

Befindet sich das Erdöl in Ölsanden stets auf sekundärer Lagerstätte?

Von K. Hummel in Gießen.

In seinem Aufsatz „Terminologische Bemerkungen zu einigen natürlichen Kohlenwasserstoffen“¹ hat L. RÜGER sich für eine klarere Benennung der verschiedenen bituminösen Gesteine, besonders der sog. „Ölschiefer“ eingesetzt. RÜGER knüpft aber an diese anererkennenswerten Forderungen eine Behauptung an, der man nicht in vollem Umfang zustimmen kann. Er sagt nämlich, daß man es als gesicherte Grundlage für die Erdölgeologie annehmen dürfte, daß das „Gesteinsbitumen“ (d. h. das feste Polybitumen) das u n u m g ä n g l i c h e Vorstadium des Erdöls darstellt, und daß dieses in seiner Entstehung in erster Linie an tonige Gesteine gebunden sei.

Diese Behauptung entspricht allerdings einer Ansicht, die seit einiger Zeit sehr viele Erdölgeologen der alten und neuen Welt zu ihren Anhängern zählt. Ich habe jedoch schon in einem früheren Aufsatz² darauf hingewiesen, daß diese Hypothese auf schwachen Füßen steht, und daß die entgegengesetzten Ansichten HÖFER's noch nicht als widerlegt betrachtet werden dürfen. Es besteht die Gefahr, daß durch öftere Wiederholung von so bestimmten Behauptungen, wie sie RÜGER gemacht hat, schließlich eine Art von wissenschaftlicher Legendenbildung einsetzt, d. h. daß die oft gehörte Behauptung schließlich kritiklos hingenommen und als tatsächlich erwiesen betrachtet wird. Da aber derartige Legenden den wissenschaftlichen Fortschritt hemmen, so dürfte es angebracht sein, die erwähnte Frage hier einmal kritisch zu beleuchten.

Welche Tatsache hat zu der Behauptung geführt, daß der Ölgehalt der Ölsande durchweg sekundärer Natur sei? Sehr viel hat dazu jedenfalls die Feststellung ENGLER's³ beigetragen, daß das feste Bitumen der „Ölschiefer“ durch Erwärmung und Druck in flüssiges Öl übergeführt werden kann. Damit war zum mindesten die theoretische Möglichkeit der Herleitung des flüssigen Erdöls vom festen Polybitumen der Ölschiefer gegeben. Man darf aber nicht vergessen, daß es sich dabei nur um eine theoretische Möglichkeit handelt — schon von Wahrscheinlichkeit zu reden

¹ Dies. Centralbl. 1925. B. No. 1. p. 1—5.

² Neuere amerikanische Ansichten über Erdöllagerstätten. Geol. Rundschau. XV. 1924. p. 52 ff.; Zeitschr. „Petroleum“. XX. 1924. p. 1422 ff.

³ Vgl. ENGLER-HÖFER, Das Erdöl. Bd. I. 1. 1912. p. 30 ff.

wäre auf Grund der Versuche ENGLER's nicht ganz berechtigt. ENGLER war sich dessen auch durchaus bewußt; er spricht nur davon, daß die Ableitung des Ekgonobitumens vom Polybitumen „der Wahrscheinlichkeit nahe kommt“, und weist außerdem darauf hin (vgl. Schema, a. a. O., p. 37), daß er auch die direkte Bildung von Ekgonobitumen aus dem frischen Material, ohne den Umweg über das Polybitumen, theoretisch für möglich hält. Weiter ist auch zu beachten, daß die ENGLER'sche Ableitung des Ekgonobitumens vom Polybitumen noch gar nichts über den Ort der primären Ölbildung aussagt, denn es wäre zum mindesten theoretisch möglich, daß sich Polybitumen — vielleicht nur mit kurzer Beständigkeitsdauer — auch in Sanden bildet. Allerdings spricht gegen diese theoretische Annahme die Tatsache, daß man bisher derartiges Polybitumen in Sanden noch nirgends gefunden hat; es ist daher wohl richtiger, wenn man annimmt, daß das Ekgonobitumen der Sande — sofern es primär ist — kein Polybitumen-Stadium durchgemacht hat. Festzuhalten ist jedenfalls, daß ENGLER's Beobachtungen einer derartigen Annahme nicht widersprechen, und daß ENGLER keineswegs die sekundäre Natur des Öls in Ölsanden bewiesen hat.

Weiter stützt RÜGER seine Behauptung auf die Beobachtungen SANDER's¹; Tatsache ist, daß SANDER durch petrographische Untersuchungen festgestellt hat, daß primäres Polybitumen stets an tonige Gesteine geknüpft ist; ferner daß dieses Polybitumen unter Umständen, wohl unter den von ENGLER angegebenen Bedingungen, verflüssigt wird und wandern kann; daß diese Verflüssigung mit einer Umwandlung des Polybitumens in Ekgonobitumen verbunden ist, dies geht aus SANDER's Beobachtungen nicht hervor; vielmehr hat SANDER das sekundäre Bitumen auch stets wieder in der Form des festen Bitumens beobachtet. Man könnte daraus sogar schließen, daß die Verflüssigung nicht mit einer Umwandlung verknüpft ist, doch wäre dieser Schluß nicht ganz folgerichtig, denn SANDER konnte mit seinen mikroskopischen Methoden überhaupt nur das feste Polybitumen nachweisen, das flüssige Öl konnte nicht zur Beobachtung gelangen; ferner hat er die verschiedenen festen Bitumina nur gesehen, nicht weiter chemisch untersucht.

