

### Über bituminöse und kohlige Gesteine.

Prof. Dr. Bruno Sander wird demnächst in den „Mitteilungen der Geologischen Gesellschaft in Wien“ eine interessante Studie über bituminöse und kohlige Gesteine veröffentlichen.

Diese inhaltsreiche und energisch weiterführende Arbeit stellt die bisherigen Ergebnisse von mehrjährigen Untersuchungen bituminöser und kohligter Gesteine in übersichtlicher Weise zusammen, wobei auch die Wege zur Weiterarbeit klar vorgezeichnet erscheinen.

Sander hatte seine Studien über diese Gesteinsgruppe noch während des Krieges in Kleinasien mit einer sorgfältigen Aufnahme des großartigen Bitumfeldes in der Bucht von Ismid begonnen und kam von dort bereits mit dem Plan einer geologischen Revision der alpinen Bitumlagerstätten zurück, den er in den folgenden Jahren nun systematisch zur Ausführung brachte. Es war an eine Zusammenarbeit von Geologen, Petrographen und Chemikern gedacht, deren Mitarbeit aber im Laufe der Zeit derart ungleichmäßig war, daß derzeit die petrographischen Ergebnisse den anderen wesentlich vorangeeilt sind.

Die vorliegende Arbeit enthält zunächst allgemeine Ergebnisse von Dünnschliffstudien des Kleingefüges bituminöser oder kohligter Gesteine.

Dann werden eingehend Beispiele für authigenes Bitumen aus den Lagerstätten des Häringer Tertiärs und Bächentaler Lias in Nordtirol, des Tertiärs von Mollaro in Südtirol beschrieben, Als Beispiele für allothigenes Bitumen werden dalmatinische und syrische Lagerstätten herangezogen. Ein großer Teil der Arbeit ist den bituminösen und kohligen Gliedern des Hauptdolomits gewidmet.

Die Arbeit schließt endlich mit dem Hinweis auf Beziehungen dieser Untersuchungen zur Petrolgeologie.

Von den einleitenden allgemeinen Ergebnissen über Bitumen und Kohle im Kleingefüge wäre etwa das Folgende hervorzuheben:

Es lassen sich unter dem Mikroskop optisch verschiedene Bitumina unterscheiden, doch ist es bisher nicht gelungen, z. B. eine verschiedene Löslichkeit derselben im Schliffe nachzuweisen.

Es wäre also wichtig, wenn es einem Chemiker gelingen würde, im Schliffe verwendbare unterscheidende Mikroreaktionen zu ent-

decken. Viel weiter hat das Dünnschliffstudium in der Trennung von authigenem und allothigenem Bitumen geführt.

So lassen sich:

I. Gesteine mit authigenem Bitumen ohne oder mit Zeichen einer Mobilisation des Bitumens;

II. Gesteine mit allothigenem Bitumen deutlich voneinander scheiden.

Der von Sander bereits in seiner ersten Arbeit „Über bituminöse Mergel“, Jahrbuch der Geologischen Staatsanstalt, 1921, S. 133—148. ausgesprochene Erfahrungssatz über das Zusammengehen des primären Bitumens mit tonigem Sediment, mit dem Detritus von Kleinfraunen, typischem Sapropel und Schwefeleisen wird neuerlich an vielen Beispielen bestätigt und leistet für die Erkennung von primären Bitumlagerstätten die wichtigsten Dienste.

Primäre Lagerstätten sind im Schliffe durch toniges Sediment oder organische Stoffe ausgezeichnet. Dagegen zeigten reine Kalke, Dolomite, Quarzite stets auch andere Zeichen für Bitumwanderung, so daß nach Sander bituminöse Kalke, Dolomite, Quarzite, Sandsteine ohne Ton und ohne organische Reste in der Regel sekundäre Lagerstätten sind. Diese Gesetzmäßigkeit hat Dr. E. Hentze, Zeitschrift für angewandte Chemie, 23. Juni 1922, S. 331, als „Hentze-Sandersches Gesetz“ bezeichnet, wobei ich hier nur festhalten möchte, daß dasselbe von Sander fast um ein Jahr früher ausgesprochen worden ist.

