvulkane zu erwähnen, über deren Rolle ich sonst wiederholt mich zu äußern Gelegenheit hatte.

Auch eine Oberflächenfaltung mit damit verknüpfter Spaltenbildung kann gleichfalls weitgehende Störungen verursachen. Man darf aber die Tragweite solcher Anomalien nicht überschätzen. Sie sind von kurzer Dauer, da sich die infolge Einbruch gebildete Faltung schnell von selbst schließt. Die tektonische, bzw. sedimentäre allgemeine Verlockerung der Schichten ist absolut nicht maßgebend und kann überhaupt zu einem Vergleich mit den oben angeführten werkmechanischen Störungen nicht herangezogen werden.

Auch wenn etwa längs der Spalten oder in unmittelbarer Nähe von Schlammvulkanen ein Erdölerguß, der zuweilen selbst ziemlich beträchtlich sein kann, stattfindet, so ist er doch meist nur von kurzer Dauer. So eine natürliche Oberflächenkrusten-Wunde vernarbt schnell von selbst infolge Tamponierung des Spaltenmundes durch die eigenen Ergußprodukte.

Dasselbe gilt für die natürlichen Entblößungen, bei denen man die öltragenden Schichten zuweilen kilometerweit verfolgen und beobachten kann. Es ergibt sich in der Regel, daß hier, wo man eher eine völlige Zerstörung der Lagerstätte erwarten könnte, eine solche hingegen nur selten vorliegt. Allerdings sind solche Uebertagschichten naturgemäß entgast und auf dieser Fläche nicht mehr abbaubar, doch handelt es sich in solchen Fällen meist nur um wenige hunderte von Metern. Dies erscheint sofort erklärlich, zieht man die Tendenz zu linsenförmiger Lagerung der Oelhorizonte und ein Vorhandensein von Verwerfungen in Betracht. Daher geschieht es nicht selten, daß gerade da, wo große ölgetränkte Aufschlüsse keine Haftung für ausgiebige Sonden bieten, schon in einer Entfernung von wenigen hundert Metern gute Erfolge erzielbar sind. In einzelnen Fällen handelt es sich dann um gegen die Erdoberfläche auskeilende, und darum verdeckte, produktive Linsen, in anderen sind es dieselben Horizonte, die in den Entblößungen offen zu Tage treten.

Und noch eine Frage wirft sich hier auf, wengleich gerade diese fast von der gesamten Erdölwelt als unberührbares Dogma betrachtet

wird. Ich meine damit die Frage des Ausquetschens des Erdöls in die Sandschichten.

Hier handelt es sich entweder um die Flüssigkeitsabgabe winziger Tonschichten zu Gunsten der sandigen, oder um Abgabe flüssigen Erdöls aus dem sogenannten Muttergestein (source-rock) an die sandigen, angeblich sekundären, öltragenden Schichtenserien.

In meinen vorstehend angeführten Schriften kann der Leser diese Frage weit eingehender behandeln finden. An dieser Stelle möchte ich nur einzelne wesentliche Punkte berühren.

Es wäre da in erster Linie das Wechselverhältnis zwischen öltragenden Sanden und Tonen zu erörtern. Betrachtet man eine öltragende Schichte, abbautechnisch, bzw. natürlich bloßgelegt, kann man sich jedesmal überzeugen, daß die Verteilung des Erdöls stratigraphisch in Bezug auf Quantum ziemlich willkürlich erfolgt ist. So sehen wir nicht selten, wie beispielsweise ölgetränkte, gefaltete oder ungefaltete Sande so von Flüssigkeit gesättigt sind, daß sie fast zu Oelschwimmsanden werden. Die benachbarten Tone sind hingegen meist vollständig steril. In anderen Fällen treffen wir Ton- und Sandschichtenkomplexe an, in denen die Tone ölgetränkt, die Sande dagegen trocken liegen, oder wiederum in denen von den Tonen und Sanden einzelne trocken, andere dagegen ölführend, wieder andere gar wasserhaltig sind. Auch die Verteilung des Erdöls in den Sanden braucht durchaus nicht immer regelmäßig zu sein, während sie bei gewissen Horizonten wiederum im Gegenteil, eine überraschende Stetigkeit aufweist. Ich führe hier nur einige Typen an um zu zeigen, daß die unmittelbare Beobachtung nur wenige, wenn nicht gar keine Indizien für einen Zusammenhang zwischen Tonen als Mutter- und Sanden als Speicher-Gestein liefert.

An zweiter Stelle hätten wir dann noch die Frage des Volumen-Verhältnisses der Tonschichten zu den Sanden. Es kommt nicht selten vor, daß die Tonlagen durchaus nicht immer genügend ausgebildet sind, um als lokales Muttergestein angesprochen zu werden.

Gegen die angebliche Herkunft des Erdöls aus dem Muttergestein sprechen als Argumente in erster Linie die folgenden:

Isoliertheit der als Muttergestein geltenden Komplexe.

Die Kontaktunabhängigkeit der jeweiligen Imprägnierungen.

In den jüngeren Oellagerstätten (Baku) ist es auch noch die geologische Geschichte der öltragenden Erhebungen die gleichfalls dagegen spricht.

Bekannt sind übrigens mehrere Lagerstätten, die überhaupt keine als „Muttergestein“ anzusprechenden Schichten in ihrem Profil aufweisen, ohne daß dieser Umstand auf die dortige Verteilung des Erdöls von irgend einem Einfluß wäre. Auch das Volumen-Verhältnis zwischen dem „Muttergestein“ und der Speicherserie ist gleichfalls zur Stützung der Annahme durchaus nicht immer ausreichend.

Nun aber das gewichtigste Gegenargument: Alle Bohrtechniker wissen sehr gut, daß die Tonschichten, die vielfach sehr reichlich von Oel durchtränkt erscheinen, keineswegs produktiv sind. Das Oel sickert nur ins Bohrloch, und trotz der weiter oben besprochenen Gleichgewichtsstörung, beschränkt sich der Wirkungsradius der Sonde nur auf die nächsten Umgebungsmeter, ja garnicht selten -dezimeter.

In ungestört gebliebenem Naturzustande genügt eine nur wenige Dezimeter starke Tonzwischenschichte, um ein gas- und ölreiches Niveau nach oben völlig abzudichten, selbst wenn die unmittelbar überlagernde Schichte aus Schwimmsanden besteht. Daß die Tonzwischenschichten jede Flüssigkeitswanderung abdichten und sperren, braucht nicht erst bewiesen zu werden. Aus welchen dunklen und geheimnisvollen Gründen aber dieselben, oder sonst ähnlich geartete Tone in Einzelfällen (welchen?) bereit sein sollten das Oel, das sie sonst erwiesenermaßen unter normalen und wohlbekanntesten Verhältnissen eifersüchtig hüten, an die porösen Nachbarschichten-Komplexe abzugeben, bleibt, wenigstens bislang, ein reichlich zweifelhaftes Naturwunder, dessen Vorkommen überhaupt erst einmal nachgewiesen werden müßte, ehe man an dessen Erklärung zu denken hätte.

Lagerungsbedingungen dafür sind im Bakuer Revier überaus gemein. Neuerdings ist eine Analogie auch in einem Falle in den Vereinigten Staa-

ten beobachtet worden (Maxwell B. A. A. P. Geol. 1931. 8). Studien- und Beobachtungs-Objekte fehlen also nicht.

Studiert man etwas genauer die von den Anhängern als „Muttergestein“ angesprochenen Schichtenserien, kann man sich unschwer überzeugen, daß sie oft stellenweise, wenn nicht in ihrer ganzen Ausdehnung, ölführend sind. Unterzieht man aber ihre Geschichte von dem Augenblick der Ablagerung bis zur Verfestigungsperiode einer Prüfung, dann kommt man ohne große Mühe zu dem Ergebnis, daß eben dieser „Muttergesteins“-Typus von Anbeginn bis heute, sei es ruhig lagernd, gefaltet oder in Geröll, seinen Charakter unverändert bewahrt hat (S. Zuber ll. cc.).

Wie sich nun die Migrationsanhänger etwaige Phasen des Auspressens des Erdöls in nahe, bezw. im Profile gar mehrere hundert Meter entfernte, Speichergesteine vorstellen wollen, ist mir immer ein Rätsel geblieben. So leid es mir tut, ich kann nicht umhin, die Annahme, eine gut mehrere hundert Meter starke selbstredend undurchlässige Tonschichte gäbe so mir nichts dir nichts und völlig widersinnig ihr Erdöl an eine sandige Schichte ab, denn doch als reichlich kühne Hypothese bezeichnen zu müssen.

Nun kommen aber einige Opponenten mit der Behauptung, es handle sich hier nicht um Erdöl, sondern vielmehr um das „Urbitumen“.

Ob Urbitumen oder Erdöl bleibt einerlei. Der Schwerpunkt der Frage liegt immer in der Undurchlässigkeit der Tonschichten, sei es nun in frischem, lockerem oder fossiltem, verfestigtem Zustand.

Vergebens habe ich in migrationistischen Werken darnach geforscht, wieso es kommen soll, daß die sogenannte Muttergesteinsfazies, die sonst kilometerweit unverändert bleibt, nur ausgerechnet in der Nähe bedeutenderer Lagerstätten und Fundstellen ihr Oel an die Speichergesteine abzugeben geneigt sein soll.