SANDER ist allerdings geneigt, aus seinen Beobachtungen den allgemeinen Schluß zu ziehen, daß primäres Bitumen nur in tonigen Gesteinen möglich ist; doch ist er selbst in dieser Hinsicht etwas skeptisch, er sagt (p. 4 seiner Arbeit 1922), daß er es nach seinen Erfahrungen für sicher halte, daß bituminöse Kalke, Dolomite, Sandsteine ohne Ton und ohne organische Reste in der Regel sekundäre Lagerstätten sind, er betont aber zugleich, daß diese Annahme der

¹ Vgl. B. SANDER, Über bituminöse Mergel. Jahrb. d. Geol. Staatsanstalt. 1921. — Über bituminöse und kohlige Gesteine. Mitteilungen der Geol. Gesellschaft in Wien. 1922.

fallweisen Untersuchung nicht entheben soll; er ist also in dieser Hinsicht weit vorsichtiger als RÜGER. Er vermutet zwar hinter seiner Annahme eine „sedimentpetrographische Gesetzmäßigkeit“, gibt aber zu, daß die physikalisch-chemischen und biologischen Bedingungen, auf welchen diese vermutete Gesetzmäßigkeit beruht, erst in Zukunft erörtert werden müßten, also jetzt noch nicht bekannt sind.

Besieht man sich SANDER's Ergebnisse genauer, so zeigt sich, daß sie sich überhaupt nur auf das feste Polybitumen beziehen; sie machen es wahrscheinlich, daß dieses Polybitumen primär an tonige Gesteine geknüpft ist, sie erweisen ferner, daß diese Bitumenart unter Umständen mobilisiert werden kann, um sich dann wiederum in der Form von festem Bitumen niederzuschlagen; diese sekundären Lagerstätten des Polybitumens können auch kalkige Gesteine sein (z. B. Seefelder Schiefer). Für den Ölgehalt der Sandsteine beweisen die Beobachtungen SANDER's meines Erachtens gar nichts. Wenn der Ölgehalt der Sande in gleicher Weise zustande gekommen sein sollte wie das von SANDER untersuchte allothigene Bitumen, so wäre auch die Frage noch ganz ungeklärt, wieso in den von SANDER untersuchten Fällen das allothigene Bitumen wieder in Form von festem Bitumen vorliegt, während wir doch in den Sanden in der Regel flüssiges Ekgonobitumen finden. Man könnte freilich annehmen, daß das Gestein dabei eine Rolle spielt. Aber erstens wäre dann das in Kalken vorkommende flüssige Erdöl nicht erklärt, und zweitens, wenn man schon einen Einfluß des Nebengesteins annimmt, so ist man denn schließlich auch zu der unten zu erörternden Annahme berechtigt, daß der Bituminierungsprozeß in Sanden von vornherein anders verläuft, daß sich also das Bitumen der Ölsande auf primärer Lagerstätte befindet.

So liefern also auch SANDER's Beobachtungen keine zwingenden Beweise für die von RÜGER aufgestellte Behauptung; weitere Beweise für dieselbe gibt es meines Wissens nicht. Ich habe schon in meinem früheren Aufsatz betont, daß die amerikanischen Geologen zwar in der Mehrzahl ebenfalls das Erdöl aus „Ölschiefern“ ableiten wollen, daß sie aber den Beweis für diese Behauptung durchweg schuldig bleiben. MC COY (Journ. of Geol. Bd. 27. 1919. p. 252 u. Bd. 28. 1920. p. 371) hat zwar Druckversuche gemacht, um die Möglichkeit der Umwandlung des festen Bitumens der Ölschiefer in das flüssige Erdöl zu beweisen, doch konnten diese Versuche nicht mehr zeigen, als was ENGLER auch früher schon gezeigt hatte. Die Hypothesen, welche die Wanderung des Öls aus den „Ölschiefern“ in die Sande auf Kapillar-Kräfte zurückführen wollen, stehen auch nicht auf besonders festen Füßen — außerdem zeigen auch sie, wenn sie richtig sind, bestenfalls eine theoretische Möglichkeit und bringen keine bindenden Beweise für die ganze Hypothese.

Es ergibt sich also, daß die zur Erörterung stehende Behauptung bisher nicht exakt bewiesen werden kann; es sind aber entschieden

einige Momente vorhanden, welche für die Behauptung sprechen, so daß dieser immerhin der Rang einer Arbeitshypothese einzuräumen wäre, sofern sich keine gewichtigen Tatsachen finden lassen, welche der Hypothese widersprechen. Dies ist nun zu untersuchen.

