

Ursprung, Vorkommen und Beschaffenheit der dalmatinischen Asphaltlagerstätten.

Von Bergrat Fritz Kerner v. Marilaun.

(Mit 5 Textfiguren.)

Ursprung des Asphalts.

Die Asphalte Dalmatiens treten größtenteils in Schichten der oberen Kreideformation unter Verhältnissen zutage, die darauf hinweisen, daß man es mit Vorkommen auf sekundärer Lagerstätte zu tun hat. Zunächst spricht wohl die im Vergleich zur Ausdehnung der oberen Kreideschichten verhältnismäßig große Seltenheit und ungleichmäßige Verteilung der Asphaltvorkommen gegen die Deutung jener Schichten als primärer Erdölhorizont. Die oberen Kreidekalke nehmen in Dalmatien eine Fläche ein, die dem Gesamtareale aller übrigen daselbst vorhandenen Schichtglieder gleich kommen mag. Sie zeigen dabei über das Gesamtgebiet hin eine auffallende Gleichartigkeit der Entwicklung in petrographischer und faunistischer Hinsicht. Was letzteren Punkt betrifft, so sind zwar größere örtliche Unterschiede zu erkennen, insofern ein lagenweise massenhaftes Auftreten der bezeichnenden Fossilien mit Petrefaktenarmut anderer Bänke wechselt; diese Unterschiede wiederholen sich aber in mehr oder weniger ähnlicher Weise durch das ganze Gebiet. Auch mit der Gesteinsausbildung ist es so, daß die an einem Orte sichtbaren Verschiedenheiten in anderen Gebietsteilen in derselben Art wiederkehren, so daß die Entwicklungsart der Formation als Ganzes über weite Strecken hin gleich bleibt.

Solche Umstände weisen auf einheitliche physisch-geographische Verhältnisse hin. Man hat es bei den oberen Kreidekalken in Dalmatien mit Ablagerungen eines küstennahen offenen Meeres zu tun, in welchem sehr gleichartige, oder doch überall innerhalb ganz gleicher Grenzen etwas schwankende Lebensbedingungen herrschten. Bei dieser Sachlage schiene es seltsam, daß sich nur an relativ wenigen Stellen die Vorbedingungen für eine Erdölbildung eingestellt hätten. Das Fehlen regionaler

Wechsel der Gesteinsfazies spricht ganz dagegen, daß sich in einzelnen abgeschnürten Meeresteilen eine besonders reiche Lebewelt entwickelt hätte oder daß an einzelnen räumlich beschränkten Plätzen etwa infolge des Einbrechens von Süßwasser und Absatz fluviatiler Sinkstoffe ein besonders massenhaftes Sterben eingetreten wäre.

Man kann so die Erscheinung, daß die Zahl der eingeschlossenen versteinerten Tierreste in den asphaltführenden Kalklagen keine merkliche durchschnittliche Verschiedenheit gegenüber jener in den asphaltfreien Regionen zeigt, nicht dahin deuten, daß an den sehr fossilreichen Orten auch schon ein weitgehender Petrefaktenschwund infolge Auflösung der kalkigen Tierschalen durch die bei der Bitumenbildung entwickelte Kohlensäure stattgefunden hätte. Der Mangel regionaler lithologischer Fazieswechsel, die auf besondere, vom Durchschnitte abweichende, sehr günstige Daseinsbedingungen in einzelnen Teilen des Gebietes weisen würden, schließt aber auch die Annahme aus, daß das Material für die Bitumenbildung von Meerestieren stamme, die in solchen vereinzelt Teilgebieten gelebt, aber mangels kalkiger oder kieseliger Skeletteile überhaupt gar keine versteinierungsfähigen Reste hinterlassen hätten. Die erwähnte Unabhängigkeit der Asphaltführung von der Fossilführung beweist aber dann zugleich, daß der im großen Durchschnitt (abgesehen vom Wechsel fossilreicher und fossilärmer Bänke) gleichmäßig verteilte und gleichartige animalische Inhalt der oberen Kreidekalke Dalmatiens nicht in einzelnen Teilgebieten allein oder in sehr erhöhtem Maße zur Bitumenbildung herangezogen wurde. Wenn jene asphaltführenden Kalke schon die Ursprungsstätten des Bitumens wären, sollte man ja, im Hinblick auf die erwähnte Wirkung der Kohlensäure erwarten, daß jene Kalke im Durchschnitte versteinungsärmer als die asphaltfreien Kalke wären.

Ein zweiter Umstand, welcher gegen die Auffassung der soeben genannten Kalke als primärer Erdölhorizont spricht, ist die Art ihrer Petrefaktenführung. Die sehr bezeichnenden Versteinungen der oberen Kreideschichten ganz Dalmatiens sind die als Rudisten bekannten dickschaligen Tierreste, über deren systematische Stellung die Palaeontologen lange sehr verschiedener Meinung waren, bis die Ansicht durchdrang, daß man es mit asymmetrischen, sehr ungleichklappigen Muscheln zu tun habe. Sie sind in den drei großen Formengruppen der

Sphäroliten, Radioliten und Hippuriten vertreten, von denen die letztgenannten sich auf die obersten Schichten beschränken.

Die in den oberen Kreideschichten ganz Dalmatiens vorherrschenden Arten dieser Tiere waren bei ihrer im Vergleich zur Schalendicke nicht bedeutenden Körperfülle zur Erzeugung großer Fett- und Eiweißmassen kaum geeignet. Allerdings konnte dieser Umstand durch die Massenentwicklung etwas ausgeglichen sein. Neben Rudisten finden sich noch spärliche flache Muscheln und Schnecken. Daß noch andere Tiere mit Kalkschalen oder Kalkskeletten, so besonders Kopf- und Armfüßler und Knochenfische das Rudistenmeer bevölkert hätten, ist nicht anzunehmen, da sich von solchen Tieren keine Spur vorfindet.

Die schon erwähnte sehr bedeutende Verbreitung des Rudistenkalkes in Dalmatien ließ es stets das eifrige Streben der in diesem Lande aufnehmenden Geologen sein, eine stratigraphische Gliederung jenes Kalkes zu erzielen, nicht etwa in dem Wunsche, den Schönheitsfehler der Eintönigkeit des Kartenbildes zu vermeiden, sondern in der Absicht, eine bessere Erkenntnis des Gebirgsbaues zu gewinnen. So wurde der Feststellung der Petrefaktenführung des Rudistenkalkes — wenn auch ohne den erwarteten Erfolg — große Aufmerksamkeit geschenkt und da hätte ein auch nur ganz spärliches Auftreten von Ammoniten oder Fischen der Entdeckung nicht zu entgehen vermocht. Daß gerade die Reste dieser Tiere der Auflösung durch die bei der Erdölbildung entwickelte Kohlensäure gänzlich unterlegen wären, während doch die Gehäuse der Rudisten in sehr großer Zahl erhalten blieben, schiene nicht verständlich.

An dritter Stelle ist unter den Umständen, welche gegen die Auffassung des Rudistenkalkes als eines primären Erdölhorizontes sprechen, die Form eines Teiles der Bitumenvorkommen in diesem Kalke zu erwähnen. Manche dieser Vorkommen sind nur Spaltenfüllungen. Sie stehen nicht mit von Bitumen imprägnierten Schichten in Verbindung, die man wohl als primäre Lagerstätten deuten könnte, von denen aus eine Infiltration der Nachbarschaft erfolgt wäre. Daß es sich bei jenen Infiltraten um eine Konzentration von im Rudistenkalke gleichmäßig verteilt gewesenem Bitumen durch eine Art von horizontaler Migration handeln könnte, ist ganz auszuschließen. Ebenso ließe sich die Annahme nicht begründen, daß ein primärer Ölgehalt des oberen Kreidekalkes schon größtenteils in jüngere Schichten

ausgewandert sei. Man müßte dann Asphaltvorkommen im Tertiär weit häufiger als dies der Fall ist antreffen. Auch müßte man — entgegen den tatsächlichen Verhältnissen — nachweisen können, daß dort, wo sich Asphaltlager finden, die ihrer Form nach als primäre gedeutet werden könnten, ungestörte Schichtlage und ein völliger Mangel an Gesteinsklüften vorhanden sei; sonst bliebe es rätselhaft, wieso das ursprünglich gebildete Öl gerade nur in räumlich beschränkten Gebietsteilen an seinem Aufstiege in jüngere Schichten gehemmt worden wäre. Wo ungleichmäßige Bedingungen für das Empordringen irgend welcher Stoffe walten, verhält es sich meist so, daß einzelne tektonisch vorgezeichnete Stellen oder Zonen erhöhter Durchgängigkeit vorhanden sind, nicht aber umgekehrt so, daß sich innerhalb einer großenteils zerrütteten Gebirgsmasse kleine inselförmige Gebiete mit mangelnder Durchlässigkeit erhalten.

Aus dem bisher Gesagten geht hervor, daß man es nicht mit Aussicht auf Erfolg versuchen könnte, die Asphaltlagerstätten in den oberen Kreidekalken von Dalmatien als primäre hinzustellen. Man sieht sich so dazu veranlaßt, bei diesen Vorkommen nach der Ursprungsstätte des Asphalts in älteren als den von ihm durchdrungenen Schichten zu suchen. In Anbetracht der stets an erster Stelle zu erwägenden animalischen Herkunft des Asphalts ist es am Platze, hiebei zunächst auf das Vorkommen von marinen Tierresten sein Augenmerk zu richten. Dies scheint allerdings aus zwei im Vorigen schon berührten Gründen nicht zu einem sicheren Ergebnisse zu führen.

Zunächst ist mit der Möglichkeit zu rechnen, daß die Meerestiere, aus deren Leibern sich das in Asphalt umgewandelte Erdöl bildete, solche waren, die sich mangels eines aus Kieselsäure oder kohlensaurem Kalk bestehenden Gerüsts überhaupt nicht in versteinertem Zustande erhalten konnten. Falls das dann gebildete Bitumen in noch leicht beweglichem Zustande seine Ursprungsstätte ganz verlassen hätte, wäre es dann denkbar, daß der Asphalt aus Schichten stammt, die fossilleer sind und sich als seinen ersten Bildungsort in keiner Weise verraten. Aber auch dann, wenn das Bitumen aus Tieren mit Kalkschalen entstand, könnte es sein, daß sich die Ursprungsstätte des Asphalts wegen Fossilmangel nicht als solche zu erkennen gibt, da ja bei der Bildung des Erdöles Kohlensäure frei wurde, welche die Kalkschalen aufzulösen vermochte.

Es wäre aber doch sehr unwahrscheinlich, daß durch einen solchen Vorgang die Gesamtheit der verkalkten Reste einer Meerestierwelt ganz verschwunden wäre und in Höfers Fundamentalwerk über das Erdöl werden in der Tat viele Fälle erwähnt, in denen auch versteinungsreiche Schichten sehr bitumenführend sind, so die erdölführenden Schichten Schwabens, Westdeutschlands, Galiziens, Böhmens, jene im Kubandistrikt, in Kanada u. a. m. Unter diesen Umständen ist es dann doch naheliegend, bei dem Suchen nach der Ursprungsstätte des dalmatischen Asphalts die Fossilführung der als solche Stätte zu erwägenden Schichten zu beachten.