* * *

Zeigen die sandigen und tonigen Schichten im Großen und Ganzen in ihrer Allgemeinheit, bezw. in Sonderfällen keine Spur irgendeiner Transfluxion aus der einen in die andere, so liegt die

Frage einigermaßen schwieriger wo es sich um harte Einschlüsse in weichen Gesteinen, bezw. um ganze Schichtenkomplexe dieser Art handelt. Man beobachtet dort nämlich, und besonders in sandigen Tonen, daß die harten Einschlüsse (Kalksteingerölle, Fossilien) des öfteren die respektiven Kavernen völlig mit Oel gefüllt aufweisen. (Selbstverständlich handelt es sich hier um mehr oder minder ölführende Schichtenkomplexe). In solchen Fällen übertrifft die Menge des in den harten Gesteinen angesammelten Erdöls irgendwelche Imprägnierung der umgebenden Schichte.

Dies stellt einen interessanten Fall sekundärer Lagerung, das zweifellos aus umgebendem Gestein in die Einschlüsse eingesickert ist, dar. — Die ölführenden Fossilien haben seinerzeit viel Stoff zu gelegentlichem Meinungs-austausch geliefert, insbesondere in Bezug auf einen etwaigen Zusammenhang des Erdöls mit tierischen Resten. — In großen öltragenden Serien beobachtet man eine so geartete Lagerungsart (die sonst nur sporadisch auftritt) nur dort, wo die umliegenden sandig-tonigen Komplexe selbst gleichfalls mehr oder weniger ölführend sind.

Aehnlich liegen die Dinge in den Kalkstein-Zwischenschichten. Auch hier gelingt es immer die unmittelbare Oelführung des Liegenden, bezw. Hangenden, einer Schichte nachzuweisen.

In großen Komplexen festen Gesteins treten zu meist mit Oel gefüllte Kavernen und Spalten auf. Sowohl bei hartem Sandstein, wie bei Kalkstein, kann füglich ein Sonder-Lagerungstypus angenommen werden. Hier mag ein solches Niveau-Auf-treten völlig selbständig sein; eine eingehende Untersuchung zeigt jedoch, daß es sich in allen Fällen um eine stratigraphische Lagerung handelt und, weist sie dennoch Spuren einer Wanderung auf, so ist diese doch an den eigenen Schichtenkomplex gebunden und horizontal stets nur äusserst beschränkt.

Nach dem Vorgesagten könnte man vielleicht zu der Annahme gelangen, daß ich a priori überhaupt und allgemein jede Möglichkeit von Migration ablehne. Dem ist nicht so: Abgesehen von der werkmechanisch, bezw. bohrmäßig verursachten — also zwangsläufigen — Oelwanderung, beobachtet man auch zuweilen ein kontinuierliches

Oelsintern aus den entblößten Gesteinen. In den öltragenden Zonen finden sich des öfteren ganze Spaltenkomplexe mit Erdöl, bezw. Asphalt gänzlich ausgefüllt; wir kennen gleichfalls Asphaltgänge, bezw. sekundär von Oel getränkte, in diesem Fall nicht produktive, Terrassen. Auch Erdpech- bezw. Oel-Seen sind nicht selten. Ausbrüche, sowie die ständige, ruhige Tätigkeit der Schlammvulkane fördert ganz erhebliche Oelmenngen an die Oberfläche, und auch eine gasreiche, übersättigte Oelschichte ist sehr wohl fähig sich selbst den Weg an die Oberfläche zu bahnen. Ueber die Rolle solcher Phenomäne hatte ich bereits mehrfach Gelegenheit mich auszusprechen. Sie gehören jedoch in die Reihe jener bestimmter Migrationserscheinungen, die ich unter dem Namen „Dismigration“ (vernichtende, bezw. explosive M.) zusammenfasse.

Eingehende Untersuchung des Oberflächen-Auftretens von Erdöl erweist in allen Fällen, daß dieses Oel stets mit genau bestimmbarern Niveaus zusammenhängt und von diesem her stammt. Diese selbst lagern gewöhnlich in geringer Tiefe und Entfernung. Dabei zeigt es sich auch, daß das Erdöl niemals migriert ohne deutlich wahrnehmbare Spuren der Zwangläufigkeit dieses Platzwechsels aufzuweisen, bezw. zu hinterlassen.

Die Erfahrung lehrt uns weiters, daß das Erdöl niemals vollständig aus einer Schichte verschwindet (auswandert), die einmal solches geführt hat. Selbst da, wo es sich sichtlich um Fälle innerer Verwässerung handelt, die etwa örtlich in unmittelbarer Nachbarschaft wassertragender, von Verwerfungen durchzogener Komplexe stattgefunden haben (Binagady bei Baku, Tscheleken), ergibt sich auf Grund eingehender Prüfung, daß die Sande niemals völlig ölfrei werden. Es kann dies zwar die Ausbeutbarkeit der Schichte beeinflussen, nicht aber verhindern, daß sie trotzdem an und für sich öltragend bleibt. Dergleichen Sande werden von den Bakuer Bohrtechnikern als „ausgewaschene Oelsande“ bezeichnet und sind in vielen wasserreichen Oelfeldern häufig. Eine Untersuchung läßt ausnahmslos den Schluß zu, daß sie ehemals ölführend gewesen sind.

Es würde zu weit führen, fernere Fälle äh-

licher Artung anzuführen. Ich beschränke mich daher auf die Schlußfolgerung:

Erweist sich irgendeine Schichte bzw. ein Schichtenkomplex heute als völlig ölfrei, so hat er auch niemals früher Erdöl enthalten.

Einer der wichtigsten Stützpunkte für die Oelwanderungs-Theorien besteht in der allgemein anerkannten und durch reale Tatsachen erwiesenen Olführung der Antiklinalen. Es erwächst ganz folgerichtig die Frage, wie und wieso eine produktionsfähige Oelanhäufung überhaupt entstehen kann, sofern uns tatsächliche Gründe zwingen, sowohl die horizontale, wie auch die vertikale Migration abzulehnen, bzw. sie wenigstens auf Sonderfälle aus stets örtlich eng umschriebenen Zwangsursachen zu beschränken. Unleugbar weisen gerade die Achsenzonen der Antiklinalen mannigfache Schichten-Verlockerungen auf, was natürlich zu gewissen Druckdifferenzen führen kann. Letztere dürfen aber nicht überschätzt werden, denn ihr Einfluß erstreckt sich stets nur auf die unmittelbare Umgebung. Günstiger zur Streitfrage liegen schon die Verhältnisse, hat man es mit Subsidenz zu tun, was im Endresultat zu der sogenannten „buried hills“ — und „reflected buried hills“ — Struktur hinführt. In diesen Fällen handelt es sich weniger um Verlockerung, als vielmehr um Ueberlastungsmangel in den Scheitelpunkten der Erhebungen.

Mehrere Abhandlungen amerikanischer Geologen, insbesondere die im vorerwähnten „Symposium“ enthaltenen Arbeiten, bringen einwandfreie Beweise dafür bei, daß das Verteilungsverhältnis zwischen Oel und Wasser nicht völlig genau dem Strukturcharakter folgt. Es scheint im Gegenteil die Synklinal-Lagerung gewisser Felder mit dem Mangel an Seitenwasser verknüpft zu sein.

Meine eigenen Beobachtungen haben mich zu der Ueberzeugung geführt, daß es sich da, in der Mehrzahl der Fälle, um eine willkürliche Ausdehnung der produktiven Oelstrecken handelt, d. h. immer doch in Kausalkonnex mit den Oelniveaus die in ihrer weitaus größten Mehrzahl völlig autonom sind. Ebendarauf hinzuweisen hatte ich bereits mehrfach Gelegenheit (ll. cc.).

Fährt man beispielsweise einen bisher unberührten, vermutlich öltragenden Schichtenkomplex an, so stößt man anstatt der theoretischen Folge: Gas — Oel — Wasser, je nach der tektonischen Lage des Feldes, eher zunächst auf eine, wenngleich ölgetränkte, so doch unproduktive Zone und erst dann auf die Wasserzone, woraus sich ergibt, daß ein unmittelbarer Kontakt zwischen Oel und Wasser nicht besteht.

Auch umgekehrt liegende Fälle sind mir vorgekommen, daß nämlich zunächst wasserreiche Niveaus und erst dann, gegen die Peripherie der Erhebung zu, ölgetränkte Schichten zu Tage traten (Binagady bei Baku).

Schließlich bin ich der Ansicht, daß die bisher vorliegenden Bohrungserfahrungen nicht hinreichen, um ein Nichtvorhandensein des Erdöls in den Mulden als Regel hinzustellen. Nicht zu leugnen ist es, daß die Wassermenge gegen die Peripherie zunimmt und zwar sowohl quantitativ als auch in Bezug auf hydrostatischen Druck. Dies erschwert beträchtlich das Bohren und die Wasserabdichtung, von der Tiefenzunahme ganz zu schweigen. Demzufolge werden die synklinalwärts gelegenen Terrains praktisch unbrauchbar, was zu weiterer Folge hat, daß direkte Beobachtung und folglich ein Studium solcher Gebiete in der Praxis leider fehlt. Ich bin sogar der Ansicht, daß die relativ wenigen Schlüsse über die Erdölhoffigkeit der peripherischen Teilparzellen, Schlüsse die auf Grund mangelhafter Bohrergebnisse entstanden sind, einer recht gründlichen Revision bedürfen.