Es ist da zunächst auf eine Tatsache hinzuweisen, die schon ENGLER mehrfach hervorgehoben hat (ENGLER-HÖFER, Bd. I. p. 411); es ist der Reichtum vieler Erdöle an cyclischen, leicht adsorbierbaren, dicken Bestandteilen; diese könnten im Erdöl nicht mehr vorhanden sein, wenn das Öl auf weite Strecken durch tonige, adsorptionskräftige Gesteine gewandert wäre; eine derartige Wanderung ist aber eine unvermeidliche Voraussetzung für die zur Erörterung stehende Hypothese. Dieser Einwand darf also jedenfalls von den Verteidigern dieser Hypothese nicht übersehen werden. Man könnte freilich einwenden, daß diese leicht adsorbierbaren Verbindungen erst auf der sekundären Lagerstätte neu entstanden sind; dies wäre aber auch nur eine unbewiesene Hilfshypothese, deren theoretische Möglichkeit erst auf Grund chemischer Überlegungen untersucht werden müßte.

Bei der Beurteilung der zur Erörterung stehenden Hypothese muß ferner das geologische Vorkommen von Ölschiefen und Ölsanden und die gegenseitige Verknüpfung dieser Gesteine berücksichtigt werden. Dabei muß man sich allerdings vor Fehlschlüssen hüten. Wo Ölsande vorkommen, finden sich in der Regel auch Ölschiefer; man könnte versucht sein, darin einen Beweis für die fragliche Hypothese zu erblicken. Dies ist aber keineswegs so; denn die erwähnte Verknüpfung erklärt sich sehr viel einfacher daraus, daß beide Gesteine unter ähnlichen Bedingungen gebildet werden; wo Ölsande entstehen, können stets auch Ölschiefer entstehen; die Bedingungen zur Entstehung beider Gesteinsarten sind gegeben, wenn mehr organische Stoffe sedimentiert werden als durch Oxydation zerstört werden können; von der Beschaffenheit des gleichzeitig sedimentierten anorganischen Materials wird es abhängen, ob ein Ölsand oder ein Ölschiefer entsteht. Die häufigeräumliche Verknüpfung von Ölsanden und Ölschiefen beweist also für die zur Erörterung stehende Hypothese gar nichts.

Der umgekehrte Fall, daß Ölsande nicht von Ölschiefen begleitet werden, ist bisher kaum beobachtet worden; es hat aber auch in dem fraglichen Zusammenhang gar keinen Zweck, nach derartigen Fällen zu suchen, denn sie würden ebenfalls weder für noch gegen die fragliche Hypothese zeugen. Tonige Gesteine werden nämlich stets in der Nachbarschaft der Ölsande anzutreffen sein, da sie zur Abdichtung der Öllagerstätte erforderlich sind; ohne Abdichtung durch tonige Gesteine kann das Öl in Sanden niemals erhalten bleiben. Sollte man nun irgendwo Ölsande finden, die neben vollkommen

bitumenfreien Tonen liegen, so könnte man zugunsten der fraglichen Hypothese annehmen, daß diese Tone ihren gesamten Bitumengehalt an die Sande abgegeben haben, es wäre also wiederum nichts bewiesen.

Von großer Bedeutung ist die Beschaffenheit der Ölschiefer in der Nähe der ölführenden Sande. Wenn der Ölgehalt der Sande von den Schiefen abzuleiten ist, so sollte man erwarten, daß der Bitumengehalt der Schiefer in der Nähe der Ölsande eine Verminderung erfahren hat. Da ist nun recht bemerkenswert, daß NOWAK erst kürzlich darauf hingewiesen hat (Zeitschr. „Petroleum“. XXI. 1925. Nr. 6. S. 382), daß der Bitumengehalt des galizischen Menilit-Schiefers in der Nachbarschaft von Ölsanden keineswegs geringer ist als in der Nachbarschaft ölfreier Sande. Freilich sind die betreffenden Angaben NOWAK's in dieser Frage nicht unbedingt beweisend, denn sie beziehen sich offenbar auf zwei nicht sehr weit voneinander entfernt liegende Untersuchungsstellen, so daß man annehmen könnte, der Schiefer hätte an beiden Stellen Öl abgegeben, das Öl des Sandsteins wäre jedoch an der einen Untersuchungsstelle nachträglich durch Salzwasser verdrängt worden. Untersuchungen über den Ölgehalt des Menilit-Schiefers, die sich über größere ölfreie Gebiete erstrecken müßten, könnten in dieser Hinsicht vielleicht ein sichereres Urteil ermöglichen.