Das Liegende des oberen Kreidekalkes (Rudistenkalkes) in Dalmatien sind zumeist lichtgraue, sandige und weiße zucker-körnige Dolomite, die — abgesehen von ihren obersten Bänken in denen man oft radial gerippte Austern trifft — fossilifer sind und sich allem Anscheine nach auch schon in wenig oder nicht bewohnten tieferen Meeresteilen bildeten. Sie kommen so als primäre Asphaltlagerstätte wohl nicht in Betracht. Ihre Unterlage wird durch einen hellgrauen, etwas nach Bitumen riechenden, gut geschichteten Kalk gebildet, welcher ziemlich spärliche Muschel- und Schneckenreste (Chamiden und Nerineen) führt. Hier scheint es, daß die Vorbedingungen für eine Ansammlung der in den Tierkörpern enthaltenen Fettstoffe nicht gegeben waren, sich aber das Bitumen äußerst fein in der gesamten Schichtmasse verteilte. Bei dieser Sachlage kann man auch den grauen Kreidekalk (Chamidenkalk) nicht als den Ursprungsort des in die weißen oberen Kalke eingewanderten Erdöles ansehen.

Auch die beiden, unter jenem grauen Kalke noch folgenden Schichtglieder der dalmatischen Kreide, ein weißer, dem Rudistenkalk ähnlich sehender, feinkörniger bis dichter, zum Teil oolithischer Kalk und ein ihn unterteufender Dolomit, der dem bereits erwähnten oberen Dolomite in den lithologischen Eigenschaften nahe steht, können nicht die gesuchten Schichten sein. Der oolithische Kalk ist völlig frei von bituminösen Stoffen und so ein Vertreter jener Kalke, von denen man annimmt, daß sie unter Verhältnissen entstanden, bei denen für die Produkte der Zersetzung der in ihnen enthaltenen animalischen Stoffe ein Entweichen möglich war. Der untere Kreidedolomit Dalmatiens ist aber aus denselben Gründen, welche für den oberen Dolomit gelten, als primärer Erdölhorizont abzulehnen.

Anders liegen die Dinge, wenn man bei der Suche nach diesem Horizonte in der geologischen Schichtreihe um noch eine Stufe hinabsteigt. Man kommt dann zu den Schichten der obersten Juraformation und diese zeigen in Dalmatien einen Fossilinhalt und eine Ausbildung, die sie sehr wohl dazu berechtigt erscheinen lassen, als eine ursprüngliche Bildungsstätte von Bitumen zu gelten. Diese nach ihrem Vorkommen auf dem Lemeßberge zwischen Dernis und Verlicca als Lemeßschichten bezeichneten Gesteine enthalten Reste von Fischen und Ammoniten, also von Tieren, die zufolge reichlicher Entwicklung von Weichteilen für die Lieferung von Fett- und Eiweißstoffen als Bildungsmaterial für Erdöl weit mehr geeignet waren als die an Fleisch nur unergiebigem dickschaligen Rudisten im Mittelmeere der oberen Kreidezeit. Die Ammoniten der Lemeßschichten gehören meist solchen Arten der vielverbreiteten Gattungen *Oppelia* und *Perisphinctes* an, welche für die untere Tithonstufe bezeichnend sind. Dann treten aber auch Formen auf, die annehmen lassen, daß die Lemeßschichten bis an die untere Grenze der Kreideformation hinanreichen. Das Fehlen typischer Ammoniten des oberen Tithons weist unter diesen Umständen auf den Bestand eines abgeschlossenen Meeresbeckens hin, in welchem sich keine Gelegenheit zum Einwandern neuer Arten bot. Auch die fast stets zweischalige Erhaltung der mit den Ammoniten gleichzeitig vorkommenden Aptychen deutet auf ein ruhiges Meer.

Die petrographische Beschaffenheit der Lemeßschichten und ihre Beziehung zu gewissen anderen im mittleren Dalmatien zwischen der Jura- und Kreideformation auftretenden Gesteinen läßt erkennen, daß dieses gegen die Hochsee abgeschlossene Becken eine von Korallenriffen umgebene Lagune war. Die unteren Lemeßschichten sind vorwiegend in sehr dünne ebenflächige Platten spaltende Kalke von sehr feinem Korn in wiederholtem Wechsel mit dünn-schichtigen, bröckligen Hornsteinbänderkalken. Man erkennt, daß sowohl betreffs der Fauna als auch in bezug auf die Gesteinsbeschaffenheit eine Ähnlichkeit mit den bekannten lithographischen Schiefen von Solnhofen besteht, die als Typus einer Lagunabildung gelten. Nur scheinen die dalmatischen Lagunen landferner gewesen zu sein, da in den Lemeßschichten Spuren von Insekten fehlen.

Das erwähnte Vorkommen von noch anderen Gesteinen in der oberen Grenzzone des dalmatischen Jura ist das von weißen,

massigen, korallenführenden Kalken. Sie wurden mehrorts dort gefunden, wo die Lemeschichten fehlen und dies ließ den Schluß zu, daß die Korallenkalke und die fischführenden Plattenkalke gleichalterige Bildungen seien. Eine Bestätigung ihrer Richtigkeit fand diese Folgerung, als es gelang, im Svilajagebirge diese beiden Gesteinsfazies in gegenseitiger Verzahnung anzutreffen.

Von Korallenriffen eingeschlossene Lagunen sind nun aber gerade jene physischen Verhältnisse, welche dort bestehen, wo die für den animalischen Ursprung des Erdöles am entscheidendsten sprechenden Tatsachen festgestellt wurden: am Djebel Zeit im Roten Meere, wo O. Fraas und Sickenberger die in vielen Lehr- und Handbüchern erwähnte Beobachtung gemacht haben, daß die in der Lagune absterbenden Tiere in eine Art Erdölgärung übergehen und das so entstehende Öl von dem porösen Riffkalk aufgesaugt wird. Das von Marthe Furlani bei ihrer palaeobiologischen Betrachtung der Ammonitenfauna des Lemes gewonnene Ergebnis, daß die Lebensbedingungen in der Lagune keine günstigen waren, bezieht sich darauf, daß empfindliche Typen nicht zu gedeihen vermochten. Dies läßt annehmen, daß, da für diese Typen ein Auswandern wohl nur in beschränktem Maße möglich war, in der Lemeslagune zeitweilig ein großes Sterben eintrat, ohne daß jedoch eine Entvölkerung und mit ihr ein sehr baldiges vorzeitiges Versiegen der tierischen Fettquellen für die Erdölbildung die Folge war, da ja anpassungsfähige Ammonitenformen, wenn auch nicht in großer Artenfülle, so doch in großer Individuenzahl fortleben konnten.

Erwägt man, daß das Vorkommen sandiger Kalke in den Lemeschichten auf eine Verunreinigung der reinen Kalkabsätze durch von einem Festlande zugeführte Sinkstoffe weist, und so für die Lemeslagune auch die notwendige Vorbedingung einer Erdölbildung, die Überdeckung der Tierleichen mit Schlamm, als erfüllt betrachtet werden darf, so ergibt sich, daß in dem heute von Dalmatien eingenommenen Gebiete zu Ende der Jurazeit besonders günstige Verhältnisse für eine reichliche Entstehung von Bitumen gegeben waren. Man darf wohl auch vermuten, daß zur Tithonzeit in Dalmatien noch ein heißes Klima herrschte, das in subtropischen Breiten nur ein fast wolkenloses sein konnte, bei welchem das Verfaulen der Tierleichen durch kräftige Besonnung sehr gefördert wurde, so daß sich auch in

diesem Punkte für die Lemeslagune eine große Ähnlichkeit der Verhältnisse mit jenen am Djebel Zeit annehmen läßt.

Daß die Lemeßschichten keineswegs als fossilreiche Ablagerungen zu bezeichnen sind, Fischreste in ihnen sogar nur selten angetroffen werden, kann kein Einwand gegen die eben ausgesprochene Ansicht sein. Die der Beobachtung zugänglichen Fossilien einer Schichtmasse stellen ja stets nur die in einer einzigen der durch diese Masse legbaren fast unzähligen Flächen gelegenen Einschlüsse dar und dann kann ja ein großer Teil der Fischskelette und Ammonitenschalen durch die bei der Umwandlung der Tiersubstanzen in Erdöl gebildete Kohlensäure aufgelöst und so zum Verschwinden gebracht worden sein.

Die vorigen Feststellungen sollen aber nicht davon abhalten, die hier versuchte Prüfung der Gesteinsschichten Dalmatiens in bezug auf die Möglichkeit, als Ursprungsstätte für die Asphalte dieses Landes in Betracht zu kommen, auch noch auf die Schichtglieder vortithonischen Alters auszudehnen. Das Liegende der Lemeßschichten sind korallenführende graue Kalk- und Dolomitgesteine, deren Bitumengehalt mit ihrer Fossilführung in Beziehung gebracht werden kann. Die mittlere Juraformation vertreten fast fossilieere, dunkle Kalksteine und Dolomite, die einen mäßigen Bitumengehalt zeigen. Im Lias treten Zonen auf, die mit jenen scherbzig zerfallenden krystallinen Kalkmassen dicht erfüllt sind, deren tierische Herkunft angezweifelt wurde, die man aber jetzt als große Austernschalen unter der Gattungsbezeichnung *Lithotis* anzusehen geneigt ist. Diese Liaszonen hätten wohl auch die Stätten der Anhäufung großer Mengen von animalischen Stoffen sein können. Innerhalb der nur in beschränktem Maße aufgeschlossenen Triasformation jener Gebiete von Dalmatien, deren jüngere Schichten asphaltführend sind, treten mehrere fossilführende Schichtglieder auf, unter denen als Zeugen der Entfaltung einer reichen, aus Kopffüßlern, Schnecken und Muscheln zusammengesetzten Tierwelt hier die dunklen plattigen Wengener Schichten und die grauen Schieferkalke der oberen Werfener Schichten zu erwähnen sind.

Wenn man den Fossilinhalt eines geologischen Horizontes mit der Asphaltführung eines jüngeren Schichtgliedes in ursächliche Beziehung bringen will, scheint es zunächst am Platze, nachzusehen, ob jener ältere Horizont selbst noch bitumenführend ist, da es, wenn auch möglich, so doch nicht wahrscheinlich

wäre, daß der Ölgehalt einer primären Lagerstätte gänzlich ausgewandert sein sollte und sich diese nun als völlig bitumenfrei erwiese. Dann muß man auch den Nachweis führen, daß sich zwischen den als Lieferant und den als Empfänger des Erdöles in Betracht zu ziehenden Horizont keine undurchlässige Schichte unter tektonischen Verhältnissen einschalte, die einer Überwanderung leichtbeweglicher Kohlenwasserstoffe Halt geboten hätte.