Aus dem bisher Gesagten ergibt sich, daß die Antiklinal-Struktur nur in gewissen Fällen Ursache einer Anreicherung der Lagerstätte werden kann. Von einer Bildung derselben auf diesem Wege kann dagegen, glaube ich, überhaupt nicht die Rede sein. Die unmittelbare Ursache hinwider solchen Zusammenhanges, die freilich an sich nicht zu leugnen ist, wäre meiner Ansicht nach ganz woanders zu suchen (vergl. Kap. III). Die Migration, sofern sie tatsächlich irgendwo statthat, ist demnach nur als eine örtlich beschränkte Verschiebung zu deuten. Sie kann wohl lageranreichernd, niemals aber lagerbildend wirken. In außergewöhnlichen Fällen elementarer Na-

tur, wo es sich um heftige Faltungsbewegungen handelt, könnte natürlich diese Anreicherung auf dem Wege zur völligen Vernichtung der Lagerstätte gewisse Zwischenstadien durchmachen, gelegentlich derer eine sekundäre Ansammlung des Erdöls tatsächlich vorwiegend in Erscheinung käme. Im allgemeinen aber ist die Dynamik der Faltenbildung, außer da wo sie zu ausnahmsweise günstigen Lagerungs- und Konservierungs-Formen führt, eher als ein feindliches, destruktives Element zu betrachten.

Im übrigen wäre die auffällig genaue Verteilung der gasöl- und wasserführenden Zonen eher als eine sekundäre Erscheinung zu betrachten, die erst dann zustande kommt, wenn das natürliche Gleichgewicht des Feldes, wie vorerwähnt, bereits gestört ist. Insofern wären allerdings die Antiklinalerhebungen als besonders günstige Fund- und Ausbeut-Stellen zu betrachten.

Eingehenderes Studium der gegenwärtig vorliegenden erdölgeologischen Fachliteratur erweist, daß eine einigermaßen exakte und zureichende Besprechung der Oberflächen-Erscheinungen in der Erdölgewinnungs-Industrie merkwürdigerweise vernachlässigt worden ist. In den meisten Fällen begnügen sich die verschiedenen Autoren damit, so nebenher anzugeben, wo etwa Oelquellen bzw. bloßliegende ölgetränkte Schichten anzutreffen sind. Dies läßt den Schluß zu, daß Detailuntersuchungen in dieser Richtung mangeln. Will man aber der Verteilung des Erdöls unter Tag genauer auf den Grund gehen, genügt es keineswegs sich nur auf die Tektonik und, wenn auch noch so gewissenhafte Registrierung der Bohrergergebnisse zu beschränken. Aus den Werken und Abhandlungen zahlreicher Autoren ist aber ersichtlich, daß sie nicht eben viel Zeit auf ein zielbewußtes Studium der Frage der Entblößung verwandt haben, wie es anerkannter Weise Golubiatnikow, Kalitzki und zahlreiche andere Geologen der russischen Schule getan haben. Denn es ist wohl kaum zu leugnen, daß nur ein ins Einzelne gehende Schichtenstudium die Bohrergergebnisse erfolgreich und zweckmäßig zu kontrollieren imstande ist. Und nicht nur theoretische Werte würden damit geschaffen, denn je umfangreicher und mannigfaltiger das Vergleichsmaterial sich ansammelt,

desto sicherere, nützlichere und weittragendere Schlüsse über die gewinnversprechende Ausbeutbarkeit selbst bedeutender, bisher vielleicht vernachlässigter, Zonen läßt es zu.

III.

Vergleicht man die zahlreichen Aufschlüsse öltragender Schichten mit den dabei festgestellten Lagerungsbedingungen des Erdöls, sofern diese a posteriori überhaupt genau nachgeprüft werden können, so ergibt sich, daß es sich hiebei ganz allgemein um eine stratigraphische Lagerung handelt. Stoßen wir dagegen auf abweichende, anormale Lagerung — sekundäre Spalten, Imprägnierungen, Spuren fossiler Ausbisse und ähnl. — so läßt sich diese, kurzgesagt, auf vorhandene Oelhorizonte zurückführen, gleichgiltig ob diese derzeit produktiv oder steril sind.

Begegnen wir irgendwelchen Spuren einer Oelwanderung, so handelt es sich nur um örtlich beschränkte Bewegungen, die innerhalb einer und derselben Schichte stattfinden und an diese gebunden bleiben. Wie schon gesagt, können letztere wohl lageranreichernd, niemals aber lagerbildend wirken. Mit diesen geringen, bedeutungslosen Bewegungen haben die vielfach gewaltigen Flüssigkeitswanderungen infolge bohrmäßiger, also werkmechanischer Gleichgewichtsstörungen überhaupt wenig zu tun.

Die tatsächlichen Vorgänge, die sich in den einzelnen Oelfeldern überhaupt verfolgen lassen, bezeugen unwiderleglich, daß es sich da, wo wir es auf die eine oder die andere Weise mit faziell unstätigen Bedingungen zu tun haben, um klar feststellbare Schichtungsserien handelt. Die proteiformen Migrationstheorien, und wenn sie auch theoretisch noch so unanfechtbar erscheinen, scheitern immer und müssen scheitern, sobald wir uns vor die realen Tatsachenvorgänge stellen. Die Prämissen können gewiß logisch und scharf aufgebaut sein; sowie man aber an deren praktische Nutzanwendung gehen will, kommt man bald in die Zwangslage, sich gewisser gewollt konstruktiver und durchaus nicht einwandfreier Hypothesen zu bedienen.

Der effektive Tatsachenkomplex der uns nötigt, eine lagerbildende Oelwanderung

als keineswegs erwiesen zu betrachten, erheischt eine von der bislang allgemein angenommenen abweichende, ursächliche Erklärung der Oelbildungsprozesse.

Die Oelbildung (oil-generation) in tonigen Sedimenten wäre im Großen und Ganzen als gelöst zu betrachten. Es kann sich gegenwärtig nur noch um Studien über Einzelheiten handeln, die wohl das Allgemeinbild zweckmäßig ergänzen, die es aber nicht mehr wesentlich verschieben können. Es ist heute schon durchwegs anerkannt, daß das Erdöl pflanzlichen Organismen seine Entstehung verdankt und daß die Bedingungen des Flachsee- bzw. des Lagunen-Bodens für Anhäufung und Konservierung des organogenen Materials besonders günstige sind. Die Studien von Arkhangelsky, Brooks, Hackford, Maier-Zimmerly, Potonié, Salessky, M. Stuart, Stadnikoff, McKenzie-Taylor, Thayer, Thiessen, Tolmann, Trask, R. Zuber und anderer fußen auf Tatsachen, die keinen Zweifel über die Natur des Oelurmaterials zulassen.

Wenn wir auch über die intime Natur der ölbildenden Prozesse noch weitaus nicht völlig im Klaren sind, so ist doch das Diskutierfeld hierüber heute schon wesentlich enger. Wir kennen gegenwärtig mehrere Sedimentarten in denen sich das Urmaterial anhäuft und in denen das Erdöl ohne Zweifel zur Bildung kommt. Hievon möchte ich gewisse Typen, wie beispielsweise Coorongit (Thiessen) und Balchaschit (Salessky), als ungewöhnlich, zunächst ausreihen. Andere, die insbesondere von Arkhangelsky, Potonié und R. Zuber häufig und eingehend untersucht worden sind, gehören zu den verbreitetsten und können daher als Ausgangspunkt zur Aufstellung eines Grundtypus dienen. Betont muß aber ausdrücklich werden, daß mit Ausnahme einiger weniger Fälle, alle jungen, in tonigen Ablagerungen anzutreffenden Sapropelanhäufungen mit den vorhandenen großen Oelreserven nichts gemein haben, denn es kann keineswegs mehr zweifelhaft sein, daß die sapropelhaltigen Tonablagerungen ihr Gehalt an organischer Substanz (meist 5—15 %) von Anbeginn ohne jede wesentliche Veränderung in sich selbst beibehalten.

Wenn nun, wie vorausgeschickt, eine lagerbildende Oelmigration in die Sandschichten un-

haltbar erscheint, so bleibt nur übrig, die Oelbildungsmöglichkeiten in den Sandschichten selbst näher zu untersuchen. Nach dieser Richtung spreche ich, immer eine Betrachtung des Problemkomplexes im Großen und Ganzen vorausgesetzt, 3 Wege als aussichtsreich an:

1. Eingehende paläogeographische Untersuchungen im Bereiche der öltragenden Fazies.
2. Beobachtung und Prüfung der Anhäufungsart des organogenen Materials sowie der Bildung der respektiven Sandflöze.
3. Sorgfältige Untersuchung der geochemischen, mit der Oelbildung verknüpften Prozesse, sowie auch der Konservierungsart der im Bilden begriffenen Kohlenwasserstoffe.

Die erste und wichtigste Aufgabe besteht demnach in der Auffindung von Pflanzenspuren in den öltragenden Oelschichten. Dies ist am leichtesten in den kreuzgeschichteten Sanden der Brandungszonen. Infolge der Brandung entstehen längs des Strandes beträchtliche Anhäufungen von Sand, Seegras und Muscheln. Auf weite Strecken sind große Klumpen Algen sichtbar, in denen die Muschelschalen eingebettet, vor Zerriebenwerden vortrefflich geschützt sind. Sobald die Pflanzenreste vermodert sind bleibt nur der Sand übrig, in dem die Muschelschalen sehr charakteristisch verstreut liegen, wobei das grobe Material gemeinam mit sogar sehr dünnchaligem unversehrt zusammenlagert. Stößt man nun in kreuzgeschichteten Sanden auf eine solche charakteristische Muschelbettung, so braucht es keines weiteren Beweises, daß die Bildung solch einer Schichte mit einer erheblichen Anhäufung von Seetang verknüpft gewesen ist.