Größeres Gewicht ist den Angaben NOWAK's (a. a. O.) beizumessen, wonach der Menilit-Schiefer seinen Bitumengehalt nur sehr schwer abgibt, so daß es schon aus diesem Grunde unwahrscheinlich ist, daß der Ölgehalt der Ölsande vom Menilit-Schiefer abzuleiten ist. Doch sind auch diese Angaben NOWAK's noch nicht ganz überzeugend; denn sie beziehen sich nur auf die Einflüsse, denen der Menilit-Schiefer nahe der Tagesoberfläche ausgesetzt ist; in größeren Tiefen, bei erhöhtem Druck und höherer Temperatur, verhält sich der Menilit-Schiefer vielleicht ganz anders. Ferner könnte man hier vom Standpunkt der zur Erörterung stehenden Hypothese aus noch einwenden, daß der jetzige Bitumengehalt des Menilit-Schiefers mit dem an die Ölsande abgegebenen Bitumen gar nicht übereinzustimmen braucht; denn es könnte sein, daß sich im Ölschiefer primär zwei Arten von Bitumen bilden, von denen das eine leicht an die Ölsande abgegeben wird, während das andere, jetzt noch vorhandene, festgehalten wird. Es gelingt also auch auf diesem Wege noch nicht, ein sicheres Urteil über die Berechtigung der fraglichen Hypothese zu bekommen.

Es ist ferner naheliegend, in diesem Zusammenhang die Horizontbeständigkeit der Ölführung innerhalb der Sandkomplexe zu untersuchen. Hier tritt jedoch als störendes Moment die leichte Beweglichkeit des Öls in den Sanden auf, ferner die Möglichkeit der Ansammlung des Öls in Gesteinen mit gröberen Poren durch Kapillarkräfte. Wenn also MUNN aus dem Sewickly quadrangle in Pennsylvanien einzelne, ölführende Sandlinsen beschreibt, die innerhalb

eines ölfreien Sand-Komplexes liegen¹, so kommt dieser Erscheinung in unserem Falle keine Beweiskraft zu, da hier die ölführenden Sande gröberes Korn besitzen wie die ölfreien Sande.

Beweisend für die primäre Natur des Öls in Ölsanden wäre es, wenn man irgendwo einen horizont-beständigen, feinkörnigen Ölsand zwischen oder neben, besonders unter einem gröberem, ölfreien Sand finden würde; beweisend wäre ferner, wenn man im Hangenden eines Ölschiefers einen gröberem, ölfreien Sand hätte, während im Liegenden desselben Schiefers ein feinkörniger Ölsand vorhanden wäre. Es ist sehr schwer, sich auf Grund der Literatur ein Urteil über diese Verhältnisse zu bilden, da die Angaben, namentlich über die Korngröße der Sande, in der Regel auch in den Spezialarbeiten nicht genügend genau sind; es war mir daher nicht möglich, derartige, beweisende Fälle aufzufinden. Vielleicht gehört hierher ein von HÖFER (Das Erdöl. 1922. p. 322) angeführtes Beispiel, nämlich der trotz hoher Porosität ölfreie Jamnasandstein Galiziens, der zwischen ölführendem Eocän-Sandstein und ebenfalls ölführendem Ropianka-Sandstein liegt. Es fehlen mir aber auch hier die Angaben über die Porengröße der drei Sandsteinarten.

¹ Vgl. HÖFER, Das Erdöl. 1922. p. 325 u. EMMONS, Geology of Petroleum. 1921. p. 114/15.

Von großer Bedeutung ist eine andere Erscheinung, die unschwer durch Beispiele belegt werden kann. Es ist dies das Fehlen von Ölsanden in der Nachbarschaft mancher Ölschiefer. Freilich kann nicht jeder derartige Fall in der vorliegenden Frage verwertet werden; wenn z. B. in der Nachbarschaft des Ölschiefers weder Sand noch andere poröse Gesteine vorhanden sind, so kann man daraus keine geeigneten Schlüsse ziehen; ähnlich liegt die Sache, wenn sich das Ölschieferlager in einem völlig ungestörten Schichtkomplex befindet, wie z. B. die von SANDER und HANSGIRG beschriebenen Bitumenmergel von Ismid in Kleinasien (Zeitschr. „Petroleum“. XIX. 1923. Nr. 17) oder die Kerosinschiefer von Neu-Süd-Wales (vgl. POTONIÉ-GOTHAN, Entstehung der Steinkohle usw. 6. Aufl. 1922. p. 87). Hier könnte man zugunsten der zur Erörterung stehenden Hypothese annehmen, daß das Bitumen nicht aus dem Schiefer auswandern konnte, weil diese Wanderung erst eintritt, wenn die Schiefer einem gewissen tektonischen Druck unterworfen werden. Freilich bleibt fraglich, wo man hier die Grenze zu ziehen hat, denn manche Erdöllagerstätten, z. B. im nordamerikanischen Mid-Continent-Feld, liegen in nahezu ungestörten Gebieten, die sich von Tafelländern kaum unterscheiden.