Was die Bitumenführung anbelangt, so ist diese bei den Lemeßschichten, welche nach dem vorigen zunächst als mutmaßliche Ursprungsstätte der dalmatischen Asphalte in Betracht kommen, nun allerdings eine sehr geringe. Man hat es da größtenteils mit weißlichen und gelblichen, dünnplattigen bis bankigen bitumenfreien Kalksteinen zu tun. Auch die eingeschlossenen Petrefakten sind zumeist als rein kalkige Steinkerne oder als Hohlabdrücke in der lichten Farbe des Gesteines anzutreffen. Nur selten treten bräunliche, stark bituminös riechende Lagen auf und nur ganz ausnahmsweise findet man grau oder braun gefärbte Abdrücke von Ammoniten. Es gilt dies ebensowohl vom Aufbruche von Tithonschichten am Lemeßberge selbst als auch von den weiter süd- und ostwärts beiderseits der Svilaja planina gelegenen Tithonvorkommen.

Man sieht sich so — will man den Asphalt im Rudistenkalk der oberen Kreideformation Dalmatiens aus den Tithonschichten ableiten — in der Tat dazu gedrängt, die vorhin als zwar möglich, aber nicht wahrscheinlich bezeichnete Annahme zu machen, daß da die primäre Lagerstätte ihren Ölgehalt durch Abgabe nach oben hin schon größtenteils verloren habe. Als Ursache dieser Erscheinung muß man eine starke Durchsetzung der ursprünglich ölführend gewesenen Schichtmasse mit Klüften und Sprüngen annehmen.

Die unteren Lemeßschichten sind aber nicht karstbildende Gesteine und weisen kein von Wasser erfülltes weitmaschiges Kluftnetz auf, wie es für die Kalke der oberen Kreideformation bezeichnend ist. Ja jene Schichten zeigen Geländeformen, wie man sie bei Undurchlässigkeit des Bodens trifft; eine reichliche Zertalung durch kleine vielverzweigte Gräben und Furchen. Diese ist hier allerdings nicht der Ausdruck mangelnder Durchlässigkeit. Die Lemeßschichten sind fast quellenlos und das von ihnen eingenommene Gebiet ganz ohne ständige Bäche. Die reichliche Grabenbildung ist hier nur die Folge des Auffallens

heftiger Gußregen auf ein stark zerbröckelndes Gestein. Die weitgehende Zertrümmerung ist hier aber eine oberflächliche Erscheinung; in der Tiefe kann man, soweit die Gesteinsbeschaffenheit in Frage kommt, nur ein engmaschiges Netz von feinen Sprüngen erwarten.

Die reichliche Durchsetzung der Karstkalke mit Höhlungen und Klüften ist nun aber nicht allein die Folge der Auflöslichkeit des Kalkes durch die kohlenensäurehaltigen Wässer, welche in die an der Oberfläche des Gesteines entstehenden Ritzen und Fugen dringen, sondern auch durch die mit gebirgsbildenden Vorgängen sich verknüpfende Zerrüttung der gesamten Schichtmassen bedingt. Man kann annehmen, daß bei gleicher lithologischer Beschaffenheit und bei Gleichheit der Einwirkungen vonseiten der Atmosphäre ein ungestört gelagerter Kalk ein weniger dichtes Kluftnetz aufweist als ein stark gefalteter. Von tektonischer Durchbewegung sind nun aber gleich den karstbildenden Kalken in Dalmatien auch die unteren Lemeßschichten stark betroffen worden. Ihre Vorkommen stellen sich als unregelmäßige, von Verwerfungen durchschnittene Aufbrüche dar. Zumal am Lemeßberge selbst sind große Störungen nachweisbar. Unter diesen Umständen läßt sich annehmen, daß auch die eben genannten Schichten bis tief hinein eine Lockerung erfuhren, die einen reichlichen Austritt von in ihnen angesammelten Erdölmengen ermöglichte.

Das Vorkommen starker Lagestörungen der Schichtmassen muß auch herangezogen werden, um die Möglichkeit einer Überwanderung des Erdöles aus den Tithonschichten in den oberen Kreidekalk glaubwürdig darzutun. Wie bei der Suche nach dem primären Horizonte der Bitumenlager im Rudistenkalke schon besprochen wurde, weist die kretazische Schichtfolge in Dalmatien zwei Dolomitstufen auf, einen oberen Dolomit zwischen dem Rudisten- und Chamidenkalke und einen unteren, der den Liegendkalk dieses letzteren Kalkes von den Tithonschichten trennt. Die Verhältnisse der Durchlässigkeit bei den küstenländischen Dolomiten wurden seitens der Karsthydrographen zum Gegenstande eingehender Untersuchungen gemacht.

Das Ergebnis derselben war, daß diesen Dolomiten in mehrfacher Hinsicht eine Art Mittelstellung zwischen durchlässigem und undurchlässigem Gesteine zukommt. Sie zeigen zertalte Landschaftsformen, ohne daß es aber in den in sie eingetieften

Gräben zu einer länger anhaltenden Wasserführung käme, wie sie in den reichverzweigten Runsten der reinen Mergel- und Tonschiefergebiete platzgreift. Zum Auftreten von Quellen kommt es in diesen Dolomiten und dort, wo sie unter für eine Quellbildung geeigneten Bedingungen an Kalke stoßen, ziemlich selten; dagegen lassen sich in ihnen Brunnen anlegen, was sich im Bereich der karstbildenden Kalke als untunlich erweist. Als Ursache dieses mittleren Verhaltens in bezug auf Wasserführung wurde eine starke Lockerung der oberflächlichen Verwitterungsschichten bei ziemlich lückenlosem Gefüge der tiefer liegenden Gesteinsmassen erkannt. Sie ist zugleich die Ursache davon, daß sich die Stellung des Dolomites in der Reihe, deren Endglieder Kalk und Tonschiefer bilden, mit wachsender Regenmenge verschiebt. Geringe Wassermengen vermögen in den Dolomit einzudringen; er spielt dann die Rolle einer durchlässigen Gesteinsart und tritt in Gemeinschaft mit dem Kalke in Gegensatz zu den tonigen Gesteinen. Für die gewaltigen Wassermassen heftiger Regengüsse ist die Aufnahmefähigkeit des Dolomites aber nicht ausreichend; er verhält sich dann wie ein undurchlässiges Gestein und stellt sich zusammen mit den Schiefertönen und Mergeln zum Kalke in Gegensatz.

Nach dem hier Gesagten wird man die Dolomite in der küstenländischen Karstkreide wohl nicht als Gesteine ansehen können, die ein aufwärts strebendes Erdöl leicht zu durchwandern vermocht hätte. Unter mittleren Verhältnissen würde ein in den Tithonschichten gebildetes Öl bestenfalls den diese Schichten überlagernden Dolomit durchtränkt haben. Man müßte es aber fast als ausgeschlossen erachten, daß es ihn nach oben hin restlos wieder hätte verlassen können, dann — in einer klüftigen Kalkzone keine größeren Hemmnisse für ein weiteres Empordringen findend — noch eine zweite Dolomitlage gequert hätte, um erst im Spaltenetze eines diese letztere überlagernden Kalkes seinen Aufstieg zu beenden. Soweit die petrographischen Verhältnisse in Frage kommen, wird da die Schwierigkeit, für die Asphalte im dalmatischen Rudistenkalke die fischführenden Lemeßschichten als primäre Bildungsstätte anzusehen, nur dadurch herabgemindert, daß es sich bei den in Rede stehenden Gesteinen zum Teil um dolomitische Kalke handelt, die dann allerdings weniger schwer durchlässige Zwischenlagen des kluffreichen reinen Kalkgebirges sind, sowie dadurch, daß der obere Kreide-

dolomit in einem Teile des Gebietes durch karstbildenden Hornsteinkalk ersetzt ist, der naturgemäß auch keinen für Erdöl und Wasser schwer durchgängigen Bestandteil der Schichtfolge bildet. Doch ist die Basis dieses hornsteinführenden Kalkes nirgends bloßgelegt und es so nicht ganz sicher, ob im Gebiete seines Vorkommens bis zum Hangenddolomit der Plattenkalke des Tithon hinab sich gar keine Dolomiteinschaltung findet.

Man wird so die in mäßig stark gefaltetem und von Bruchlinien durchkreuztem Kalkgebirge allgemein auftretenden Gefügelockerungen noch nicht als jene Umstände betrachten, die in Dalmatien einen Aufstieg von Bitumen aus den Tithonschichten in den oberen Kreidekalk ermöglichten. Es können nur sehr starke Schichtenstörungen, welche den Zusammenhang der den Durchtritt des Erdöles hemmenden Zwischenlagen der kretazischen Gesteinsfolge stellenweise ganz unterbrechen und aufheben, und mit ihnen eng verknüpfte völlige Zerrüttungen einzelner Gebirgsteile als Vorbedingungen für jenen Aufstieg in Betracht kommen. Solche Äußerungen heftigster Gebirgsbewegung sind naturgemäß auch in gefalteten und von Bruchlinien zerstückten Gegenden auf einzelne Zonen oder Stellen beschränkt. Die Herleitung der Asphaltlager im dalmatischen Rudistenkalke aus den Lemeschichten, bzw. ihre Deutung als Vorkommen an zweiter Stätte findet so auch aus dem eben genannten Grunde in der relativen Seltenheit jener Lager eine Stütze. Zu einem kräftigen Argumente für die Wanderungshypothese kann die ungleichmäßige Verteilung und Spärlichkeit der besagten Asphaltvorkommen aber nur werden, wenn sich nachweisen läßt, daß jene Vorkommen in der Tat in Störungszonen erster Ordnung liegen. Diese Beweisführung erweist sich nun als möglich.

Aus dem großen Bündel von dinarisch streichenden Schichtwellen, welches den Ostsäum der Adria begleitet, hebt sich eine Zone besonders starker Faltung heraus. Sie ist durch das Auftreten mächtiger Schichtgewölbe und eng zusammengepreßter Faltenzüge gekennzeichnet und ein wichtiges Glied im tektonischen Bilde. Orographisch tritt diese Zone als ein steil aufragender Gebirgszug in Erscheinung, der in seinem hohen südlichen und mittleren Teile als Biokovo und Mosor der dinarisch streichenden Festlandsküste folgt und sich dann abflachend und gegen West gekehrt als Opor und Vilaja in das Ufergelände südlich von der Kerkamündung ausstreicht.