Nun lehrt aber die Erfahrung, daß solche Schichten nicht selten öltragend sind. Untersucht man weiters genau deren Imbrägnierung, so stellt sich heraus, daß diese in der Regel den Seetang-Anhäufungsflächen folgt. Einen ähnlich liegenden Fall, hier ohne Fossilinhalt, beschreibt Kalitzki, allerdings als Beispiel der Unwahrscheinlichkeit der Migration in der Sandschichte selbst, ohne ihn in obiger Weise sonst zu deuten. Ich selbst hatte gleichfalls und wiederholt auf der Insel Tschelken Gelegenheit, solche Lagerungen zu untersuchen und dabei den vorgenannten Tatbestand

zu bestätigen. Das Beispiel ist besonders lehrreich, den es zeigt wie beständig eine solche Oeltränkung ist und wie in einem und demselben kreuzgeschichteten Flöz ölgetränkte und sterile Stellen sich voneinander unabhängig zusammenfinden können.

Die von Oel übersättigten Sandlinsen auf der Insel Tscheleken, die als durchschlagender Beweis für deren allgemein primäre Wesensart zu betrachten sind, weisen bei genauerer Untersuchung deutliche Spuren einer vorausgegangenen Flözlagerung auf, die unmittelbar nach ihrer Bildung der Zerstörung anheimfiel, im Verlauf deren die ursprünglichen Flöze in größere oder geringere, von einander isolierte, Linsen getrennt worden sind.

Analoge Bildungen sind auch gegenwärtig in den Stromdeltas zu beobachten. Sie sind stets mit den einzelnen Ueberschwemmungs-Phasen verknüpft und unterliegen bei den sich abwechselnden Schwankungen des Wasserniveaus häufig der Zerstörung. Dies geschieht eben in der Weise wie es uns indizienmäßig die Tschelekener Linsen lehren. Bemerket sei, daß dergleichen Ueberschwemmungs-Zwischenschichten in frischem Zustande fast durchwegs ganz erhebliche Mengen verschiedener Pflanzenreste aufweisen, ja daß sie nicht selten fast gänzlich aus Pflanzenzerreißel mit nur wenig Sandbeimischung bestehen.

Ueber die Bildung sapropelhaltiger Sande haben sich schon mehrere Autoren geäußert. H. und R. Potonié führen mehrere Beispiele an und auch Krejci bestätigt solche, ohne aber daß die Vorgenannten der Erscheinung nähere Aufmerksamkeit widmen. Nun habe ich aber häufig beobachtet, daß die Durchbildung des Adriatischen Mio-Pliozäns mehrfach Anwesenheit sapropelhaltiger Sande im Profil aufweist. Dies findet ausnahmslos in der Nähe ölgetränkter Zonen statt. Dasselbe ist auch in Flyschsandsteinen zu beobachten, wo sogar alle Uebergangsstufen zwischen vom bituminierten Pflanzenzerreißel erfüllten und ausgesprochen öltragenden Schichten anzutreffen sind. Verebbt hier die Oelprägnerung, so geschieht dies in der Regel nicht unvermittelt: zunächst beginnen hingegen Pflanzenspuren aufzutreten, wobei das Gestein immer noch den cha-

rakteristischen Erdölgeruch aufweist. Nach und nach schwindet auch dieser, während sich gleichzeitig der Gehalt an schon deutlich erkennbarem Pflanzenzerreißel steigert.

Diesen Tatsachenbestand entnehme ich meinen einschlägigen balkanischen Studien, er ist aber gleichfalls in den Karpathen zu beobachten. Völlig überzeugend ist beispielsweise die respektive Entwicklung der gegenwärtig nachgerade berühmten Boryslawer Sandsteine und ihrer Aequivalente. Da wo diese Serie nicht ölführend ist, erscheinen ihre Sandsteine sehr häufig von Sapropel völlig durchsetzt. Hätten seinerzeit die Migrationisten der Untersuchung des polnischen Karpathenpaläogens auf dessen Gehalt an organischen Substanzen mehr Sorgfalt zugewandt, wären vielleicht ihre auf unkontrollierbaren Prämissen fußenden Schlußfolgerungen anders ausgefallen.

Auch gröberes Pflanzenmaterial kann im obigen Zusammenhange in Frage kommen. In mehreren Erdölrevieren habe ich beobachtet, daß die dort von den Oelhorizonten gesondert lagernden bituminösen Braunkohlen eine Substanz bilden, die sich von sonst bekannten Braunkohlentypen wesentlich unterscheidet: Sie färben, auch wenn gekocht, die konzentrierte Kalilauge n Lösung gar nicht. Es sind unter ihnen verschiedene Bituminierungsstadien, vom gewöhnlichen moderholzähnlichen bis zum asphaltartigen, anzutreffen und zu unterscheiden. In der Verbrennung lösen sie einen charakteristischen, von dem bekannten verbrannter Braunkohle völlig abweichenden Geruch aus. Von organischen Lösungsmitteln werden sie nicht oder nur wenig angegriffen.

Sehr interessant ist ihre mikroskopische Untersuchung: Ihr Gewebe ist gewöhnlich bräunlich gefärbt; die Zellenwände zeigen eine progressive, pechartige Verschwommenheit.

Diese eigenartige Braunkohle findet sich im Bereiche asphaltreicher Oele des albanischen Mio-Pliozäns. Außerdem habe ich deren Vorhandensein an mehreren Stellen im Flysch der Karpathen gleichfalls festgestellt. Besonders merkwürdig ist das Vorkommen dieser Braunkohlenart verknüpft mit bituminösen Sanden, die aber kein flüssiges Erdöl enthalten. Nur in äußerst seltenen Fällen ist dieses Mineral in unzweifelhaft ölgetränkten

Schichten anzutreffen, hier sind dann aber die vorhandenen Bruchstücke wesentlich verändert und weisen eine korrodierte Oberfläche auf, als ob doch ein Teil ihrer Substanz schon in Auflösung übergegangen wäre.

Analoges Verhalten zeigt in den Gesteinen bekannter Erdölreviere das Pflanzenzerreibsel, ein Umstand, den z. B. R. Zuber unbeachtet gelassen hat (Flisz i Nafta - Lwów 1917). Sonst wahrt aber jeder Schichtenkomplex eine gewisse Autonomie in Bezug auf Beschaffenheit (beziehungsweise Assimilierung) der genannten Substanzen. Im Allgemeinen geht man kaum fehl in solchen Fällen die carbon-ratio-Theorie (D. White u. S. Powers) gelten zu lassen.

Beispiele dieser Art sind schon mehrfach beschrieben worden. Da aber das Material chemisch nur schwer zu charakterisieren ist, läßt die einschlägige Nomenklatur viel zu wünschen übrig.

Wenn ich nun dieses Thema gerade an dieser Stelle berühre, so tue ich es unter anderem auch aus dem Grunde, weil es sich hier um Indizien einer ganz eigenartigen Umwandlung des Lignins, in der die Humussäurebildung wahrscheinlich eine nur sehr untergeordnete Rolle spielt, handelt. Eine tunlichst eingehende chemische Untersuchung dieser, sonst als bituminöse Kohle anzusprechenden Substanzen könnte vielleicht zu überraschenden Ergebnissen führen.

Unter den ölführenden Zonen ist bis in die jüngste Zeit nur das Bakuer Revier übrig geblieben, dessen Oelurmaterial sozusagen ein Herkunftsfragezeichen führte. Dies lag in dem kontinentalen Ursprunge der fast fossillosen, mächtigen Bakuer produktiven Serie. Gegenwärtig ist diese Frage, dank den Ergebnissen der durch V. Baturin¹⁾ glänzend durchgeführten Untersuchungen, als völlig gelöst zu betrachten.

Dem genannten Forscher gelang es auf Grund einer eingehenden petrographischen Analyse der pliozänen Sande, nachzuweisen, daß die produktive Bakuer Serie keine Wüstenbildung darstellt, viel-

¹⁾ I, Petrography of the sands and sandstones of the productive series, II, Physico-geographical conditions of the productive series. — Trans. of the Aserbaidjan Petroleum Invest. — Bull. I. — Baku 1931. (Russisch, mit englischem Resumé.)

mehr einen Komplex von Ablagerungen mehrerer Deltas, worunter das der „Paleo - Wolga“ die Hauptrolle spielt. Das Wüstenklima wäre dabei als Nebenfaktor anzusehen. Dieser Abhandlung, die sich würdig den wichtigsten und bedeutendsten Werken der modernen Erdölliteratur einreicht, ist es zu danken, daß die bislang isoliert stehende und in mancher Hinsicht lösungslos gebliebene Bakuer Zone nunmehr den anderen analogen beigegliedert werden kann.

Mir scheint, um zu der Oelbildungsfrage zurückzukehren, es könne gar keinem Zweifel unterliegen, daß jeder Pflanzendetritus als Urmaterial für die Bildung des Erdöls geeignet sei. Man sollte sich nicht ausschließlich auf Plankton beschränken, im Gegenteil, dieses kann eher als akzessorisch betrachtet werden. Dies hat schon seinerzeit R. Zuber als berechtigt nachgewiesen (l. c.), nachdem er die pflanzendetritusreichen Ablagerungen tropischer Stromdeltas einer eingehenden Untersuchung unterzogen hat. Dabei ergab sich, daß z. B. Harze und Fette, denen unter anderen Prof. Stadnikoff eine so wesentliche Rolle zuzuschreiben scheint, als nur höchst untergeordneter Oelbildungsfaktor gelten können. Ich teile gleichfalls die Ansicht R. Zubers, und dies schon aus dem einfachen Grunde, weil eine nennenswerte ausgedehnte Anhäufung fettreichen Plankton- bzw. Algen-Materials (Salessky, Takahashi, Thiessen, Tolman u. a.) nur als sporadische, durchaus ungewöhnliche Erscheinung denkbar wäre, deren Verallgemeinerung sich von selbst verbietet.