Man braucht jedoch auf diese etwas zweifelhaften Beispiele gar nicht zurückzugreifen, da es andere Beispiele genug gibt, in denen die Ölschiefer zweifellos tektonisch beansprucht wurden, trotzdem aber benachbarte poröse Gesteine ölfrei geblieben sind. Ich möchte hier vor allem an die Ölschiefer im Tertiär der östl. Rocky-Mountains erinnern. Sehr lehrreich ist eine Skizze, welche WINCHESTER von einem Ölschiefervorkommen in Colorado gegeben hat¹; es zeigt ziemlich stark gefaltete Ölschiefer, die von Sandsteinen überlagert werden; auf p. 169 derselben Arbeit gibt WINCHESTER an, daß die Ölschiefer häufig linsenförmige Einlagerungen von grobem Sand enthalten, der Sand zeigt aber kein flüssiges Öl. Ob festes Bitumen in diesem Sand enthalten ist, wird an dieser Stelle nicht angegeben.

¹ D. E. WINCHESTER, Oil shale in Northwestern Colorado and adjacent areas. U. S. Geol. Survey. Bull. 641. F. 1916. p. 190.

In einer anderen Arbeit¹ hebt derselbe Autor hervor, daß manche Sande in der Nähe der hochwertigen Ölschiefer etwas Asphalt enthalten, daß aber andere Sande, trotzdem sie in unmittelbarer Berührung mit den Ölschiefern stehen und sogar von ihnen umschlossen werden, vollkommen öl- und asphaltfrei sind. Die Ölschiefer haben also in diesen Fällen trotz günstiger petrographischer und tektonischer Verhältnisse an die benachbarten Sande kein Öl abgegeben; dies spricht sehr dafür, daß die Ölschiefer zur Abgabe von Öl überhaupt nicht befähigt sind, daß also das Öl, wo es sich in Sanden findet, nicht aus Ölschiefern stammt, sondern in den Sanden selbst gebildet wurde.

Man könnte nun freilich noch bezweifeln, ob diese Ölschiefer in der Beschaffenheit ihres Bitumens identisch sind mit den Ölschiefern der Erdölgebiete; denn die Green-River-Formation, der diese Ölschiefer angehören, wird allgemein als Süßwasserablagerung angesehen, während alle Formationen, welche flüssiges Erdöl in nutzbarer Menge enthalten, Meeresbildungen sind. Es lassen sich aber auch Beispiele für marine Ölschiefer finden, die trotz günstiger, tektonischer Verhältnisse kein flüssiges Erdöl erzeugt haben. HÖFER (Das Erdöl. 1922. p. 173) erwähnt einen gefalteten Ölschiefer, der zu Raibl in Kärnten vorkommt und von ölfreien Sandsteinen begleitet wird. Derselbe Forscher (a. a. O., p. 175) weist auf die schottischen Ölschiefer und auf ähnliche Gesteine im Banat hin, die ebenfalls von ölfreien Sandsteinen über- oder unterlagert werden, und zwar in großen Tiefen, wo also die Druck- und Temperaturverhältnisse an sich der Erzeugung von flüssigem Erdöl günstig sein müßten. Ferner kann man hier noch die Ölschiefer des Lias ϵ in Deutschland und anderwärts, sowie den mitteldeutschen Kupferschiefer anführen; man muß dabei freilich absehen von Nordwestdeutschland, wo nach der Meinung mancher Forscher, das in der Nähe der Salzhorste auftretende Öl auf die genannten bituminösen Gesteine zurückgeht. Der Lias ϵ wie der Kupferschiefer finden sich aber außer in Nordwestdeutschland noch sonst in weiten Gebieten, die sich in ihrem tektonischen Bau nicht wesentlich von vielen Ölgebieten unterscheiden, die aber trotzdem ölfrei sind. An porösen Gesteinen, welche das flüssige Öl aufnehmen könnten, fehlt es in der Nähe der genannten Ölschiefer auch keineswegs; für den Kupferschiefer käme neben den permischen und triadischen Sandsteinen namentlich der Zechsteinkalk in Frage, der den Kupferschiefer unmittelbar überlagert. Über dem Lias ϵ befinden sich in der Regel die Dogger-Sandsteine und die Malm-Kalke, die z. T. recht gute Ölspeicher abgeben würden. Die tektonische Beanspruchung der genannten Schicht ist an vielen Stellen viel stärker als im amerikanischen Mid-Continent-Feld, trotzdem haben der Lias und der Kupferschiefer nirgends zur Bildung

¹ Oil shale of the Uinta Basin, Northeastern Utah. U. S. Geol. Surv. Bull. 691 B. 1918. p. 46.

von Öllagerstätten Anlaß gegeben. Daraus würde sich ebenfalls ergeben, daß auch diese marinen Gesteine zur Abspaltung von flüssigem Öl unter natürlichen Bedingungen gar nicht fähig sind.