Da nun eine Wanderung allothigenen Bitumens in seinem heutigen sehr festen und chemisch widerstandsfähigen Zustande ausgeschlossen ist, gelangt Sander zu der Annahme, daß das heutige allothigene Bitumen nur das asphaltische Produkt von eingewanderten und später karbonisierten, beweglicheren Kohlenwasserstoffen vorstellt.

Wir hätten also in solchen Gesteinen gleichsam die „höher metamorphen Äquivalente von sekundären Petrollagerstätten“ vor uns.

Die Frage, ob es überhaupt primäre Petrollagerstätten gibt, kann von hier aus nicht entschieden werden. Dagegen gelingt die Beantwortung der wichtigen Frage, ob und wo die faziellen Äquivalente

der so zahlreichen tertiären Petrollagerstätten in anderen Formationen und im metamorphen Zustande zu finden sind.

Die Bildung von Petrollagerstätten ist eine an den Mechanismus küstennaher Gebirgsbildung normalerweise geknüpfte Begleiterscheinung. Küstennahes Ton- und Kleinlebewesensediment ergibt die sehr oft rhythmisch sedimentierten Primärdepots des Bitumens.

Der Mechanismus der Gebirgsbildung bringt die Durchbewegung und Überlastung, die Mobilisation des Bitumens und schreibt die ersten Bahnen seiner Wanderung vor nach der Verteilung tektonischer Drucke.

Diese Wanderung findet ihr gewöhnliches Ende in Gesteinen mit größerem Porenvolumen, welche selbst als Sediment oder tektonische Fazies des Ergebnis küstennaher Gebirgsbildung und Abtragung sind.

Diese Petrollager, in der Verteilung ihres Inhaltes jüngster Tektonik angepaßt, werden, durch Erosion oder Menschenhand angezapft, auf beide Arten wohl niemals restlos entleert.

Im ganzen Zyklus, für welchen reiche Kleinlebewelt und Küstengebirgsbildung die Grundbedingungen sind, findet sich kaum die Gelegenheit zu gänzlicher Entleerung, wohl aber zur Karbonisation der Petrolea.

Und so glaubt Sander, daß es zeitgemäß ist, kohlig schwarzen und bituminösen Gesteinen als Begleitern normaler Küstengebirgsbildung die hier angeregte Beachtung zu schenken und auch hoch metamorphe Äquivalente in Betracht zu ziehen.

Unter kohligter Substanz wird der im Schlibbilde vom braunen Bitumen leicht trennbare schwarze Bestandteil verstanden.

Die Kohle kann nun hinsichtlich ihres Auftretens im Gestein authigen oder allothigen sein, hinsichtlich ihrer Entstehung primär oder sekundär (aus Kohlenwasserstoffen durch C-Anreicherung). Daraus ergeben sich folgende vier Möglichkeiten und Übergänge zwischen 1—3 sowie 3—4.

Nach ihrem Auftreten im Gestein:

Die Kohle ist nach ihrer Entstehung	authigen	allothigen
primär	1. mitsedimentierte und im Sediment inkohlte organische Reste	2. mitsedimentierte fertige Kohle echter „Kohledetritus“
sekundär	3. nach Karbonisation und Devolatilisation von Bituminis (Sapropelite, primäre Petrolea, bituminöse Kohlen) verbleibender Rest	4. C-Ausscheidung und Filtration aus wandernden Kohlenwasserstoffen

Kennzeichen für diese Fälle sind:

Für 1: Mehr oder weniger wohl erhaltene Formen (äußere Gestalt und Zellgewebe) des inkohlten Materials, welche Transport ausschließen.

Grad und Art der Veränderungen im bergenden Gestein und in der Kohle entsprechen sich, z. B. kohlig-graphitische Substanz der Metamorphose eines Grauwackenschiefers, Graphit dem hochmetamorphen Cipollin, Lignit dem Tegel.

Für 2: Gerollte und als Kohledetritus verständliche Formen der Kohle. Sprung zwischen der Veränderung des bergenden Gesteins und der Karbonisation der Kohle, z. B. Anthrazit in Ton oder Sand.

Für 3: Die Anordnung der kohligen Substanz im Kleingefüge und die primäre Fazies des Gesteins entsprechen einem Ursprung der kohligen Substanz aus C-ärmerer Kohle oder primärem, authigenem Bitumen. Zwischen der Metamorphose der Kohle und des Gesteins besteht die Korrelation von Fall 1.