* * *

Insofern also einerseits die Frage des für die Erdölbildung in Betracht kommenden Urmaterials keine wesentlichen Schwierigkeiten bietet, sind wir auf der anderen Seite weitaus noch nicht im Klaren über die Erdölbildungsprozesse selbst. Wenn es auch einigen Forschern gelungen ist, eine beträchtliche Zahl gegenwärtig in Bildung begriffener Kohlenwasserstoffe festzustellen (Hackford, Thiessen, Tolman, Trask), so gelten wie gesagt ihre Untersuchungen nur untergeordneten Oeltypen und reichen bei weitem nicht hin, um allgemein die zweifellos überaus weitgreifenden und

spezifisch verbreiteten Prozesse einwandfrei zu erklären²).

Eines der typischsten ausnahmslos mit allen bekannten Erdöllagerstätten verknüpften Phänomene ist das des Salzwassers. Seit langem ist der Zusammenhang, das Wechselverhältnis zwischen Salzwasser und Erdöl als genetisches anerkannt. Dies erklärt aber noch keineswegs die Umwandlung pflanzlichen Materials in Kohlenwasserstoffe. Fast von allen Forschern, die sich mit der Oelgenese befaßt haben, ist hervorgehoben worden, daß sich gewisse Schichtenkomplexe, die auf Grund ihres Fossilinhaltes zu den ausgesprochenen Brackwasser- bzw. gar Süßwasser-Sedimenten zu rechnen sind, durch sogar ungewöhnlich hohen Salzgehalt ihrer Wässer auszeichnen. Dieser Umstand läßt allerlei Schlüsse zu; allgemein wird diese hohe Salzsättigung als sekundär betrachtet.

Ziehen wir aber die mit der Bildung öltragender Serien verknüpften Verhältnisse in Betracht, so ergibt sich, daß die Frage auf ziemlich einfache Weise zu lösen wäre. — Es wird allgemein angenommen, daß die Oelfazies fast ausnahmslos unverkennbare Spuren für an ihrer Bildung beteiligtes Wüstenklima verrät, bzw. doch wenigstens eines sich durch heiße, überaus trockene Jahreszeiten besonders auszeichnenden wüstenähnlichen Klimatyps. Meine eigenen Beobachtungen, die ich mehrfach in Halbwüsten und Zonen mit trockener und heißer Sommerzeit zu machen Gelegenheit hatte, lassen wohl eine andere Erklärung obigen Phänomens der Salzsättigung zu. Es zeigt sich nämlich, daß die während der Regenzeit vollständig ausgesüßten Wasserbecken in der Sommerperiode einer neuen starken Salzkonzentrierung unterliegen. Dies geschieht genau nach dem „Gesetz der Wüstenbildung“ (J. Walther), wobei auch die etwa in den Schichten selbst enthaltenen Salz mengen an die Oberfläche getrieben werden.

Solche Bedingungen müssen aber durchaus nicht zu einer völligen Vernichtung der Süß-

² Es sei hervorgehoben, daß besonders die Untersuchungen von Hackford (I. Petr. Technol. Nr. 100; 1932) gar überraschende Tatsachen zum Ausdruck bringen in bezug auf die Umwandlung der Algen in Bitumina auf hydrolytischem Wege. Dies stimmt mit der Natur gewisser biochemischer Prozesse überein.

bezw. Brackwasser-Fauna, die uns ein wertvoller Hilfsfaktor bei der paläogeographischen Untersuchung ist, führen. Manche Formen (gewisse Gastropoden, Cardidae und Unionidae) besitzen sogar die Fähigkeit, sich den jeweiligen Saisonbedingungen anzupassen. Bringt aber die völlige Durchsalzung einen großen Teil der Fauna selbst tatsächlich zum Aussterben, so bleiben doch immer gewisse Inselzonen übrig, innerhalb deren die betreffenden Lebewesen die aride Jahreszeit durchhalten können und von wo aus sie sich bei entsprechend günstigen Bedingungen überaus schnell zu vermehren und auszubreiten fähig sind.

Alle molasse- und flyschartigen Sedimente zeigen allgemein deutliche Indizien dessen, daß ihre Bildung sich meist an der Oberfläche vollzieht. Dies bestätigen beispielsweise die Hieroglyphensandsteine, denen einst R. Zuber so viel Aufmerksamkeit widmete. Um sich erkennbar zu erhalten, erheischen die mancherlei Kriechspuren, „ripple-marks“ usw. einer zeitweisen Trockenlegung der Schichte; sie müssen also, wenigstens für einige Zeit, der Sonnenstrahlung ausgesetzt bleiben.

Sogar unter den bituminösen Schiefen und Tonen, die mit Recht eher als Seebodenfazies gelten, sind etliche Oberflächensedimente zur Beobachtung gelangt. So beispielsweise die Menilit-schiefer der polnischen Karpathen unter denen es mir gelang, ausgesprochene und unzweifelhaft auf ihren äolischen Ursprung deutende Dünensandlinsen zu entdecken. Dies stimmt übrigens mit den Ergebnissen der Untersuchungen R. Zubers, der alle sapropel- und flyschartigen Schiefertone den Flachlagunenbildungen zuzählte, völlig überein. Dadurch werden selbstredend die Prüfungsergebnisse im Bereich der sich am Meeresboden bildenden Sedimente keineswegs berührt. Die angeführten Tatsachen beweisen nur, daß die Oelbildungsprozesse sich in von einander recht abweichenden Bedingungen vollziehen können. Besonders günstig lagen in dieser Hinsicht zweifellos die Bedingungen in der Nähe der in Bildung begriffenen großen Salzmassive, wo die Salzsättigung der sich bildenden Oberflächenschichten ganz außerordentlich erleichtert sein mußte.

Alle bisherigen Forschungsergebnisse führen uns zwangsläufig zu der Schlußfolgerung, daß die Oelbildung vom Gärungsprozeß pflanzlicher Restsubstanzen bei Anwesenheit löslicher Salze abhängig ist. In dieser Richtung sind die Untersuchungsergebnisse McKenzie-Taylor's überaus wertvoll, denn es gelang dadurch die Abhängigkeit der ölbildenden von der kohlenbildenden Gärung an Hand der Untersuchungen des Salzgehaltes in den das Urmaterial deckenden Tonen festzustellen. Genau dieselben Bedingungen, wie sie die McKenzie-Taylor'schen Schfüsse erfordern, liegen eben in den gegenwärtig beobachteten Zonen vor. Aus alledem geht aber auch hervor, wie unscheinbare Veränderungen (insbesondere klimatische) schon hinreichen, um einen beginnenden Oelbildungsprozeß in einen carbogenen umzuleiten und im Endergebnis zur Kohlenbildung zu bringen.

Die Untersuchung der Oelwasser deutet schon ziemlich klar auf deren Affinität mit der chemischen Zusammensetzung des Erdöls selbst. Es ergibt sich gleichermaßen, daß daselbst, wo die Analyse Oelwasser von weit ausholenden Schwankungen in ihrer chemischen Zusammensetzung feststellt, auch die Erdöltypen selbst sehr untereinander verschieden sind (Baku). Wo dagegen die Wasser, ihrer Schichtangehörigkeit ungeachtet, eine ziemlich konstante, wenig differenzierte Zusammensetzung aufweisen, dort treten auch untereinander ähnliche Oeltypen in verschiedenen Serien, ohne Rücksicht auf ihr Zeitalter, zu Tage (Albanien, rumänisches Hügelland). Die Verteilung der Wasser in den Oellagerstätten ist für gewöhnlich so regelmäßig, daß dieser Umstand mehrfach als Argument für die primäre Wesensart der betreffenden Lagerstätten gedient hat (Höfer, Beeby-Thomson, S. Zuber). In dieser Hinsicht wird die Anwesenheit homogener Wasserhorizonte, die mit überraschender Stetigkeit zwischen den Oelhorizonten zu lagern pflegen, nur auf Grund der „connatewater“-Theorie erklärlich.

Prof. Krejci leugnet überhaupt die Subsistenz einer „connate water“-Bildung. Hiebei hat er aber völlig außer Acht gelassen, daß zwischen den einzelnen Wasser-Niveaux absolut trockene Kom-

plexe vorkommen. Tatsache ist, daß gewisse stratigraphische Niveaux stetig wasserhältig sind, ja sogar eruptives Wasser enthalten, während andere von gleicher Korngröße und in gleichen geologischen Bedingungen lagernd, stets trocken bleiben (Baku). Nach Prof. Krejci wäre der Salzgehalt der Oelserien, der sich immerhin demjenigen der mit der betreffenden Lagerstätte verbundenen Wasser angleichen kann; nur auf die allgemeine Salinität der Oelserien zurückzuführen. Meiner Ansicht nach könnte letzterer Umstand höchstens einen Teil der Wasserprobleme hinreichend erklären. Es mag gewiß eine ganz schöne und einfache hypothetische Methode sein, die Oelwasser als Nebenprodukt der Naphthabildung zu betrachten. Schade nur, daß sie im realen Tatsachenmaterial kaum ihre Bestätigung findet.