Man kann sich vorstellen, daß der außerordentlich starke Zusammenschub, den hier die Schichten erlitten, zu einem Fehlbetrag an Masse in der landeinwärts gelegenen Nachbarzone führte, daß es dort zu einer Auseinanderzerrung der Gesteine und, wenn deren Zugfestigkeit überschritten wurde, zu einem Aufreißen von Spalten kam. Die festländischen Asphaltvorkommen im dalmatischen Rudistenkalke ordnen sich nun größtenteils in der Tat in einer Reihe an, die der Nordostseite der vorgenannten Faltenzone folgt. Sie wird durch die Fundorte Vergorac, Koziaca und Zupa, Dolac, Radosić, Prgomet und Suhidol aufgezeigt. Man hätte sich sonach vorzustellen, daß entlang dem Nordostfuße der genannten Faltenketten die Möglichkeit des Aufsteigens leicht beweglicher Stoffe aus der Tiefe in erhöhtem Maße bestand und daß die Anordnung der Asphaltlager längs der Nordostseite jener Ketten mit dem eben genannten Umstände in Beziehung steht. Hochgradige Gebirgsbewegungen lösen Reaktionen aus. Sehr heftiger Zusammenschub muß mit der Zeit zu Erscheinungen der Wiederausdehnung und Rückfaltung führen. Bei dieser kann es dann zu einer Überschiebung der Schichtdecken der Nachbarschaft über die in zur ursprünglichen Schubrichtung rückläufig sich bewegenden Massen kommen.

Tektonische Befunde, welche in dieser Art zu deuten sind, lassen sich auf der Landseite des Biokovo und Mosor mehrorts feststellen. Bemerkenswert ist hier besonders die Überschiebung im Hinterlande des Ostmosor, deren Hangendflügel aus Rudistenkalk sich von kleinen Fensterchen durchlöchert zeigt, in denen Flyschmergel und zum Teil auch alteoazäne Kalke erscheinen, die man als Reste eines ganz zerquetschten und zerrissenen Mittelflügels erkennt. Auch die große Überschiebung der kretazischen Kalkmassen des Koziak auf das in Steilfalten gelegte Flyschland am Nordufer des Canale Castelli sei hier angeführt. Die Aufschiebung von Schichtdecken der Nachbarschaft auf im Zustande der Rückfaltung begriffene Massen konnte zu einer Wiederverlegung der bei der vorausgegangenen Schichtzerrung aufgerissenen Spalten führen. Es waren so keineswegs längs des ganzen Außenrandes der stark gefalteten Zone Verbindungswege nach der Tiefe zu offen und es ist so die vorhandene Beschränkung der Asphaltvorkommen auf einzelne Stellen jenes Randes zugleich eine sich naturgemäß ergebende Erscheinung, wenn ein Aufstieg des Bitumens aus den Tithonschichten in den oberen Kreidekalk stattfand.

Die Schichtstörungen, welche man an den dalmatischen Asphaltfundstätten trifft, stellen sich zum Teil wohl nur als solche von beschränktem Umfange dar. Es sind kleine Knickfalten, Schleppungen und Verwürfe. Man könnte sich nicht leicht vorstellen, daß sie als solche bis in große Tiefen setzen und muß wohl annehmen, daß sie gegen unten zu durch andere, ihrer Form nach nicht erkennbare Lagestörungen abgelöst werden und nur der Ausdruck für die Art und Weise sind, in welcher die obersten Schichten auf Druck und Schub reagierten.

Durch das Gebundensein der Asphaltlagerstätten an Zonen stärkster Störung läßt sich auch eine Eigentümlichkeit erklären, die sonst sehr gegen die Wanderungshypothese spräche, das Fehlen solcher Lagerstätten im Chamidenkalke, dort wo er selbst in großer Ausdehnung unter dem Rudistenkalk zutage tritt. Es handelt sich da — wenigstens der Hauptsache nach — zugleich um Regionen flachwelliger, wenig gestörter Schichtlage. Im Liegenden des großenteils in steile Falten gelegten oder dachziegelförmig zusammengeschobenen Rudistenkalkes dürfte ja auch der Chamidenkalk energischer durchbewegt sein. Dann kann man die Asphaltvorkommen im Rudistenkalke doch auch als die Ausläufer von Infiltraten deuten, welche sich durch die tieferen Kreideschichten bis zu den Fischeschiefern des Tithons hinab fortsetzen.

In dem Geländestreifen, welcher die wiederholt genannte Zone stärkster Faltung nordostwärts besäumt, treten auch schmale Züge von eozänen Kalken und Mergeln auf. Ihr Erscheinen ist teils an Schichtmulden, teils an Faltenverwerfungen geknüpft. Diese Eozäneinschaltungen sind fast durchwegs bitumenfrei. Dies mag zunächst damit zusammenhängen, daß ihr Areal gegenüber dem des sie umschließenden Rudistenkalkes sehr zurücktritt, so daß es den Gesetzen der Wahrscheinlichkeit entspricht, wenn das Bitumen bei seinem Aufstiege fast stets in diesen letzteren Kalk eindrang. Man könnte aber auch den Umstand geltend machen, daß die Kreidekalke als die Bildner der Faltensättel durchschnittlich eine etwas größere Höhenlage einnehmen als die in Schichtmulden liegenden Eozängesteine. Dieser Hinweis würde in der Annahme erfolgen, daß bei der Verbreitung des Bitumens ein der Antiklinaltheorie entsprechendes Verhalten zu erwarten sei. Auf ein solches wäre in einem Karstgebiete aber nur dann zu rechnen, wenn ein allgemeiner Zusammenhang der

Kluftnetze im Kalkgebirge bestünde. Ein solcher wurde — wie bekannt — von A. Grund bei Aufstellung seiner Karstwasserhypothese angenommen, von anderen Hydrologen aber geleugnet und von seinem Verfechter später auch nur mehr mit Einschränkungen als gegeben erklärt. Er besteht tatsächlich nicht und so kann die Neigung des Erdöles, in die höchstgelegenen Teile des Geländes aufzusteigen, bei der Bevorzugung des Kreidekalkes gegenüber den eozänen Schichten in bezug auf die Bitumenführung keine Rolle gespielt haben.

Gleich dem Nordwestrande der schon wiederholt genannten Küstenketten ist auch ihr Südwestsaum eine Störungszone. Hier ist der Gegensatz zwischen den beiden sich berührenden Gebietsteilen besonders scharf, indem sich an die steil emporgepreßten Faltenzüge eine Zone mit breiten flachen Schichtaufblähungen reiht. Dieser gehören die Insel Brazza, die Insel Solta und die beiden Zironainseln an. Eine nähere Erkenntnis der tektonischen Verhältnisse im Grenzgebiete zwischen den Zonen starker und schwacher Faltung bleibt jedoch größtenteils verwehrt, da dieses Gebiet von den die Küstenkette und Inselvorlagen trennenden Meeresskanälen bedeckt ist, dem Canale della Brazza und dem Canale di Spalato.

Nur ganz im Westen taucht dieses Gebiet hervor und stellt sich dort als ein in mehrere aufeinander geschobene Schuppen aufgelöstes Karstland dar. Man kann aber annehmen, daß auch unter den beiden vorgenannten Kanälen in Schollen zerstücktes Land liegt und daß besonders die Umknickung des Schichtstreichens am Nordende des Biokovo mit einer stärkeren Zerrüttung der südwestwärts anschließenden Gesteinszonen verbunden ist. Mit einer solchen stünden dann die Asphaltvorkommen im Nordostteile der Insel Brazza in Beziehung. Weit im Westen liegen in der in Rede stehenden Störungszone die asphaltführenden Kalke von Mandoler.

Für die Asphalte von Brazza wäre, insoferne man auch sie als auf sekundärer Lagerstätte auftretende ansieht, ein etwas anderer Ursprungsort als wie für die Asphalte im Rudistenkalke des dalmatischen Festlandes in Betracht zu ziehen. Die Formationsentwicklung unterhalb der Oberkreide weicht im Bereiche der mitteldalmatischen Inseln von jener im nordwärts anstoßenden Festlandsgebiete in mehrfacher Hinsicht ab. Auf Brazza selbst sind unter dem Radioliten führenden Kalke Hornsteinkalk und

Caprotinenschichten aufgeschlossen, wogegen das festländische Dolomiteniveau der Oberkreide zu fehlen scheint. Doch treten sandige Dolomite als Einschaltungen im Radiolitenkalk auf. Auf Lesina zeigt sich ein dem Festlande völlig fremdes Schichtglied innerhalb der Unterkreide, ein mergeliger Kalk mit Pflanzenresten, meist stark verkohlten Zweigen von Koniferen, und ein den Lemeßschichten ähnlicher Plattenkalk mit Abdrücken von Sauriern und Fischen. Der fischführende Horizont auf Lesina ist aber jüngeren Alters als jener am Lemeßberge. Er wird ohne Zwischenschaltung von Chamidenkalken von Rudisten führenden Kalken überlagert und enthält Reste von kretazischen Ammoniten. Man hat es wohl mit einer Stufe der unteren Kreideformation zu tun und es wird vermutet, daß es sich um ein petrographisch abweichendes Äquivalent der dunklen Fischschiefer von Komen handle. Zieht man diesen auf der Insel Lesina entwickelten jüngeren fischführenden Horizont als Ursprungsstätte des Asphalts in den oberen Kreideschichten Brazzas in Betracht, so würde sich die Herleitung insofern weniger schwierig als bei den vorhin besprochenen festländischen Vorkommnissen gestalten, als in diesem Falle der von den beweglichen Kohlenwasserstoffen bei ihrem Aufstiege zurückgelegte Weg ein kürzerer und geringere Widerstände bietender war.

Es drängt sich wohl auch für die Asphaltvorkommen auf Brazza der Gedanke an eine Herleitung derselben aus einem fischführenden Horizonte mehr auf als eine solche aus dem Radiolitenkalk. Allerdings setzt sich die Fauna dieses Kalkes auf den dalmatinischen Inseln aus zum Teile großen Schalthieren znsammen und ist da ein besonders massenhaftes Auftreten von Tierresten zu erkennen, so daß in diesem Gebiete auch schon die jüngeren Kreideschichten große Mengen von für die Umwandlung in Erdöl tauglichen Stoffen liefern konnten. Da aber auch die Fischfauna der Unterkreide von Lesina eine sehr individuenreiche ist, kommt doch auch diese als Erzeugerin des Bitumens in Betracht.

Auf Lesina sind zwar Korallenkalk als Begleiter der fischführenden Plattenkalk nicht bekannt; daß es sich aber auch bei diesen um Absätze aus einer riffumgürteten Lagune mit reicher Tierwelt handelte, ergibt sich aus der petrographischen Übereinstimmung der Lesinenser Plattenkalk mit den Solnhofener Schichten. Diese Lagune scheint landnäher als jene des Lemeß

gewesen zu sein, da U. Söhle in den Plattenkalken von Verboska den Abdruck einer Libelle fand. Auch das erwähnte Vorkommen von Pflanzenresten in benachbarten Kalkschichten weist auf eine Landentwicklung in der Nähe der dalmatinischen Inselwelt zur Zeit der Unterkreide hin.

Die Asphaltlagerstätten.