Für 4: Wie 3., aber die primäre Fazies des Gesteins entspricht nicht primärer Kohleführung oder einem Sapropelit. Der Transport der C-führenden Substanz auf Haarrissen, Rupturennetzen im intergranularen Porenvolumen ist nach dem Material deutlich.

Im folgenden Teil der Arbeit werden nun eine Reihe von verschiedenen Bitumvorkommen näher beschrieben.

Die Häringer Bitummargel sind ein Fall des vielfach bekannten Auftretens bituminöser Hangend-schichten über Tertiärkohle. Ein bitumenbergendes Liegend ist nicht vorhanden. Im ganzen haben wir ein undurchbewegtes Sediment mit ungestörter Feinschichtung vor uns.

Feinste Wechsellagerung von Bitummargel mit Kohle, kalkig-tonige, f instschlammige Grundsubstanz des Mergels, reicher Schalen-detritus, primäres und mobiles Bitumen in Haarrissen, aus dem Gestein entmischer, die Haarrisse verheilender Kalzit, Kohlepartikeln und Schwefeleisen charakterisieren das Kleingefüge.

Wichtige Aufschlüsse hat hier das Dünnschliffstudium der lagenweise eingeschlossenen Hornsteine ergeben, weil die kolloide Kieselsäure trotz radikaler Verdrängung die zartesten Strukturen aufzubewahren vermag. So erlauben diese Hornsteine den Vergleich der heutigen Bitumina mit einem frühen Zustande derselben, welcher hier konserviert worden ist.

In dem Sapropel der Häringer Bitummargel lassen sich von organischem Material (Hauptmenge) feinstkrümelige Massen, ferner winzige Stäbchen und Röhren in regelloser Lagerung, wohlerhaltene Pollenkörner, Zellschläuche von Fadenalgen, Zellgewebefetzen höherer Pflanzen, Larven, winzige Ostrakodenschälchen ... unterscheiden.

Alles gutfigurierte Sapropel in den Hornsteinen ist nur gebräunt, nicht geschwärzt, wie außerhalb derselben.

Die Inkohlung ist also, wenigstens sehr oft, später als die Hornsteinbildung erfolgt. Dasselbe gilt von der Schwefeleisenausscheidung, die in den Hornsteinen fast gänzlich fehlt, auch wo sie außerhalb reichlich vorhanden ist.

Die Bituminisierung hat ebenso wie die Inkohlung nach der Hornsteinbildung unter gleichen Bedingungen im Gestein, also nur vom Ausgangsmaterial abhängig und entschieden, stattgefunden.

Aus diesen Befunden geht unmittelbar hervor, daß die chemische Analyse, was die Werte für Öl, Gas und feste Kohle betrifft, mehr einen technischen und kaufmännischen, als für lithogenetische Studien brauchbaren Einblick gibt, weil bei dieser Feinvermischung sich die drei obigen Werte immer zugleich aus Bitumen und Kohle ableiten.

Ähnlich sind auch die Bitummargel aus dem Tertiär von Mollaro. Das Kleingefüge zeigt einen Mergel mit Quarzsand, u. zw. einen unzweifelhaften primär-bituminösen, reichlich nichtimprägnierte meist von reinem Kalzit erfüllte Foraminiferengehäuse führenden Sapropel-margel. In den seltenen kalkigen Feinschichten fehlt das Bitumen.

An diese primär bituminösen, tertiären Typen fügt Sander weiter die Menilitschiefer an. Soweit es sich dabei um bituminöse kalkfreie Tone handelt, zeigt sich der Menilitschiefer als primäres Bitumen-Tonsediment, dem trotz ausgezeichneter Blättrigkeit jede Differenzialbewegung in der Feinschichtung fehlt.

Das im Vergleich zu den alpinen Bitumtönen Eigenartige liegt in seiner feinstgeschichteten Kieselschieferfazies mit Bitumen.

Dieses Sediment enthält zwischen den kieseligen Feinschichten dasselbe von Pyrit begleitete primäre Bitumen wie die tonige Fazies. Eine Mobilisationsphase ist durch imprägnierte Haarrisse in den Kieselschiefern erwiesen, welche Sander jedoch nicht für die Wege sekundären Bitumens hält.