Im Gegenteil scheint es, daß die Bildung wassergesättigter Schichten eher ein Ergebnis der Sedimentation unter aridem Klima eigenen Bedingungen sei. Dies mag eigenartig klingen, verdient aber nichtsdestoweniger aufmerksame Beachtung. Findet die Ablagerung in abgeschnürten, isolierten Becken bzw. -Lagunen statt, bilden sich dort sehr häufig unter Tag Schwimmsandschichten, deren Abdrainierung sich dann überaus schwierig gestaltet. In Wüstenklima - Bedingungen konnte ich mich selbst mehrfach durch Augenschein überzeugen, was für unvermutete, völlig undrainierbare Salzwasseransammlungen sich in gewissen isolierten Becken bilden und auf welcher eigenartigen Art und Weise sie sich konservieren. Dies geschieht in der Weise, daß die sich an der Oberfläche bildenden Salzkrusten die nachfolgende Entstehung einer äolischen Deckschichte ermöglichen.

Es würde zu weit führen, das gewiß interessante Argument hier erschöpfend behandeln zu wollen. Um also mit der Wasserfrage an dieser Stelle zu Ende zu kommen, beschränke ich mich darauf noch zu bemerken, daß der hohe Jod- und Brom-Gehalt nicht ausschließlich nur den Oelniveaux eigen ist. Auch die Wasser gewisser Flysch- bzw. Molasse-Serien, gleichgültig ob diese ölführend oder steril sind, erweisen sich sehr häufig stark jod- und bromhaltig. Ihre Zusammen-

setzung ist derjenigen der in Oelrevieren auftretenden sehr ähnlich, was sich dadurch erklärt, daß alle mit solchen Serien zusammenhängenden Wasser Produkte ähnlicher Sedimentationsprozesse sind. In beiden Fällen stammt der Jodgehalt aus der Zersetzung von Algen. Kommt es da und dort, unter gewissen Umständen nicht zur Erdölbildung, so ist solche Abwesenheit trotz scheinbar vorliegender günstiger Bedingungen doch keineswegs eine Folge migratorischer Abwanderung. Vielmehr wäre die wahre Ursache in vorzeitiger elementarer Vernichtung der Pflanzensubstanz, deren einzige Spur in erhöhtem Jodgehalt erhalten bleibt, zu suchen.

Die Forschungsergebnisse der letzten Jahre stimmen in Bezug auf den wechselseitigen Zusammenhang der zur Oel- bzw. Kohlenbildung führenden Vorgänge im Großen und Ganzen überein. Es handelt sich dabei wie schon gesagt im Wesentlichen um Pflanzenmaterial, in dem tierische Organismen, wenn überhaupt, dann jedenfalls aber nur eine völlig untergeordnete Rolle spielen. Vollzieht sich die Umwandlung in salzhaltiger Umgebung, gehen daraus die Bitumina hervor, weist hingegen die Umgebung keine löslichen Salze auf, so haben wir es im Endprodukt mit den verschiedenen Kohlenarten zu tun (O. L. Brace; Bull. Am. An. P. Geol. 1931; 7; McKenzie-Taylor; R. Zuber u. a.)

Pflanzliche Substanzen jeglicher Art sind fähig, Kohlenwasserstoffe zu bilden; treten dann noch naphthogene Prozesse hinzu, schwindet für gewöhnlich jede Spur der Pflanzensubstanz. Oelführende Schichten enthalten demzufolge überhaupt keine Pflanzenfossilien, denn die Ursubstanz unterlag schon, und zwar ursächlich, während dieser Schichtenbildung selbst ihrer völligen Zersetzung.

Es ergibt sich überdies, daß sich Erdöl sogar unter niedrigen Temperaturen, ohne notwendig sonderlich hohe Belastung und in relativ kurzer Zeitperiode bildet, wobei sogar Leichtöle entstehen können (Ssurachany-Tscheleken; S. Zuber).

Es bliebe nun noch zu klären, worin die Anfangsstadien der Umwandlung pflanzlichen Urmaterials zu Erdöl bestehen; ob sich näm-

lich gleich zu Beginn etwa kerogen-, asphalt-artige Substanzen bilden, oder aber leichte Kohlenwasserstoffe, die erst in weiterer Folge einen sie zu gewöhnlichem Rohöl umwandelnden Polymerisierungsprozeß durchmachen.

Es steht außer Zweifel, daß das Sapropel in den Tongesteinen sich zu Kerogen wandelt. Obwohl dieses Kerogen allgemein von den meisten Geologen als iniales Umwandlungsprodukt betrachtet wird, scheint es mir dennoch zu konsistent, um fähig zu sein, sich in seiner weiteren Entwicklung in flüssige Kohlenwasserstoffe auflösen zu sollen. Wenn auch beispielsweise in den Kerongenschiefern manchmal etwas Erdöl enthalten ist, so scheint dieses doch mit dem Kerogen selbst, direkt, recht wenig zu tun zu haben, es wäre dagegen eher als Produkt akzessorischer Umwandlungsprozesse anzusehen. Wie bereits in Teil II gesagt, ist es kerogenhaltigen Gesteinen eigen, von Anbeginn ihrer Bildung bis auf die Gegenwart, auch dann unverändert zu bleiben, wenn sie im Laufe der Zeiten sogar heftigen tektonischen Einwirkungen ausgesetzt waren. **Mir will sogar scheinen, daß sofern es einmal zu Kerogenbildung gekommen ist, dies einer definitiven Unterbrechung des Oelbildungsprozesses gleichkommt.**

Gleichfalls fraglich erscheint, ob die inzialen Oelbildungsstadien mit Entstehung von Kohlenwasserstoffen niedrigen molekularen Gewichts einsetzen können. Dagegen spricht ihre Flüchtigkeit, die unter jedenfalls frischer, unzureichend dichter Deckenschichte kaum standhalten würden und keiner eigenen Weiterentwicklung fähig wären.

Am wahrscheinlichsten erscheint mir, daß die jeweilige Aufeinanderfolge der Aboriginal-Umwandlungsprozesse des Urmaterials von folgenden Inizialfaktoren entscheidend abhängt:

- 1) von der ursprünglichen Eigennatur dieses Urmaterials (Pflanzenzerreißel mit überwiegender Lignin- bzw. Zellulose-Substanz);
- 2) von der jeweiligen Algenanhäufung (zellulose-reich mit allenfalls relativen Fettgehalt);
- 3) vom Charakter der Inizialgärungsprozesse;

- 4) von der chemischen Zusammensetzung der am Umwandlungsprozeß teilnehmenden Salze.

Meiner Ansicht kann ein ligninfreies Urmaterial eher zur Bildung leichter, höchstens paraffinhaltiger Oele führen. Ueberwiegen hingegen bedeutende Ligninquanten, käme es zur Bildung asphaltreicher Oele. Für ersteren Fall wären die Miozänschichten der Apscheron Halbinsel ein Beispiel; für letzteren die Oelablagerungen Albaniens. In beiden bekräftigen hinreichende Fossilreste diese meine Ueberzeugung.

Selbstredend können dabei allerlei Uebergangserscheinungen zu Tage treten, was ja durch die Mannigfaltigkeit der Gewinnungsprodukte erwiesen scheint.

IV.

Eine jede Faltenkette ist, ohne Rücksicht auf ihr Alter, von jüngeren Sedimenten umschlossen, deren Charakter allen Phasen der ehemals gebirgsbildenden Prozesse genau entspricht. Alle bedeutenderen jetzt bekannten Oellagerstätten gehören diesen Randzonen an und sind mit ihnen aufs engste verknüpft. Synthetische Untersuchungen jüngster Zeit haben manch' neues in dieser Hinsicht gebracht, wodurch das Allgemeinbild dieser Zusammenhänge wesentlich an Klarheit gewann (Arkhangelsky, W. Kauenhowen, E. Kraus, S. Powers, R. Zuber, u. a.).

Um die aus dem Inhalt des vorigen Kapitels auch indirekt hervorgehenden Fragen zu beantworten, wären zunächst folgende Probleme zu lösen:

- 1) Bedingungsnorm mit der die naphthogene Schichtenbildung verknüpft ist;
- 2) Ursachen der horizontalen und vertikalen Verbreitung der naphthogenen Sedimente;
- 3) Die Rolle der verschiedenen Faziesarten bei der Konservierung und der naphthogenen Umwandlung des Urmaterials;
- 4) Die eigentliche Rolle der Tektonik bei der Bildung der Oellagerstätten.

Zu 1: Im Vergleich zur Entstehung der Anhäufungszonen des kohlenbildenden Pflanzendetritus, dessen Tendenz es ist, sich hauptsächlich in kontinentalen Mulden anzusammeln, sind die

Sammelorte des Oelmateriale ziemlich mannigfaltig, man möchte fast sagen willkürlich, gewählt. Zunächst sind dies die Lagunen bzw. die Boden-depressionen der Flachsee in der Nähe der Küsten. Diesem Umstande ist bereits soviel Schriftmaterial gewidmet worden, daß sich eine weitere Erörterung erübrigt.