Betreffs ihrer Form und Beschaffenheit weisen die Asphaltlagerstätten in Dalmatien eine große Mannigfaltigkeit auf. Man kann sie diesbezüglich zunächst in zwei Hauptgruppen scheiden, in Infiltrationen und in Imprägnationen des Gesteins. Die ersteren treten in sieben verschiedenen Formen auf. Unter diesen sei vorerst die weitmaschige Infiltration genannt. In dichtem bis subkrystallinem Kalke zeigen sich die feinen Sprünge mit Bitumen erfüllt. Beim Anschlagen des Gesteines ist, je nachdem die Bruchfläche mit der Wand eines Gesteinsrisses zusammenfällt oder quer zu einigen Rissen verläuft, ein fettig glänzender brauner Fleck oder ein grobmaschiges dunkles Netz zu sehen. Die Farbe der Flecken schwankt je nach der Dünne des Asphaltbelages zwischen honiggelb und sepiabraun, selten wird sie ganz schwarz. Die kleinsten einzelnen, nicht mehr zerklüfteten Gesteins-elemente, deren Dimensionen die Flächenausdehnung der Netzmaschen und Flecken bestimmt, sind von Nuß- bis Faustgröße. Doch ist nicht immer eine allseitige Trennung dieser Elemente vorhanden und die Durchtrümerung keine durchgreifende. Die feinen Asphaltäderchen verästeln sich, ohne stets mit benachbarten in Verbindung zu treten.

Diese weitmaschigen Durchtränkungen stellen oft das letzte randliche Ausklingen stärkerer Infiltrate dar, besonders dann, wenn sich die Asphaltführung an eine örtlich stärkere Gesteinszerklüftung knüpft; doch kann man sich vorstellen, daß auch zwei in gleicher Art zersprungene Gesteinspartien verschieden stark durchtränkt werden können, wenn der Druck, unter dem das Erdpech eindringt, ein verschiedener ist. Manchmal bilden weitmaschige Infiltrate aber den an der Oberfläche allein sichtbaren Befund. Man kann dann mit größter Wahrscheinlichkeit auf eine Anreicherung des Kalkes mit Bitumen in der Tiefe schließen. Praktisch sind diese weitmaschigen Durchtränkungen bedeutungslos, da die auf die Raumeinheit Kalk entfallende Bitumenmenge eine verschwindend kleine bleibt. Ein Fall, in

welchem diese schwächste Form der Bitumenführung ganz für sich allein auftritt, zeigt sich im stark verkarsteten Gelände am Nordfuß der Biokovo planina westlich von Zupa. Die auch örtlich beschränkte Infiltration ist dort an mittelsteil gegen Norden einfallende Bänke von oberem Rudistenkalk geknüpft. (Fig. 1 links.)

An zweiter Stelle ist hier die engmaschige Infiltration zu nennen. Sie tritt in stark zerklüftetem Kalke auf und unterscheidet sich von der vorher genannten nicht bloß graduell, sondern auch der Form nach. Beim Anschlagen des Gesteins bekommt man hier eine mit kleinen dunklen Flecken reich gesprenkelte und in den lichten Zwischenräumen von einem schwarzen Adernetz durchzogene Bruchfläche zu Gesicht. Die Enge der



Fig. 1.

links: Weitmaschige bituminöse Infiltration in grobklüftigem Rudistenkalk. Nordostfuß der Biokovo planina.

rechts: Engmaschige bituminöse Infiltration in stark zerklüftetem Rudistenkalk. Nordostfuß der Mosor planina.

(Beide Bilder ungefähr 5 mal verkleinert.)

Netzmaschen weist hier nur auf Erbsen- bis Nußgröße der durch die Zerklüftung vorgebildeten Gesteinselemente hin. Die Trennung dieser Elemente ist hier eine vollständige und ihr allseitiger Belag mit Asphalt bringt es mit sich, daß manchmal der Eindruck einer Breccie aus Kalk mit spärlichem, asphaltischem Bindemittel vorgetäuscht wird. Doch handelt es sich um Umwallung von im wesentlichen noch in situ verbliebenen Gesteinsfragmenten. Engmaschige Durchtränkungen treten manchmal nur für sich, zuweilen auch in Verbindung mit stärkerer Bitumenführung auf. Die in der Raumeinheit von Kalk enthaltene Asphaltmenge bleibt auch hier noch eine sehr geringe und kommt so

für die Ausbeutung nicht in Betracht. Die eben genannte Form der Infiltration zeigt sich mehrorts in den Fundstellen von Asphalt am Nordfuß des Mosor (Fig. 1 rechts) und in den Bergen nordwärts von Traú.

Ein dritter Grad der Asphaltführung, den man als vollständige Infiltration ansprechen kann, knüpft sich an das Auftreten von sehr stark zerborstenem, in eine feinstückige Zerfallsmasse umgewandeltem Kalk. Eine völlige Zerrüttung ehemals festen Kalkgesteines kann als Folge heftiger tektonischer Durchbewegung erscheinen, tritt dann aber stets nur in örtlicher Beschränkung auf. In solchem ganz gelockertem Gestein kommt es zu einer sehr weitgehenden Durchhäderung mit Erdpech. Wo immer man hier ein Kalkstück aufhebt und zerschlägt, stets zeigt die so erhaltene Trennungsfäche einen Überzug von Asphalt und bei weiter fortgesetzter Zerkleinerung eines solchen Stückes bekommt man hier immer wieder schwärzliche, mit dünnem Asphaltbelage versehene Ablösungsflächen. Aber es handelt sich doch nur um eine, wenn auch sehr engmaschige Durchtrümerung, nicht um eine Imprägnation. Wenn man den Kalk zu feinem Grus zerreibt, wird man gewahr, daß die Gesteinssubstanz als solche frei von Erdpech bleibt.

Die Durchtränkung ist hier aber doch so weit gediehen, daß die Gesamtmenge des ein äußerst feines Netz von Haarrissen erfüllenden Bitumens einen nicht unerheblichen Teil des Rauminhaltes der ganzen Gesteinssubstanz beträgt. Die vollständige Infiltration stellt so eine für die Ausbeutung schon in Betracht zu ziehende Form der Erdpechführung dar. Sie zeigt sich schön entwickelt in einigen Asphaltfundstätten im Hinterlande des Ostmosor. Man kann dort deutlich sehen, daß sich ihr Erscheinen an das Auftreten von Schichtstörungen knüpft, so am Süd- und Nordwestrande der Eluvialmulde von Rosca unweit des gegen Westen konvexen Bogens der Cetina unterhalb Trilj. Am ersteren Orte gibt sich das Vorhandensein einer Störung daran zu erkennen, daß die Kreideschichten am Nordrande einer kleinen Tertiäreinlagerung vom Muldentiefsten weg einfallen. Am letzteren Fundorte sind die herumliegenden Kalktrümmer äußerlich schon ganz gebleicht, beim Zerschlagen zerfallen sie in lauter schwarze Bröckeln und Splitter; es handelt sich aber doch stets nur um eine Schwärzung der Oberflächen, die Gesteinssubstanz selbst bleibt bitumenfrei.

Als eine vierte Form der Infiltration ist die Ausfüllung klaffender Lücken im Kalke mit Asphalt zu nennen. Je nach der wechselvollen Form der durch die auflösende Kraft des kohlenensäurehaltigen Wassers sich bildenden Hohlräume zeigen auch die Füllungen derselben, gleichviel ob sie aus Roterde und Bauxit oder aus Brauneisen oder Bitumen bestehen, eine mannigfaltige Gestalt. Man trifft so Stränge, Schläuche, Putzen und Nester von verschiedener Größe an. (Fig. 2.) Der Asphalt weist in solchen Ansammlungen manchmal eine blättrige Textur auf. Solche Vorkommen bestehen aber, wenn sie über kleine Dimensionen hinausgehen, nicht mehr ausschließlich aus Asphalt, sondern aus einem Gemisch von reinerem Asphalt und Stücken von Kalk. Man hat dann vom rein morphologischen Standpunkte aus eine fünfte Art



Fig. 2.

Bituminöse Hohlraumfüllung im Rudistenkalke.
Landschaft Okruglice bei Dolac am Mosor (ungefähr 20 mal verkleinert).

der Infiltration zu unterscheiden, das Auftreten des Erdpeches als Kittmasse von Brekcien. Diese Art des Vorkommens unterscheidet sich von dem vorhin an zweiter Stelle angeführten Typus dadurch, daß hier eine Umwallung und Verkittung von an sekundärer Stätte befindlichen Gesteinsfragmenten platzgreift, während es sich dort um eine Pseudobrekcienbildung handelt, um allseitige Umhüllung von durch ein System von Sprüngen aus ihrem festen Zusammenhang gelösten, aber noch in ihrer ursprünglichen gegenseitigen Lage verbliebenen Gesteinselementen.

Je nach der Größe und Zahl der von Asphalt rings umschlossenen Kalkstücke und je nach dem Mengenverhältnisse derselben zu ihrer Hüllmasse können diese Kalkbrekcien mit bituminösem Bindemittel eine sehr verschiedene Beschaffenheit zeigen. Es gibt zunächst solche Fälle, in denen die Kittmasse

weit überwiegt und eine Einbettung kleiner verstreuter Kalkstückchen in Asphalt zu sehen ist. Dieses der porphyrischen Gesteinsstruktur vergleichbare Bild zeigt sich im Asphaltvorkommen von Dreznica am Südabhange der Svilaja an einer Stelle schön entwickelt. Das andere Endglied der Formenreihe wird hier durch Breccien mit nur spärlichem Bindemittel von Erdpech gebildet. Dazwischen kommen viele Übergänge vor. (Fig. 3.)

Die von Asphalt umwallten Kalkfragmente können bis zu Faust- und Kopfgröße erreichen, andererseits aber auch zur Dimension kleiner Splitterchen und Körnchen herabsinken. Man kann dann bei sehr reichlichem Auftreten von solchen von einem groben mit Asphalt vermengten Kalksand sprechen. Dieser Befund

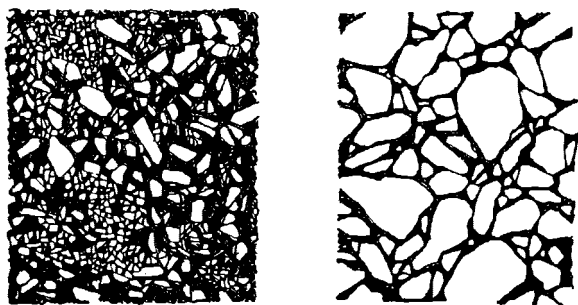


Fig. 3.

links: Feinstückige Breccie aus Rudistenkalk mit reichlicher asphaltischer Kittmasse.

rechts: Trümmerbreccie aus Rudistenkalk mit spärlicher asphaltischer Kittmasse
(Beide Bilder ungefähr 5 mal verkleinert.)

zeigt sich zum Beispiele bei Vulas stan im Hinterlande des Mosor. Die Gesteinsmasse erscheint da äußerlich mit weißen Pünktchen reich gesprenkelt und nimmt dann stellenweise einen grauen Gesamtton an. Im frischen Bruche erscheinen aber auch diese sandigen Gesteinspartien mehr braun. Diese aus einem innigen Gemisch von Asphalt und kleinsten Kalkstückchen bestehenden sandsteinähnlichen Massen, die aber von der bituminösen Imprägnation eines Sandsteines scharf zu trennen sind, kann man, wenn eine genaue Unterscheidung morphologischer Typen bezweckt ist, wohl als eine sechste Form der bituminösen Infiltration neben den Breccien mit Asphaltkitt aufstellen.