Die Bitummargel aus dem Lias des Bächentales sind zwischen roten Liasknollenkalken und Hornsteinkalken eingeschaltet, führen als Seltenheit Harpoceras und in kieseligen Lagen deutliche Reste von vollständig in Pyrit umgewandelten Gittern von Radiolariengehäusen.

Im Kleingefüge erweisen sich die schokoladebraunen, blau-weiß anwitternden Bitummargel als sehr tonreiche, bisweilen auch verkieselte Pelite mit gleichmäßig flockig, maschig angereichertem, primärem Bitumen. In Formation, Fazies und Kleingefüge stehen die Bächentaler Ölschiefer den schwäbischen sehr nahe.

Sie enthalten mehr Schwefeleisen als alle anderen hier beschriebenen Bitummargel.

Figuriertes Bitumen und Mikrolumachelle wurde nicht gefunden. In den Fazies mit zunehmender Verkieselung treten reichlich feinste Kieselnädelchen auf.

Beispiele für allothigenes Bitumen werden aus Dalmatien und Syrien beschrieben.

Bei den dalmatinischen Proben tritt der Einfluß einer tektonischen Gefügelockung, wie er in mäßig stark gefaltetem Kalkgebirge auftritt, für eine Porenvergrößerung und Wanderbegünstigung des

Bitumens klar hervor. Wichtig erscheint auch, ob eine dieses tektonische Porenvolumen verkleinernde Mobilisation des Karbonats der Bitumenwanderung vorausging oder nicht.

Die größere Häufigkeit einer Imprägnation von Dolomit gegenüber von Kalk zeigt sich durch größere Sprödigkeit, also leichtere Zerbrechbarkeit, ursprünglich drüsiges Hohlräumgefüge und schwerere Ausheilbarkeit der Risse, was alles zu besserer Wegsamkeit und größerem Porenvolumen führt. Der Asphaltgehalt kann 37% der Gesteinsmasse erreichen, so daß die Kalkkörner im Asphalt schwimmen, ohne sich zu berühren, was nur möglich ist, wenn die Imprägnation des Porenvolumens in statu nascendi erfolgte.

Die Foraminiferenreste geben sich auch hier nicht als Bitumenbringer zu erkennen.

Die syrischen Beispiele, asphalterfüllte Foraminiferenmergel, ohne Kohle und Pyrit, enthalten auch Hornsteinkonkretionen, die jedoch keine Kleifauna umschließen.

Im Kleingefüge erkennt man, daß es nicht tonige Feinschichten sind, welche Asphalt führen, sondern die porösen kalkigen Lagen aus Foraminiferensand. Es wird hier ungemein deutlich, daß die drei Umstände, welche die Wege wandernden Bitumens entscheiden, primäres und tektonisches Porenvolumen und wenigstens in Kalken und Dolomiten, die das Porenvolumen verringern oder schließende Kalzitmobilisation sind.

Eine eingehende Schilderung ist weiters den bituminösen und kohligen Gesteinen des Hauptdolomits gewidmet.

Es zeigt sich nunmehr, daß man hier bitumenreiche Tongesteine als bituminöse Primärdepots (hochbituminöse Kohlen des Hauptdolomits) und bitumenarme Kalktongesteine als Lagerstätten mit ehemals mobilem, jetzt karbonisiertem Bitumen (fossile Petrolagerstätten) unterscheiden kann.

Von dem ersten Typus werden Bitumenergel von Krünn, Gaisalpe am Achensee und Seitenstein bei Münster beschrieben.

Von dem zweiten Typus werden einerseits bitumenarme unmittelbare Begleiter des ersten Typus andererseits kohlige Kalke und Dolomite von Imst, Fernpaß, Reutte und Lienz getrennt dargestellt. Hauptergebnis bleibt die Feststellung des Miteinandergehens von Ton- und Bitumenbringer in der Feinsedimentation. Es macht den Eindruck, als ob das tonige Kolloid bitumenbringende Kolloide mit Filterwirkung an sich gebunden und mitgenommen hätte.