Überblickt man die angeführten Tatsachen, so zeigt sich, daß einige derselben zwar an sich nur beschränkte Beweiskräfte besitzen, in der Gesamtheit dürften sie aber doch dafür sprechen, daß der Ursprung des Öls der Ölsande in der Regel nicht in Ölschiefern, sondern in den Sanden selbst zu suchen ist; von besonderer Bedeutung scheint mir dabei die zuerst und die zuletzt genannte Tatsache zu sein, der Reichtum des Öls in den Sanden an adsorbierbaren Bestandteilen und das Fehlen von Ölsanden in der Nachbarschaft mancher Ölschiefer. Jedenfalls dürften die oben zusammengestellten Tatsachen zeigen, daß die von RÜGER aufgestellte Behauptung zum mindesten nicht im vollen Umfang zu Recht besteht; es scheint mir vielmehr keinem Zweifel zu unterliegen, daß primäre Ölbildung in Sanden ebenfalls möglich ist.

Es wäre nun noch nach Gründen dafür zu suchen, weshalb wir das Öl in Sanden und in porösen Kalken fast immer in flüssiger Form, als „Ecgonobitumen“ finden, während in den tonigen Gesteinen in der Regel das feste Polybitumen vorhanden ist.

Es ist wenig wahrscheinlich, daß diese Unterschiede auf Verschiedenheit der Ausgangsstoffe beruhen; in beiden Fällen dürfte der Ausgangsstoff aus tierischem und pflanzlichem Plankton bestehen. Die abgestorbenen Plankton-Massen brauchen sich durchaus nicht nur an Stellen toniger Sedimentation niederzuschlagen, sie können auch zusammen mit Sanden sedimentiert werden; denn das Plankton besteht keineswegs nur aus mikroskopisch kleinen Lebewesen, es enthält auch zahlreiche Formen, deren Körper genügend groß und schwer ist, um zusammen mit Sandkörnern abgesetzt zu werden. Außerdem können die niedersinkenden Sandkörner an den Planktonresten fest kleben und diese zu Boden reißen. So können sandreiche Sedimente entstehen, die einen hohen Gehalt an abgestorbener organischer Substanz besitzen. Untersuchungen über rezente Sedimente dieser Art sind bisher sehr spärlich, weil die Küstengebiete, wo sie zu erwarten sind, bisher noch nicht genügend durchforscht sind; Aufschlüsse wären namentlich von Untersuchungen im Mündungsgebiet großer tropischer Flüsse, ferner im Küstengebiet des ostindischen Archipels und namentlich an der Ostküste von Japan zu erwarten.

Es verdient in diesem Zusammenhang hervorgehoben zu werden, daß nach neuen Untersuchungen¹ die sog. „Wattenschlicke“ der Nordsee gar nicht besonders tonreich sind, sondern überwiegend aus feinem Quarzsand bestehen; durchschnittlich ist nur etwa $\frac{1}{4}$ der

¹ PRATJE, Alte und junge Sedimente am Grunde der Nordsee. Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Ges. 76. 1924. Monatsber. p. 162 ff.

ganzen Masse abschlämmbar, und nur 5—10 % sind Ton; die Mehrzahl der Quarzkörner besitzt einen Durchmesser von höchstens 0,1 mm; dies ist sehr feinkörnig, stimmt aber zur Korngröße vieler Ölsande. Nach PACK haben mehr als 80 % der Ölsande des Sunset-Midway-Ölfeldes in Kalifornien eine Korngröße von weniger als 0,1 mm (Sieb von 200 Maschen auf das Zoll, vgl. EMMONS, *Geology of Petroleum*. 1921. p. 63). Die erwähnten Wattenschlicke der Nordsee enthalten nach PRATJE im lufttrockenen Zustand 3—6 % „Humussubstanzen“, also organische Reste; PRATJE nimmt an, daß beim Trocknen an der Luft ein Teil dieser organischen Substanz verschwindet, so daß der ursprüngliche Gehalt an organischer Substanz noch höher als 3—6 % wäre; dieser Nordsee-Schlick kommt also in seinem Gehalt an organischer Substanz einem nutzbaren Ölsand schon recht nahe, besonders, wenn man berücksichtigt, daß das Öl nach Faltung der Schichten in den Sätteln sekundär angereichert wird. Dabei ist die Nordsee jedenfalls ein Gebiet, das für die Bildung von Ölsanden weniger günstig ist als die im vorigen Abschnitt genannten, bisher noch nicht näher untersuchten Meeresteile.

Es wäre somit erwiesen, daß sandige Gesteine primären Gehalt an organischen Stoffen besitzen können. Diese organischen Stoffe werden nun offenbar in den Sanden anders umgewandelt als in den tonigen Gesteinen. Es dürfte sich dabei um eine katalytische Einwirkung des Muttergesteins auf die Umwandlung der organischen Stoffe handeln. Die Möglichkeit katalytischer Einflüsse bei der Ölbildung wird sowohl von ENGLER als auch von HÖFER und POTONIÉ in Erwägung gezogen¹. Verschiedene Verfahren, welche bei der technischen Verarbeitung des Erdöls angewandt werden, stützen sich ebenfalls auf derartige katalytische Einwirkungen². Man ist somit vollkommen berechtigt zu der Annahme, daß die diagenetische Umwandlung des Bitumens in Tonen ganz anders verläuft als in Sanden. Experimentelle Untersuchungen über diese Frage fehlen leider oder sind nach den Angaben HÖFER's nur unvollkommen durchgeführt worden. Es wäre von großem Interesse, wenn Versuche von der Art, wie sie ENGLER zur künstlichen Herstellung von Erdöl gemacht hat, einmal in systematischer Weise unter Beifügung nicht zu kleiner Mengen verschiedener Mineralstoffe durchgeführt würden; dies ist jedoch eine Aufgabe, die nur von einem Chemiker, nicht von einem Geologen durchgeführt werden kann; die Ergebnisse solcher Versuche könnten für die Erdölgeologie recht bedeutungsvoll werden.