Als eine siebente und letzte Form der Infiltration wäre dann noch das Erscheinen von Asphalt auf Schichtfugen und Ablösungsflächen dünnplattig bis dickblättrig abgesonderter

Kalkmergel zu erwähnen. Diese Gesteine sind auch im Bruche dunkel gefärbt. Es scheint sich da zwar vorzugsweise um eine Durchdringung mit kohligter Substanz zu handeln, doch wäre es wohl möglich, daß hier auch das Bitumen zum Teil als Imprägnation auftritt.

Was die praktische Bewertung anbelangt, so stehen die Hohlraumfüllungen mit Asphalt und die an asphaltischer Kittmasse reichen Breccien unter den Infiltrationsvorkommen obenan. Bei diesen kann naturgemäß — insoweit man kleine Raumeinheiten in Betracht zieht — das Mengenverhältnis des Asphalts zum begleitenden Kalke ein sehr günstiges sein. Im übrigen kommt den Infiltraten wegen ihrer unregelmäßigen Form und durchschnittlich nicht großen räumlichen Ausdehnung im allgemeinen eine geringere Bedeutung zu als den Imprägnationen, die — weit davon entfernt, auf weite Strecken hin gleichmäßige zu sein — sich doch wenigstens innerhalb gewisser Grenzen als anhaltende erweisen.

Bituminöse Imprägnationen treten in Dalmatien in verschiedenen Gesteinen auf. An erster Stelle seien hier jene im Dolomit genannt. Die Dolomite des dalmatischen Mesozoikums sind zum Teil feinporös und zuckerkörnig, zum Teil bei geringem Quarzgehalt von sandiger Beschaffenheit. Beide Ausbildungsweisen erscheinen zur Aufnahme von Erdöl in mäßigem Grade geeignet und darum auch an verschiedenen Orten bitumenführend. Ganz frei von Asphalt scheinen nur die weißen bis lichtgrauen klüftigen Dolomite des Muschelkalkes und jene der Obertrias zu sein. Die gut oder undeutlich geschichteten, teils nur in einzelnen Bänken, teils in breiteren Zonen auftretenden Rhät- und Liasdolomite erweisen sich mitunter als schwach bituminös. Ziemlich stark mit Asphalt imprägniert sind aber in Dalmatien manche Dolomite des braunen und weißen Jura, welche gleichfalls teils nur schmale Züge zwischen Kalken, teils aber breitere von Kalkbänken durchzogene Zonen bilden. Diese Dolomite sind teils dunkelbraun, teils schwarz gefärbt und dann oft von einem weißen Adernetz durchtrümpert und haben einen starken Geruch nach Bitumen. Solche Dolomite treten auf der Pliševica, einem östlichen Vorberge der Svilaja, und am Berge Jelinak südöstlich vom Sinjsko polje auf.

Von den Dolomiten, welche innerhalb der Kreideformation auftreten, zeigen sich die unteren im Hangenden der Lemeš-

schichten mehrorts mit Bitumen imprägniert, wogegen aus dem weit verbreiteten Dolomitniveau der Oberkreide zwischen dem Chamiden- und Rudistenkalk noch keine Asphaltlagerstätte bekannt wurde. Dann treten aber Imprägnationen von sehr wechselnder Stärke in den ein noch höheres Niveau einnehmenden Dolomiten auf, welche als Einschaltungen im Rudistenkalk erscheinen. Es sind dies die jüngsten Dolomite der ostadriatischen Karstländer, da dem Tertiär jede dolomitische Gesteinsentwicklung fehlt. Zu diesen letztgenannten Imprägnationen zählen jene, welche sich nordostwärts des Biokovo bei Kozica befinden. Auch von den sandigen Dolomiten und „Dolomitsandsteinen“, an welche sich die Asphaltvorkommen auf der Insel Brazza knüpfen, treten einige als Zwischenlagen im Rudistenkalke auf, so jene bei Mirce am Nordufer und jene bei S. Martino an der Südostküste der Insel, welche nach U. Söhle ein sehr hohes Niveau innerhalb der Oberkreide einzunehmen scheinen. Dagegen liegen die Asphalte bei Pučišće in einem Dolomit, welcher unter dem Radiolitenkalke folgt, ohne jedoch dem festländischen Dolomitniveau an der Basis des Rudistenkalkes zu entsprechen.

Die Dolomite der dalmatischen Kreideformation sind mit den sie an Ausbreitung weit übertreffenden Kreidekalken durch Zwischenglieder verbunden. Ein allmählicher Übergang beider Gesteine ineinander findet dabei aber nur sehr selten statt; meist handelt es sich um ein Mitauftreten von mehr oder minder stark dolomitischen Kalkschichten in Gesellschaft reiner Dolomite und Kalke. Dolomitische Kalke erweisen sich auch manchmal als stark mit Bitumen imprägniert, indem sie eine sehr feinzellige Textur besitzen, die einer Durchdringung der Gesteinssubstanz mit Erdöl günstig war. In porösen weißen dolomitischen Kalken findet sich das Erdpech bei Mandoler an der Küste westlich von Traú. Die von Asphalt durchdrungenen Schichten sind hier außen weiß gebleicht, im Bruche schwarz und auch in den Gesteinsfugen von Asphalt erfüllt.

Selten tritt dagegen eine bituminöse Imprägnation in mehr oder minder reinen Kalken auf. Ein Fall dieser Art läßt sich von Zupa im Längstale hinter der Biokovo planina anführen. Dort zeigt sich ein Boreliskalk, der wenigstens dem unbewaffneten Auge als kompaktes Gestein erscheint, mit Asphalt imprägniert. Der Befund tritt an einer Verwerfung auf und so könnte es immerhin auch sein, daß das feine Gefüge des Gesteins

eine Veränderung erfahren hat, die dieses zur Aufnahme von Bitumen tauglich machte. Bemerkenswert ist es, daß die Kalzitadern, die den Kalk durchtrüern, sowie die zahlreichen Fossil einschlüsse: Kuglige und ellipsoidische Gehäuse von imperforaten Foraminiferen, von der Imprägnierung nicht betroffen sind und sich im frischen Bruche licht vom dunklen Grund abheben. An den Anwitterungsflächen tritt kein Farbengegensatz hervor, da das Gestein oberflächlich meist gebleicht ist. Ein anderes Vorkommen von Durchträngung eines dichten festen Kalkes mit Bitumen wird von Glini rat auf der Halbinsel Sabioncello erwähnt, wo solchem Kalke eine dünne Asphaltschnüre führender Stinkkalk eingeschaltet ist.

An vierter Stelle sind hier die Kalkmergel zu erwähnen. Gleichwie es in Dalmatien viele Übergänge von Kalk zu Dolomit gibt, sind dort auch zahlreiche Mittelglieder zwischen Kalk und Mergel vorhanden. Sie treten meist in der Tertiärformation auf, während die Dolomite in den mesozoischen Formationen erscheinen. Die Tertiärschichten Dalmatiens sind, wie bekannt, kohleführend und es kann so in ihnen zu vereintem Auftreten von Asphalt und Braunkohle kommen, während die bitumenhaltigen Schichten in der dalmatischen Kreide ganz frei von kohligem Beimengung sind. Eine solche Verbindung von Asphalt- und Kohlenführung tritt beispielsweise am Monte Promina auf. Es zeigt sich dort im Hangenden der flözführenden Schichten an der Basis der aus Konglomerat- und Mergelbänken aufgebauten Formation ein bläulicher Mergelschiefer entwickelt, der stark von Bitumen durchdrungen ist und von lichten Plattenmergeln überlagert erscheint. Auch die an der Basis des dalmatischen Tertiärs auftretenden Cosinaschichten sind zum Teile als Kalkmergel ausgebildet und dann manchmal schwach bituminös, was sich an bräunlicher Farbe und entsprechendem Geruche zu erkennen gibt. Dagegen sind diese Gesteine zum Unterschiede von den etwas älteren Cosinaschichten Istriens nicht kohleführend, was sich auch im gänzlichen Mangel von Pflanzenresten, wie solche in den Prominaschichten verbreitet sind, ausdrückt.

Außer den hier angeführten vier Gesteinen sind als seltene Träger einer bituminösen Imprägnierung noch eluviale Erden zu nennen. Ein eigentümliches Vorkommen dieser Art ließ sich unweit des Sudvid, eines der vielen Nebengipfel des Biokovo feststellen. Es zeigt sich dort die erdige Ausfüllung eines Karst-

trichters, die zu einer ockergelben in polygonale Bruchstücke zerfallenden Masse verfestigt ist, von Bitumen durchdrungen. Frisch angeschlagen weisen die Trümmer dieser erdigen Füllmasse eine sienabraune trockene Rinde und einen sepiabraunen feuchtglänzenden Kern auf, der stark nach Bitumen riecht. Das Gestein, in welches der Karstrichter eingesenkt erscheint, ein mittelsteil gegen NO. fallender Rudistenkalk, ist völlig frei von Asphalt. Es liegt hier weit näher anzunehmen, daß ein in Klüften aufgestiegenes Öl die Erdmasse durchdrungen hat, als daß man es mit dem Eluvium asphaltführender Kalke zu tun habe.

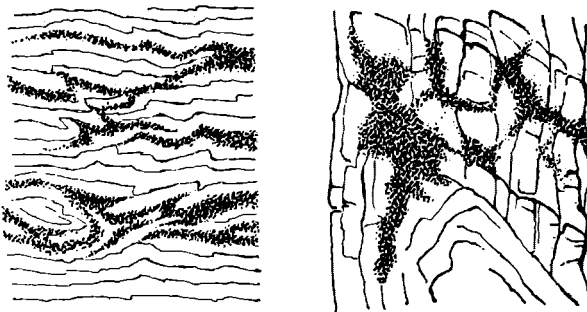


Fig. 4.

links: Bituminöse Imprägnation in Form von Schlieren und Bändern in Dolomitbreccien der unteren Kreideformation.
Stikovo am Westfuße der Svilaja.

rechts: Bituminöse Imprägnation von unregelmäßig lappiger Form in alt-tertiärem Boreliskalk.
Zupa am Nordfuße des Biokovo.

(Beide Bilder ungefähr 20 mal verkleinert.)

Betreffs der Form kann man die bituminösen Imprägnationen in drei Gruppen bringen. An erster Stelle sind hier jene anzuführen, die zonenweise auftreten. Von den Bänken einer dolomitischen Schichtmasse zeigen sich nur einzelne mit Asphalt imprägniert, während andere ganz frei von Erdpech sind. In den Bänken wechseln auch noch taube und bituminöse Lagen ab. Man sieht dann manchmal nur dünne Bänder und schmale auskeilende Linsen asphalthaltigen Gesteins. Die Mächtigkeit derselben schwankt zwischen ein paar Zentimetern und mehr als Handbreite. Als örtliche Begleiterscheinung, gleichsam als ein letztes Ausklingen der zonenweisen Imprägnation tritt dann mitunter eine feine dunkle Streifung der Dolomitzwischenlagen auf. Diese Form der Asphaltführung läßt sich ebensowohl bei

den Dolomiten der Unterkreide (Fig. 4 links) als auch bei jenen, die dem Rudistenkalke eingeschaltet sind, feststellen.