Die Untersuchung der kohligen Kalke und Dolomite hat zu sehr interessanten Ergebnissen geleitet. Diese Gesteine liefern einen Beitrag zu der Frage, in wie vielen schwarzen Gesteinen mit intergranularer Kohle im Kleingefüge dieselbe karbonisiertes, unter Umständen bis zum Graphit karbonisiertes Bitumen ist.

Man wird also künftig solche schwarze Gesteine faziell nur verstehen, wenn man mikroskopisch entschieden hat, ob die Schwärzung von authigenen Kohle oder von allothigenem Bitumen stammt.

Die Unterscheidung von „Sekundärkohle“ von Bitumen im Dünnschliff hat auch praktische Bedeutung, weil ein Ölausbringen aus Gesteinen, deren Bitumen zu Sekundärkohle umgewandelt wurde, fast Null und das Gestein als Kohle zu aschenreich ist.

An Gesteinen aus dem Salvesental bei Imst haben sich die zwei verschiedenen Bitumina der Seefelderserie nebeneinander nachweisen lassen.

Das erste ist hellbraun, diffus in der Feinschichtung, ohne Zeichen von Mobilisation gleich einem schwachen primären Bitumengehalt.

Das zweite ist schwarze Sekundärkohle mit sehr schönen Imprägnationsformen und hat das erste Bitumen bereits in seiner heutigen Form vorgefunden und Splitter davon abgerissen. Es macht den Eindruck, daß hier das schwarze Bitumen eine höhere Karbonisierbarkeit als das braune besaß.

Den Schluß der Arbeit bilden Hinweise auf Beziehungen zur Petrologie.

Die durch das Mikroskop ermöglichte Entscheidung über den primären oder sekundären Charakter bituminöser Gesteine hat nicht nur für eine Begutachtung solcher Gesteine, sondern auch für die Regionalgeologie von Petroleumgebieten praktische Bedeutung.

Eine Richtung in der Petrologie sucht die Primärdepots der Petrolea in tonigen Schichten. Es scheint hier nicht nur eine regionalgeologische Erfahrung vorzuliegen, sondern eine sediment-petrographische Gesetzmäßigkeit, deren physikalisch-chemische und biologische Bedingungen erst zu erforschen sind.

Primärbitumen geht im großen und im feinen mit dem tonigen Sediment. Mit Primärbitumen geht im feinen fast immer Schwefel-eisen, mit eingewandertem fast nie. Für Primärbitumen ist vielfach authigene Kohle bezeichnend, für Sekundärbitumen eine vorläufig als „Kohle“ bezeichnete, chemisch noch wenig definierbare Substanz, nach Sander das Ergebnis fortgeschrittener C-Anreicherung in den eingewanderten Kohlenwasserstoffen.

Die mikroskopischen Einsichten in das Kleingefüge von metamorpher, asphaltischer Imprägnationslagerstätten kann man geradezu als Einsichten in das Kleingefüge von Petroleumlagerstätten nehmen, deren noch fließender Inhalt keine solche Untersuchung gestattet. Wichtig ist weiter das tektonische Porenvolumen neben dem primären und die Mobilisation eines Minerals, welches das Porenvolumen verengt oder schließt.

Die Korrelation zwischen der Regionalmetamorphose der Kohlen und ihrer Begleitgesteine erscheint noch weiteren Ausbaues fähig, wobei das Verhältnis =  $\frac{\text{Gesamtkohlerstoff}}{\text{fester (fixer) Kohlerstoff}}$  nach Grouet einen feineren Maßstab

für den Grad der Regionalmetamorphose ergibt als die Begleitgesteine.

Hier würden sich auch für unsere alpinen Kohlen im Anschluß an die neuesten tektonischen Erfahrungen sehr interessante Fragestellungen ergeben. Es ist dabei die primäre Art der Kohle, die Verteilung im Gestein und endlich die Möglichkeit zu berücksichtigen, daß sekundäre Kohle aus authigenem oder allothigenem Bitumen vorliegen kann.

Die Untersuchung, in welcher Weise der Karbonisationsgrad ceteris paribus von diesen drei Variablen abhängt, ist eine Aufgabe weiterer Zusammenarbeit von Geologen, Petrographen und Chemikern. Hervorzuheben wären noch die sehr schönen und sorgsam ausgewählten Dünnschliffbilder, welche vom Autor selbst gezeichnet worden sind.

Otto Ampferer.