Ich vermute, daß bei den erwähnten „katalytischen Einflüssen“ die chemische Zusammensetzung des Muttergesteins eine geringere

¹ Vgl. ENGLER-HÖFER, *Das Erdöl*. 1912. Bd. I, p. 37. — HÖFER, *Das Erdöl*. 1922. p. 305. — POTONIÉ-GOTHAN, *Die Entstehung der Steinkohle*. 1920. p. 88.

² Vgl. JUN-ICHI TAKAHASHI, *On the effect of mineral substances on the thermal decomposition of bitumens*. *Science reports of the Tohoku Imp. Univ. Sendai, Japan*. 3. Ser. 1924. Vol. II. Nr. 1 u. 2. p. 59.

Rolle spielt als seine physikalische Beschaffenheit. Das Vorhandensein oder Fehlen adsorptionskräftiger Teilchen von kolloidaler Größenordnung dürfte dabei die Hauptrolle spielen; in tonigen Gesteinen sind solche Kolloid-Teilchen stets in größeren Mengen vorhanden, in Sanden fehlen sie oder sind nur in geringen Mengen vorhanden. Ich stütze diese Vermutung darauf, daß auch in den Tongesteinen flüssiges Erdöl unter Umständen vorkommen kann, und zwar erfüllt dieses Erdöl dann in der Regel größere Hohlräume innerhalb des Tones. So finden sich im Lias ϵ von Roth-Malsch in Baden die Hohlräume von Mollusken-Schalen mit flüssigem Erdöl erfüllt, obwohl diese „Ölschiefer“ sonst nur festes Polybitumen enthalten (vgl. HÖFER, Das Erdöl. 1922. p. 270)¹. Der geringe Gehalt an flüssigem Bitumen, welcher im Ohio-Schiefer des Appalachen-Gebietes vorhanden ist, soll hauptsächlich in den Hohlräumen von Farnkraut-Sporengehäusen konzentriert sein.

Vielleicht geht auch die Durchtränkung mancher Ölschiefer mit flüssigem Erdöl, so z. B. beim kalifornischen Monterey-Schiefer, darauf zurück, daß diese Gesteine infolge ihres Diatomeen-Gehaltes zahlreiche Hohlräume aufweisen, die größer sind als die gewöhnlichen Poren eines Ton-Gesteins. Ich vermute, daß dieses flüssige Bitumen niemals das Stadium des festen Polybitumens durchgemacht hat, weil es sich in größeren Poren bildete, in denen es der Adsorptionswirkung der feinsten Mineralteilchen weniger ausgesetzt war. Dieses primär-flüssige Bitumen einiger Ölschiefer kann dann auch leichter als das Polybitumen in benachbarte Sandsteine übertreten, zumal Gesteine vom Charakter der Monterey-Schiefer, die ja eine gewisse Porosität besitzen, der Ölwanderung offenbar einen viel geringeren Widerstand entgegensetzen als echt-tonige Gesteine; der Tongehalt der Monterey-Schiefer ist verhältnismäßig gering. Es ist sicher kein Zufall, daß die sekundäre Natur des Öls (vielleicht nur eines Teils des Öls?) in den Ölsanden nirgends aus den Lagerungsverhältnissen so gut zu ersehen ist wie gerade in Kalifornien; das Öl stammt hier aber nicht aus einem echten Polybitumen-Schiefer, sondern aus einem Schiefer, der infolge seiner Porosität schon von vornherein flüssiges Öl enthält.

¹ Während der Drucklegung dieses Aufsatzes hatte Frau Dr. PAULINE RÜGER-HAAS die Freundlichkeit, mir mitzuteilen, daß diese Angabe ENGLER'S, welche in zahlreiche Lehrbücher übergegangen ist, nicht ganz zutrifft; die erdölgefüllten Molluskenschalen von Roth-Malsch stammen nicht aus Ölschiefern des Lias ϵ , sondern aus den Kalken des Lias α ; Lias ϵ findet sich bei Roth-Malsch überhaupt nicht, sondern nur bei dem benachbarten Langenbrücken; die Molluskenschalen im Lias ϵ enthalten kein flüssiges Öl. Der auf diese Angabe ENGLER'S gestützte Teil meiner obigen Beweisführung ist also nicht stichhaltig; meine Schlußfolgerungen werden jedoch dadurch nicht wesentlich beeinflußt, zumal ähnliche Funde von flüssigem Öl in Konkretionen mancher Sapropelite nicht selten sind; man vgl. darüber POTONIE-GOTHAN, Entstehung der Steinkohle usw., 6. Aufl., 1920, p. 87.