Eine zweite Art der Imprägnation ist die von unregelmäßiger Form. Sie scheint manchmal von den den Kalk oder Dolomit durchsetzenden Klüften auszugehen und deren regellosen Verlauf wiederzuspiegeln. Solches zeigt sich beispielsweise bei dem früher erwähnten Falle einer Imprägnation von dichtem massigem Kalk. Die asphaltreichen Gesteinspartien stellen sich als verschieden große gelappte oder zerfranste Flecken dar, die durch zackige Fortsätze miteinander verbunden sind. Der Gesamtanblick sieht hier so äußerlich einer groben Durchtrümerung ähnlich. (Fig. 4 rechts.) Das feine Kluftnetz ist in solchen Fällen von Asphalt infiltriert. Bei anderen Vorkommnissen gewinnt man den Eindruck, daß die Unregelmäßigkeit der Asphaltführung dadurch bedingt ist, daß eine Schichtmasse mit zonenweiser Imprägnation sehr heftigen Lagestörungen ausgesetzt war, durch die verschiedene Gesteinspartien gegeneinander verschoben, gepreßt und gestaucht und miteinander verknetet wurden. Das völlige Schwinden der ursprünglichen zonalen Anordnung setzt hier voraus, daß die Schichtmasse aus Lagen von ungleicher Widerstandskraft bestand, und einen Gebirgsdruck aus verschiedenen Richtungen erlitt.

Von der unregelmäßig sich begrenzenden und von der zonenweisen Imprägnation abweichend ist die vollständige Durchdringung ganzer Dolomitbänke mit Erdpech. Sie tritt in einigen festländischen Vorkommen und in jenen auf der Insel Brazza auf. Diese Durchdringung ist aber auch nicht überall gleich stark. Es greifen mehr und minder stark bituminöse Dolomitpartien ineinander ein. Man gewinnt manchmal den Eindruck, daß innerhalb einer mäßig imprägnierten Bank gang- oder schlauchförmige, sich gegen ihre Nachbarschaft aber nur ganz undeutlich abgrenzende Gesteinspartien mit stärkerer Erdpechführung vorkommen. Längeres Anhalten einer Imprägnation in gleicher Stärke kommt selten vor. (Fig. 5.)

In praktischer Beziehung spielen die Imprägnationen — wie schon erwähnt wurde — im allgemeinen eine größere Rolle als die Füllungen von Klüften; doch hängt auch bei den ersteren die Bewertung fallweise sehr von der Ausdehnung und durchschnittlichen Stärke ab. Naturgemäß stellen sich da die Verhältnisse bei den an letzter Stelle angeführten vollständigen

Imprägnationen am günstigsten; es ist aber auch bei ihnen bei der Beurteilung große Vorsicht wohl am Platze, da — wie eben bemerkt wurde — lange anhaltende Gleichmäßigkeit der Asphaltführung zu den Ausnahmen gehört. Es wäre so nicht statthaft, bei einer Mengenschätzung größere Teufen in Rechnung zu ziehen und bei teilweiser Überdeckung bituminöser Dolomite durch Eluvien den zwischen zwei Aufschlüssen sich erstreckenden Schichten die an den bloßgelegten Stellen sichtbare Erdpechführung zuzuschreiben.

Die räumlichen Beziehungen zwischen Infiltration und Imprägnation gestalten sich verschieden. Manchmal sind beide Arten der Erdpechführung örtlich ganz getrennt, das ganze Vorkommen stellt sich nur als Klüftefüllung dar, wie dies an

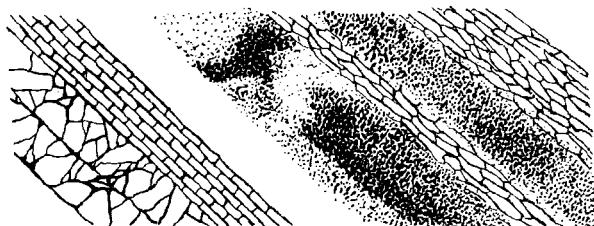


Fig. 5.

Wechsellagerung von ungleichmäßig mit Asphalt imprägnierten und fast bitumenfreien Bänken von Dolomit im Hangenden von klüftigem Kreidekalk. Kozica am Nordfuße des Biokovo.
(Ungefähr 25 mal verkleinert.)

mehreren der früher namhaft gemachten Fundorte am Nordfuße des Mosor der Fall ist, oder man hat es nur mit einer Imprägnation zu tun und es bleiben dann — insoferne eine zonenweise Durchdringung platzgreift — die Zwischenlagen der bitumenführenden Bänke völlig asphaltfrei. So sind zum Beispiel in der Asphaltgrube von Vinisce westlich von Traú die äußerlich gebleichten, innen schwarzen feinzelligen Kalke von rein weißen dolomitischen Kalkschichten begleitet, denen jede Durchtrümerung mit Erdpech fehlt. In anderen Fällen treten beide Arten der Bitumenführung in Gesellschaft auf. So zeigt sich in dem schon erwähnten Asphaltvorkommen im Boreliskalk bei Zupa in unmittelbarer Nachbarschaft der unregelmäßigen Durchdringung auch eine weitmaschige Infiltration, wobei — entsprechend der Zerklüftungsart des Kalkes — die Netzmaschen in vertikaler Richtung in die Länge gestreckt sind. In der weiter südlich

gelegenen Gegend von Kozica weisen die lichtgrauen Dolomitlagen zwischen den stark bituminösen Zonen nur eine Ausfüllung ihrer Haarrisse mit Asphalt auf, die sich in einer feinen Durchäderung und stellenweisen lichtbraunen Sprenkelung der Gesteinsflächen kundgibt.

Was das Verhalten der beiden Hauptformen der Asphaltführung zur Gesteinsschichtung betrifft, so sind, wie zum Teil schon aus dem Vorigen erhellt, die Infiltrationen im allgemeinen von ihr unabhängig, die Imprägnationen an sie gebunden. Es kommen aber auch Abweichungen von dieser Regel vor, indem manchmal auch die Durchtrümerung mit Asphalt an einer Schichtfläche Halt macht, wenn Bänke von abweichender Gesteinsbeschaffenheit, die sich dann in Verschiedenheit der Klüftungsart ausdrückt, aneinander stoßen. Andererseits pflegt sich die bituminöse Imprägnation nicht stets an Schichtflächen zu begrenzen und kann örtlich auf Nachbarbänke übergreifen, ohne daß diese in allen ihren Teilen asphaltführend wären.

Ihrer Gestalt nach sind die Asphaltlagerstätten in Dalmatien teils als stock- oder schlauchförmige, teils als lagerartige zu bezeichnen. Die ersteren zeigen am Ausgehenden eine unregelmäßige Umgrenzung und diese hält — soweit Aufschlüsse vorhanden sind — auch nach der Teufe an. Innerhalb des asphaltführenden Gesteinskörpers ist die Verteilung des Erdpeches meist als eine sehr ungleichmäßige und stark schwankende zu erkennen. Diese Lagerstättenform ist den Infiltrationsvorkommen eigen und man trifft da die früher unterschiedenen Formen der so beschaffenen Asphaltführung zum Teil nebeneinander an. Die räumliche Ausdehnung der Vorkommen ist wechselnd und im allgemeinen nicht groß.

Bemerkenswerte Lagerstätten dieser Art birgt das Gelände zwischen dem Sinjsko polje und dem Nordfuße des Mosor. Da sind zunächst die Vorkommen in der Landschaft Okruglice zu erwähnen. Der Asphalt tritt hier mehrorts in beschränkter Ausdehnung als Füllung klaffender Gesteinslücken in der Form von Nestern, Putzen und Adern auf. Daneben sieht man ihn auf verschieden weite Distanz hin als mehr oder minder engmaschiges Netz die feinen Spaltrisse des Gesteins erfüllen. In den einige dm mächtigen Raumfüllungen ist er zum Teil mit Kalkstücken von verschiedenster Größe, die wieder von Asphalt durchtrüمرت sind und mit grobem Kalksand vermenget. Wo das Erdpech in

reinerem Zustande die Gesteinsklüfte erfüllt, erscheint es stellenweise in großen dicken Tropfen hervorgequollen und mehrorts sind die Kalke mit schwarzen Streifen von ausgeronnenem Asphalt überzogen. Der Asphalt ist hier an den Seitenwänden mehrerer wenig tiefer Gruben aufgeschlossen, so daß sich über die Erstreckung der Vorkommen in die Tiefe nichts sagen läßt. Das herrschende Gestein ist dickbankiger, schwach bis mittelsteil gegen O. bis NO. fallender Rudistenkalk.

Ein etwas anderes Bild bieten die weiter nordwärts gelegenen Asphaltvorkommen zwischen dem Südostende des Dicompolje und dem Cetinatale dar. Hier zeigt sich die oben als vollständige Durchtränkung angeführte Art der Asphaltführung, welche sich an das Auftreten stärkst zerrütteter Schichten knüpft und in einer weitestgehenden Durchtrümerung besteht, die es bedingt, daß man hier beim Zerschlagen des asphalthaltigen Gesteins stets wieder schwarze Bruchstücke erhält. Außer vielen Stellen, wo der Asphalt die im wesentlichen noch an ursprünglichem Orte verbliebenen Bestandteile einer durch und durch zerborstenen Gesteinsmasse umhüllt, den Kitt einer „Pseudobreccie“ bildet, trifft man auch Stellen, wo eine wirkliche Breccienbildung mit bituminösem Bindemittel vorliegt. Dagegen fehlt hier das Vorkommen des Erdpeches in Putzen und Nestern und sein Auftreten als grobmaschige Infiltration. Die flächenhafte Ausbreitung des erdpechführenden Gesteins, das sich hier als oberer Rudistenkalk erweist, ist bei diesen Vorkommen südlich von Bisko auch nicht groß und beschränkt sich auf einige Dutzend Schritte im Gevierte. Das Verhalten gegen die Teufe zu ist unbekannt, da nur seichte Grubenaufschlüsse vorliegen. Der Gesamteindruck, den man gewinnt, ist der, daß man es hier wie in der Landschaft Okruglice mit dem Ausgehenden von steil zur Tiefe setzenden schlauchförmigen Lagerstätten zu tun habe.

Das einzige unter den dalmatischen Infiltrationsvorkommen, bei welchem über die Erstreckung nach der Tiefe näheres bekannt ist, ist jenes von Vergorac. Der Asphalt erscheint hier als Ausfüllung von größeren und kleineren Hohlräumen im Rudistenkalk. Diese Räume nehmen bis zu einer Tiefe von 50 m konstant ab, in weiteren 30 m Tiefe ist nur ein mit Asphalt erfüllter Schlot bekannt. Außerdem kennt man noch einige erdpechführende Spalten.