Mehr Beachtung verdient hingegen der zweite Typus der Detritusanhäufung der unmittelbar an die Strandzonen gebunden ist. Sowohl das terrigene, wie das marine organische Material häuft sich hier in unmittelbarer Nähe des Strandes, wobei als Hauptfaktor die Brandung mitwirkt. Besonders die deltaförmigen Flußmündungen, wo sich das Süßwasser mit dem Salzwasser vermischt, zeichnen sich quantitativ in dieser Hinsicht aus, ein Umstand, der mit dem dort stattfindenden massenhaften Absterben der stenohalinen Elemente eng zusammenhängt. Hervorragend günstig für solche Anhäufungen sind gewisse Jahreszeiten, und zwar diejenigen, in denen beträchtliche Mengen terrigenen Pflanzendetritus flußabwärts zu Tal gehen, bzw. große Algenmassen zum Absterben kommen, endlich diejenigen, während derer die marine Flora besonders üppig wuchert. All dies tote Pflanzenmaterial wird, wie gesagt von der Brandung an Strand geworfen, wo es sich dann anstapelt und zur Gärung gelangt. In darauffolgenden Jahreszeiten vermodert es, wird fortgespült und von der Strömung anderwärts getragen, oder aber nun mit angeschwemmten Sedimenten überdeckt, auf diese Weise vor der oxydierenden Einwirkung der Luft geschützt und nun weiterer Umwandlung zugeführt.

Je bedeutender das betreffende Delta ist, desto ausgedehnter naturgemäß die Ausdehnung der Anhäufungszone, wobei häufig weniger die Strandlinie selbst, als vielmehr die Untiefen und Sandbänke als Hauptsammelstellen in Betracht kommen. Es erhellt ohne weiteres, daß das Vorhandensein und die Dislozierung letzterer mit den Anfangsstadien tektonischer Bewegungen im Bereiche der Küstenzonen verknüpft ist. Für die mit der Gärung der eben erwähnten Melma in Betracht kommenden Umstände, die eine ganz besondere Förderung noch in gewissen klimati-

schen Bedingungen erfahren, gilt das bereits im vorhergehenden Kapitel gesagte.

Ein so gearteter Gang der Dinge stimmt nicht nur mit den Beobachtungen R. Zubers überein, sondern erweitert sie noch wesentlich.

Zu 2: Regionale Untersuchungen im Bereich der Randzonen großer tektonischer Einheiten lehren uns, daß die beregten Deltaablagerungen eine überraschende Langlebigkeit aufweisen. Jede einzelne Gebirgsbildungsphase ist mit der diastrophischen Sedimentation in den Randgebieten verknüpft. Hiebei sind verschiedene Faziestypen unterscheidbar.

Es wären da an erster Stelle die Flyschbildungen zu nennen. Für gewöhnlich bezeichnen flyschartige Sedimente die ersten Phasen einer Gebirgsbildung. Sie zeichnen sich zumeist durch bemerkenswertes Gleichmaß ihrer Mächtigkeit und ihrer faziellen Charakterzüge aus. Dies deutet auf ziemlich einfache Sedimentationsvorgänge und relativ langsamen Verlauf orogener Naturereignisse hin (ausgedehnte Deltagebiete, sumpfige flache Gestade usw.).

Flysch-Sedimente weisen vorwiegend 2 Faziestypen auf: graue bis grünliche Tonschiefer mit Einlagen von Hieroglyphensandstein, oder verschieden mächtige Serien dunkler bituminöser Schiefer. Diese Bildungen begleiten alle Falten-systeme, ohne Rücksicht auf deren Alter, wobei ihre Faziesmerkmale merkwürdiger Weise immer gleich bleiben (eingehend untersucht und beschrieben von R. Zuber l. c.).

Die Endstadien der Gebirgsbildung sind gewöhnlich durch molasseartige Schichtenbildungen gekennzeichnet. Dergleichen Ablagerungen bilden sich in Phasen heftigster orotektonischer Bewegungen, wobei sie die Restrinnen früher breiter, nun in Folge vorgeschrittener Faltenerhebung verengter, Geosynklinen ausfüllen. Da hiebei der diastrophische Charakter der Sedimentation seinen Höhepunkt erreicht, zeichnen sich die molasseartigen Sedimente durch ihre Mächtigkeit aus. Fazies und Mächtigkeit der einzelnen Komplexe sind jedoch, je nach den respektiven Ablagerungsbedingungen, sehr verschieden. Meist sind es halb-

kontinentale Bildungen, die den jeweiligen paläogeographischen Bedingungen genau entsprechen.

Bituminöse, tonige Bildungen sind als Begleiterscheinung diastrophischer Schichtenbildung zu betrachten. Es können aber mächtige Flysch-Molasse-Ablagerungen vorkommen, die wenige oder überhaupt keine bituminösen Bildungen aufweisen (Balkanländer), während in anderen bituminöse Ablagerungen vorwiegend sind (Nordost-Kaukasus). Im allgemeinen sind jedoch solche Komplexe eher untergeordneter Natur.

Die bisherigen Untersuchungen der gegenwärtigen Sedimentations-Bedingungen ergeben, daß die organogene Schichtenbildung räumlich keine ausgesprochene Norm aufweist. Sie findet sowohl in eng umgrenzten Zonen statt, wie sie sich anderseits auch auf weite Strecken ausdehnen kann. Günstige Bedingungen für naphthogene Vorgänge können sich im Bereiche ein und derselben Zone mehrfach wiederholen und dabei auf größere oder kleinere Zeitabschnitte ausgedehnt sein. Da diese sozusagen Naphthophilie der geeigneten Schichtenbildung in den meisten Fällen sehr lange andauert, kommt es vor, daß sich dabei mehrere von einander völlig unabhängige übereinander gestaffelte Oelhorizonte bilden, die, je nach der originären Verteilung bzw. Schichtung des Urmaterials nicht allein großen, was natürlicher wäre, sondern nicht selten sogar beschränkten horizontalen Umfang haben. Ja man kann behaupten, daß einstaffelige Oelhorizonte, im Profil kaum denkbar, in Wirklichkeit überhaupt nicht vorkommen. Meist treten in der Praxis mehr oder minder mächtige Serien auf, in denen mehrere ölführende Niveaus eingebettet liegen, ohne jedoch damit in allen Fällen auch industriell verwertbar sein zu müssen.

Das Vorkommen mächtiger ölführender Komplexe, deren horizontale und vertikale Ausdehnung im Profil eine konische Form anzunehmen pflegt — welchen Umstand die Migrationisten als ihren Hauptbeweistrumpf auszuspielen lieben — findet eine einwandfreie und einfache Erklärung in der naphthogenen Schichtenbildung selbst. Ob die hangenden Horizonte engeren oder weiteren Raum (selbstredend im Verhältnis zu den

liegenden) einnehmen, ist dabei gleichgiltig. Alles dies hängt ausschließlich von der allgemeinen örtlichen paläogeographischen Gestaltung der Zone ab. Der Zusammenhang bituminöser Bildungen der naphthogenen Sedimente ist als durchaus faziell und keineswegs für die Oelbildung als kausal zu betrachten. Es kann auch vorkommen, und dies ist gar nicht selten, daß während der Formation sapropelreicher Lagunen- und Flachsee-Ablagerungen sich etwa produktionsfähige Sandschichten bilden, was außerdem häufig auch da stattfindet, wo es überhaupt zur Ablagerung gewöhnlicher Tonschichten kommt, keineswegs aber solcher, wie sie bisher vielfach als Muttergestein bezeichnet wurden und noch werden.

Zu 3: Regionale Untersuchungen der letztvergangenen Zeit³⁾ weisen immer deutlicher (direkt und indirekt) auf einen engen Zusammenhang zwischen Faziesänderung und Erdölanhäufungen hin. Meist handelt es sich da um Uebergangsschichten unter den einzelnen rein marinen Ablagerungen, wobei gewisse Diskordanzen nicht ohne Bedeutung zu sein scheinen. In einzelnen Fällen genügt eine einfache Anreicherung an Tonzwischenlagen um prompt eine solche an Erdöl in Erscheinung treten zu lassen.

Es entsteht nun die Frage, welche Wechselbeziehung dieser sich als Regel erweisenden Tatsache, die übrigens heute schon praktisch auswertbar erscheint, und den obengenannten paläogeographischen Bedingungen besteht.

Unnötig zu wiederholen, daß die Anhäufung beträchtlicher Mengen organischen Materials längs der Küstenlinien eine verbreitete und allgemeine Erscheinung ist. Damit aber eine naphthogene Umbildung dieser Materie zustande komme, ist die Simultan-Konkurrenz mehrerer Faktoren erforderlich.

Fast auf allen Littoralen kommt es auf weiten Strecken zu mehr oder minder beträchtlichen Ansammlungen von Pflanzenzerreißel. Ihre Konservierung erfordert hingegen gewisse Sonderbedingungen und wird nur dann erreicht, wenn die Se-

³⁾ K. Cuttingham, Mc Farland, S. Powers, F. G. Clapp (Symposium I. c.), Fossa-Mancini (Boll. Soc. Geol. Italiana 1924), S. Zuber (Il. cc.).

dimentation genügend rasch erfolgt. Selbstverständlich müssen die Deckschichten tonig sein. Diese Bedingungen werden da am erfolgreichsten erfüllt, wo tonige Komplexe mit zahlreichsten Sandstein- bzw. Sand-Zwischenlagen abwechselnd die Serien bilden.

Wie gesagt, springt in manchen Oellagerstätten das Abhängigkeitsverhältnis zwischen der Zahl der Toneinlagen und dem zunehmenden Oelreichtum in die Augen. Man könnte sogar unter gewissen Umständen von einem Optimum des Zusammenwirkens gewisser Faktoren sprechen, die am sichersten zur Bildung von Oellagern führen. Außer den schon besprochenen Salinitätsbedingungen käme hier das Sedimentationstempo und dessen Verhältnis zum prozentuellen Gehalt an organischer Substanz in den Schichten in Betracht.