Auf die Frage der primären oder sekundären Natur des Erdöls in Kalken möchte ich nicht näher eingehen; ich vermute jedoch, daß auch in diesen Gesteinen die Größe der Hohlräume für den Charakter des sich bildenden Bitumens entscheidend ist. SANDER's Ansicht, daß tonarme oder tonfreie Kalke kein primäres Bitumen enthalten können, möchte ich nicht teilen; es gibt viele sehr tonarme Riffkalke, die beim Anschlag durch den Geruch einen gewissen Bitumengehalt erkennen lassen; bei diesen darf man jedenfalls ohne weiteres annehmen, daß primäres Bitumen vorliegt. SANDER gibt als Kennzeichen primär-bituminöser Gesteine den Pyritgehalt an; durch mikroskopische Untersuchung polierter Anschliffe von belgischem Kohlenkalk konnte ich nachweisen, daß diese dunklen, bitumenhaltigen Gesteine ziemlich reich an Pyrit sind, wie überhaupt der Pyrit in Kalken, auch in hellfarbigen Gesteinen, viel verbreiteter ist, als gemeinhin angenommen wird.

Um keinen Mißverständnissen ausgesetzt zu sein, möchte ich ausdrücklich hervorheben, daß ich keineswegs alle Ölsande für primäre Öllagerstätten halte; zweifellos kann das Öl wandern, dies ergibt sich ja schon aus der Ansammlung in Antiklinalen; es werden also auch ursprünglich ölfreie Sande manchmal nachträglich mit Öl durchtränkt werden. Wenn sich das Öl in groben, konglomeratischen Gesteinen findet, so halte ich es sogar für sehr wahrscheinlich, daß das Öl in solchen Gesteinen stets auf sekundärer Lagerstätte ist; denn es ist unwahrscheinlich, daß grobe Konglomerate von vornherein reich an organischer Substanz sind. Das oben angeführte Beispiel von den kalifornischen Lagerstätten zeigt auch, daß das Öl der Sande manchmal auf pelitische Gesteine zurückzuführen ist. Der Zweck meiner Ausführungen sollte nur sein, zu zeigen, daß es unrichtig oder zum mindesten unbewiesen ist, wenn man behauptet, daß sandige Gesteine niemals primären Ölgehalt besitzen können.

Zusammenfassung.

Es wird die Frage behandelt, ob man berechtigt ist zu behaupten, daß der Ölgehalt der Ölsande sich stets auf sekundärer Lagerstätte befindet und primär aus pelitischen Gesteinen stammt. Manche Tatsache spricht scheinbar für diese Annahme, so die Feststellung ENGLER's, daß das feste Polybitumen der Ölschiefer in flüssiges Egonobitumen verwandelt werden kann, ferner die petrographischen Untersuchungen SANDER's, durch welche diagenetische Wanderungen des Polybitumens nachgewiesen wurden. Doch ergibt sich aus diesen Tatsachen nur die Möglichkeit der Bildung sekundärer Bitumen-Lagerstätten, die von Ölschiefen abzuleiten sind, ein bindender Beweis für die sekundäre Natur des Öls in Ölsanden ist damit keineswegs erbracht.

Verschiedene andere Tatsachen sprechen aber entschieden gegen die sekundäre Natur des Sand-Öls, so vor allem die Feststellung

ENGLER's, daß das Rohöl reich ist an leicht adsorbierbaren Verbindungen, ferner verschiedene Tatsachen, welche sich aus dem geologischen Auftreten von Ölsanden und Ölschiefern ergeben, besonders der Umstand, daß manche Ölschiefer trotz günstiger tektonischer und petrographischer Verhältnisse keine Sandöllagerstätten erzeugt haben. Es ist somit wahrscheinlicher, daß die primäre Lagerstätte des flüssigen Erdöls in Sanden und anderen porösen Gesteinen, nicht in Peliten zu suchen ist. Die Beschaffenheit des Wattenschlicks der Nordsee beweist, daß auch sandige Gesteine reich an primären Beimengungen von organischer Substanz sein können.

Es wird vermutet, daß die diagenetische Umwandlung der organischen Substanzen in Peliten anders verläuft als in Gesteinen größeren Kornes, weil das Vorhandensein oder Fehlen adsorbierender Kolloid-Teilchen die Umwandlung beeinflußt. So entsteht in Peliten das feste Polybitumen, während sich in Gesteinen größeren Kornes die flüssigen Ecgonobitumina bilden. Es gibt natürlich auch sekundäre Erdöllagerstätten; die Heimat der flüssigen Bitumina ist aber überwiegend in Sanden und in anderen grobporigen Gesteinen, nur ausnahmsweise in Peliten zu suchen.