An letzterer ist zweifellos ein Minimum erforderlich, das erst überschritten, zu einer ausbeutbaren Oelimpregnierung führt. U n t e r dieser Grenze bilden sich nur die jedem Bohrmeister bekannten „trockenen Oelsande“, die für manche Lagerstätten überaus charakteristisch sind. Steigt hingegen der Prozentsatz an Pflanzendetritus, so kann es sogar zur Bildung von Oelschwimmsanden kommen, die besonders bei linsenförmiger Lagerung häufig zu beobachten ist.

Selbstverständlich kann dabei die Kapazität der einzelnen Poren nur eine sekundäre Rolle spielen. Die Hauptursache des Erdölreichtums wird stets in der originären Anhäufung des naphthogenen Materials zu suchen sein.

Damit ist aber keineswegs gesagt, daß mit der Flysch- und Molasse-Sedimentation alle naphthogenen Oelbildungsmöglichkeiten erschöpft seien. Oellager können sich ganz allgemein überall dort bilden, wo sich organogenes Material anhäuft, vor Zerstörung bewahrt bleibt und wo für dessen naphthogene Gärung die örtlichen Verhältnisse günstig liegen. Wenn die überwiegende Mehrzahl der Lagerstätten an Flysch- und Molasse-Schichtentypen gebunden erscheint, so beweist dieser Umstand nur, daß eben diese Faziesart der Oelbildung am meisten zusagt.

Aus dem Vorausgeschickten geht auch deutlich genug hervor, wie groß die Analogien sind, die zwischen der Bildung der Oel- und derjenigen

der Kohlen-Lagerstätten bestehen. Die Prozesse die zur Bildung ersterer bzw. letzterer führen, hängen zwar von verschiedenen paläogeographischen Umständen und Verhältnissen ab, klar bleibt aber trotzdem, daß beide in ihrem Wesen zusammengehören und ein einziges großes Ganzes bilden.

Um noch ein Argument vorwegzunehmen, wäre zu erwähnen, daß von einzelnen Geologen hervorgehoben wird, es beständen zwischen den ölführenden und den sterilen Zonen einer und derselben Lagerstätte keine wahrnehmbaren Faziesunterschiede. Dieser Umstand läßt sich auf Grund der gegenwärtig bekannten Sedimentationsbedingungen erklären. Dies eine schon genügt als Beweis dafür, daß die Schichten petrographisch, ohne Rücksicht auf den in ihnen eingebetteten organischen Gehalt, in ihrem Wesen gleich bleiben.

Bei näherem Studium kann man sich unschwer überzeugen, insbesondere bei aufmerksamer Betrachtung der regionalen Entwicklung jedes einzelnen Schichtenkomplexes, daß eine Oelanreicherung sehr häufig mit, wenn auch anscheinend unbedeutenden, Schichtungsänderungen verknüpft ist. Und da wären nicht allein die schon erwähnten Verschiebungen des Verhältnisses zwischen Toneinlagen und den Sandsteinbänken zu beachten. In einigen besonderen Fällen sind es winzige Diskordanzerscheinungen, bzw. eine Abweichung in der Lithologie gewisser Gesteine, u. s. w.

Um dies einwandfrei festzustellen, muß jedes einzelne Merkmal gewissenhaft untersucht und jedes einzelne als Studienobjekt herangezogene Oelniveau individuell behandelt werden. Voreilig aufgestellte Normen, die zwar für einzelne Komplexe entscheidend sein können, verlieren oft schon in einem nahebei liegendem Nachbarniveau völlig Wert und Geltung, weil dort eben andere Merkmale herrschen und entscheiden.

Leider genügt das uns bisher zur Verfügung stehende Material noch nicht zur Klärung der Frage, welches die unmittelbaren Ursachen dessen sind, daß im Bereiche eines und desselben Schichtenkomplexes, ja sogar innerhalb ein und derselben Schichte, das eine mal sich das gesamte organogene Material zu flüssigem Erdöl wandelt, das andere mal dagegen dessen Entwicklung im Sta-

dium bituminös-kohliger Substanz stehen bleibt. Meiner Ansicht nach ließe sich dieses, manchmal sogar plötzliche Abfallen der naphthogenen Diagenese mit Hilfe der McKenzie-Taylor'schen Theorie vielleicht, in gewissen Grenzen, erklären.

Zu 4: Im Lichte der bisher angeführten Tatsachen gewinnt die Antiklinaltheorie ganz erheblich an Bedeutung. Wie bekannt folgen die Erdölansammlungen direkt der Achsenlinie der Antiklinalerhebungen. In gewissen Fällen, wenn selbst die antiklinale Lagerung gewisse Abweichungen von der sonst allgemein geltenden Norm aufweist, zeigt sich dennoch, daß die ölführenden Zonen — auch wenn sie sich als synklinale Becken erweisen — mit regionalen Erhebungen verknüpft sind. Es erübrigt sich, besondere Beweise dafür ins Feld zu führen, daß es sich dabei in der Hauptsache um Randpartien größerer synklinaler Einheiten handelt.

Hervorgehoben muß überdies werden, worüber ich schon im vorhergehenden Kapitel gesprochen habe, daß alle Küstenzonen in denen gegenwärtig intensive Sedimentationsprozesse stattfinden, zu den aktivsten Teilen der Erdkruste gehören. Untiefen, emportauchende und oszillierende Inseln bzw. Sandbänke entsprechen größtenteils den Anfangsstadien der Antiklinen. Bedeutendere Küstenstrecken sind sehr häufig als in Hebung begriffene tektonische Einheiten höherer Ordnung anzusehen.

Erwägt man überdies, daß die Mehrheit der bekannten Antiklinen-Spuren einer dauernden Subsidenz während beträchtlich langer Zeitperioden aufweist⁴⁾, so wird ohne weiteres klar, daß es eben die Antiklinalen „in status nascendi“ sind, welche beste Bedingungen für die Anhäufung organogenen Materials bieten. Auch wird begreiflich, wie sich dabei mehrere übereinanderliegende sapropelhaltige Komplexe bilden können.

Die horizontale Entwicklung der Zonen des Optimums der naphthogenen Schichtenbildung beginnt sehr häufig in räumlich beschränktem Gebiet, um sich dann in der Folge sukzessive, der

⁴⁾ Buried hills, reflected buried hills, b. S. Powers, Dudley Stamp; Strukturformen der Salzdomen: vgl. Symposium on Salt Domes, Journ. Inst. Petr. Techn. 1931.

fortschreitenden Ausdehnung des respektiven Deltas entsprechend, zu verbreitern.

Demnach wäre die antiklinale Oellagerung mit nichten als Endetappe der Oelwanderung zu betrachten. Die Sedimentationsbedingungen im Bereiche der Antiklinalzonen erklären uns, weshalb die Lagerung des Erdöls nur ausnahmsweise in stereometrischer Figur erfolgt und weshalb Abweichungen von der Norm so zahlreich sind. Ich stimme daher völlig mit F. C. Clapp (Symposium) überein, wenn er behauptet, daß die Ausnahmen und zwar die Synklinallagerung gewisser Oelhorizonte, die allgemeine - entgegenstehende - Regel bestätigen. Nur wäre der Sinn dieser Assertion in paläogeographischer und nicht in migrationistischer Richtung zu verstehen.

Und noch ein Umstand verdient erwähnt zu werden: Regionale Studien über die Verbreitung der Oelanreicherungszone beweisen, daß letztere einen mehr oder weniger klaren Zusammenhang mit der Lage gewisser transversaler Dislokationen aufweisen. Auch diese Erscheinung findet unschwer eine mit dem allgemeinen Sedimentationsbild übereinstimmende Erklärung. Transversale Wellenbrüche bzw. Depressionen beeinflussen in den meisten Fällen das hydrographische Netz des betreffenden Festlandabschnittes, wobei ihre Wirkung sehr wohl fähig ist, sich auch noch nach langen Zeitperioden zu verraten. Nun sind aber die Flußmündungen ein direkter Hauptfaktor der Beförderung und der Ablagerung terrigenen Pflanzenmaterials. Wie schon gesagt (Kap. III) verursacht dies indirekt eine ganz enorme Abänderung im Salzgehalt der benachbarten Meeresteile. Hieraus folgt wiederum ein Absterben der stenohalinen Elemente (M. Kraus) und die Anreicherung der Sedimente mit organischem Material.

Diese Tatsachen finden gegenwärtig immer mehr und mehr Verständnis. Es zeigt sich dabei auch, daß die Untersuchung der tektonischen Formen als der Oelträger zu positiven Resultaten dann führen kann, wenn gleichzeitig die Sedimentations-Bedingungen regional untersucht werden. Mit Ausnahme ganz bestimmter Fälle bleiben aber die Grundprinzipien der praktischen Oelgeologie unberührt. Die Erfordernisse der Neuzeit wachsen aber und steigern sich und dies hat wiederum

zur Folge, daß sich auch die Perspektiven für Aufschließung neuer und die genaue Ausdehnungsbestimmung bereits bekannter erdölhöffiger Zonen wesentlich erweitern.

Von demselben Verfasser:

„Zur geologischen Praxis in der Erdölindustrie“.

Verlag Hans Urban, Wien, 1925.

Preis Schilling 2.—.