Von ähnlicher Art wie die Vorkommnisse am Nordfuße des Mosor sind jene, die im Hinterlande der westwärts von diesem Gebirgszuge streichenden Küstenketten liegen, so die Asphaltfundstätte bei Radošić am Nordfuße des Opor und die Vorkommen am Nordfuße der Labisnicakuppe und des Prapatnicarückens nördlich von Traù.

Zu den Infiltraten zählen auch einige Vorkommen von Asphalt in den oberen Lemeßschichten, obschon hier schon primäre Imprägnationen zu erwarten wären. Auch diese Vorkommen sind an starke mit Schichtstörungen verbundene Gesteinszerrüttungen geknüpft und von sehr unregelmäßiger Form. Als Beispiel sei hier die Asphaltlagerstätte von Drežnica am Südwestfuße des Svilajagebirges angeführt. Es taucht dort aus den Kreideschichten ein zerknitterter Gewölbekern von oberem Lemeškalke auf. An seiner Südflanke fehlen die diesen Kalk sonst stets überlagernden Dolomite und weißen Kalke und stößt mit Zwischenschaltung einer Breckie schon der Chamidenkalk an das Tithon. Die zum Teile reichliche Kittmasse dieser Breckie besteht stellenweise aus Asphalt, der auch im nördlichen Aufbruchsfügel die Risse und Spältchen eines stark zertrümmerten Kalkes erfüllt. Die kleinen Bruchstücke dieser Breckie sind zum Teil als von Asphalt durchdrungene Bröckeln der hornsteinführenden unteren Lemeßschichten zu erkennen.

Ein Imprägnationsvorkommen, das man seiner Natur nach zu den schlauch- oder schlotförmigen Lagerstätten stellen muß, ist das schon erwähnte Vorkommen unterhalb der Kuppe Sudvid am Biokovo. Die mit Bitumen imprägnierte erdige Masse hat als Ausfüllung einer tiefen Doline wohl selbst Sack- oder Trichterform. Vermuten darf man, daß sich dieses Vorkommen nach unten hin in eine schlotförmige Infiltration fortsetzt. Endlich ist auch noch das kleine Asphaltvorkommen bei Zupa, obschon dort neben Durchtrümerung auch unregelmäßige Imprägnation auftritt, in die eben besprochene Formengruppe von Lagerstätten einzureihen.

Die dieser Gruppe gegenüber zu stellende Formengruppe kennzeichnet sich durch die vorwiegende Erstreckung der Lagerstätte im Schichtstreichen. Die Ausdehnung quer zum Streichen ist hier in keinem Falle groß gefunden worden. Die Erstreckung im Verfläichen ist unbekannt, da diese schichtigen Asphaltlagerstätten in Dalmatien noch nirgends der Gegenstand eines lang-

jährigen Abbaues waren, der schon einen Blick in größere Tiefen geboten hätte. Von diesen Asphaltlagerstätten sind zunächst jene am Ostfuß der Dinara zu erwähnen. Sie finden sich im Tal von Babingrad und im Graben von Razvale in Kalkschiefern der mittleren Kreideformation. Der Asphalt tritt hier in mehreren 1 bis 3 dm dicken Bändern auf, die durch wenig mächtige, teils taube, teils nur von dünnen Schnüren von Asphalt durchzogene Zwischenzonen getrennt sind.

Unter den Bitumenlagern auf dem süddalmatischen Festlande sind jene von Kozica hervorzuheben. Man sieht dort im gegen Ost-südost einfallenden Rudistenkalke eine Einschaltung von Dolomit, dessen mehrorts von Rutschflächen durchschnittene Bänke in sehr schwankendem Grade von Erdpech durchdrungen sind. Schwarzer, reichlich, aber nicht gleichmäßig mit Asphalt imprägnierter Dolomit, grauer schwach bis mäßig stark bituminöser Dolomit, der von vielen weißen sich zerfasernden Adern durchzogen ist und lichter Dolomit, der nur in seinen Haarrissen eine feine Durchtrümerung mit Erdpech und auf seinen Ablösungsflächen einen Belag mit dünnen Asphalthäutchen aufweist, folgen hier in wiederholtem Wechsel aufeinander. Die bitumenreicheren Zonen sind 0·3 bis 1·2 m dick; ihr Gehalt an Bitumen unterliegt großen Änderungen in der Richtung des Schichtstreichens und ist vermutlich auch im Verflächen keineswegs konstant. Mehrere verstreute, allerdings nur seichte Gruben-aufschlüsse, gestatten es, ein Gesamtbild vom Baue des Asphalt-lagers zu gewinnen.

Von ähnlichem Aufbaue sind die Asphaltlagerstätten auf der Insel Brazza, indem dort auch ein wiederholter Wechsel stark bituminöser und nur schwach mit Asphalt imprägnierter oder ganz tauber Schichten platzgreift. Die asphalthältigen Bänke sind dort 0·5 bis 1·2 m mächtig, die Zwischenmittel zeigen eine Mächtigkeit von 0·7 bis 1·3 m. Die Lagerung ist bei sanftem Schichtfallen ziemlich regelmäßig. So beschaffene Lagerstätten finden sich bei Mirce am Nordufer und bei S. Martino am Ostufer der Insel. Es wurden in den kleinen Aufschlußbauten im ganzen vier bituminöse Gesteinszonen festgestellt, aber noch nicht weit im Streichen verfolgt. Auf der Berglehne bei Mratinje und im Graben von Dramotin bei Povje ließ sich die Einschaltung nur einer solchen Zone von mit Asphalt imprägniertem Dolomit-sandstein nachweisen. Das Schichtfallen der Kreidekalke ist bei

Mirce und bei Povje ein bei geringem Neigungswinkel gegen Nord, bei San Martino ein unter 15° gegen Süd gerichtetes.

Zu den geschichteten Asphaltlagerstätten in Dalmatien zählen auch jene im Bereiche der ältesten Tertiärschichten auf der Halbinsel Sabioncello und jene im Alttertiär am Monte Promina. Das Bitumenvorkommen bei Glini rat auf Sabioncello ist auf längere streichende Erstreckung hin verfolgbar. Es sind dort nach F. Aichinger einem dichten bituminösen Kalke 1 bis 2 dm dicke Lagen von schwarzem Stinkkalk eingeschaltet, welcher Asphaltschnürchen von 2 bis 4 cm Mächtigkeit führt. Am Monte Promina ist — wie bereits erwähnt — die Asphaltführung an einen bläulichen, viele Pflanzenreste, besonders Farne bergenden Mergelschiefer geknüpft, welcher sich im Hangenden des Kohlenflözes und im Liegenden eines lichtgelblichen, dünnspaltigen Plattenmergels befindet.

Endlich sind hier noch die Zonen von dunkelbraunen bis fast schwarzen, weiß geäderten Dolomiten des mittleren und oberen Jura anzuführen, in welchen die Bitumenführung zwar im allgemeinen nicht stark ist, sich aber als verhältnismäßig lange anhaltend erweist, indem diese Gesteine gleichmäßig dunklen Farbenton und bituminösen Geruch auf ziemlich weite streichende Erstreckung hin erkennen lassen. Von Bank zu Bank ist die Bitumenführung aber auch hier verschieden. Das Verbreitungsgebiet dieser Juradolomite wurde schon früher genannt.

An diese deutlich schichtigen Lagerstätten reihen sich solche, welche zwar auch mehr eine Ausdehnung im Streichen und Verfläachen der herrschenden Dolomite und Kalke, als wie eine Erstreckung senkrecht zu diesen Richtungen zeigen, dabei aber nicht so regelmäßig gestaltet sind wie die eben genannten. Man hat es da zum Teil mit Linsen von beschränkter Größe und gestörter Lagerungsform zu tun. Unter den im Innern von Dalmatien gelegenen Asphaltvorkommen zählt jenes im Graben Ozdanje jaruga bei Stikovo hieher. Man trifft dort Brekcien aus weißem und grauem Dolomit mit Schlieren und Schmitzen von Asphalt und auch dünne Asphaltlinsen und Bänder als Einschaltungen zwischen Bänken von grauer Dolomitbreckie und lichtem Dolomit. Die bituminösen Lagen schwellen örtlich zu Nestern und Kuchen von einigen Dezimetern Dicke an, um dann wieder abzumagern oder ganz auszukeilen. Auch plötzliches

beiderseitiges Abschneiden der Asphaltbänder an Verwürfen kommt hier vor.

Von den Asphaltvorkommen auf Brazza ist jenes bei Skrip im mittleren Teile des Nordhanges der Insel an eine breccienartige dolomitische Linse im Radiolitenkalke gebunden. Auch hier häuft sich die Kittmasse der selbst bitumenhaltigen Trümmer und die Füllmasse der das Gestein in großer Zahl durchsetzenden Sprünge stellenweise zu Nestern von reinem zähflüssigem Erdpech an. Das Vorkommen bei Skrip wurde durch einen Stollenbau auf eine streichende Erstreckung von mehr als 1 km nachgewiesen. Die durch Querschläge erhobene Gesamtmächtigkeit der asphaltführenden Zone wurde zu 20 m angegeben. Das Schichtfallen ist, wie anderwärts im Nordteile von Brazza, ein durchschnittlich unter 15° gegen Norden gerichtetes. Auch das Bitumenvorkommen an der festländischen Küste westlich von Traú am Südufer des Hafens von Vinisce ist der in Rede stehenden Gruppe undeutlich geschichteter Lagerstätten einzureihen. Man sieht da in der längst verlassenen ziemlich großen und tiefen Grube einen feinzelligen dolomitischen Kalk, der teils mehr oder minder stark mit Erdpech imprägniert erscheint, teils völlig frei von solchem ist, und sehr feinkörnigen kompakten Kalk, der gleichfalls kein Bitumen führt. Es ist aber keine deutliche Wechsellagerung der beiden Gesteinsarten zu erkennen. Es wird zwar ein Durchstreichen von subkrystallinem Kalke nahe dem Eingange in die Grube, dann zwischen den Mundlöchern zweier mittlerer Stollen und hinter dem unteren Stollen ersichtlich; es lassen sich aber keineswegs Zonen dieses Kalkes gegen solche des imprägnationsfähigen dolomitischen Kalkgesteines halbwegs gut abgrenzen. Es scheint so, daß hier eine aus Lagen von ungleicher Widerstandskraft bestehende Schichtmasse einem starken Gebirgsdruck aus verschiedenen Richtungen unterlag und daß es so zu einer ganz unregelmäßigen Verknüpfung ihrer Bestandteile kam.

Über die chemische Beschaffenheit der dalmatinischen Asphalte sei hier am Schlusse nur ganz kurz berichtet. Das bituminöse Gestein in den Tertiärschichten des Monte Promina ist in Benzin fast unlöslich. Bei Säurebehandlung bleibt eine lignitartige Substanz zurück, welche Benzin nur schwach färbt und beim Erhitzen sehr leicht schmilzt. Der Asphaltkalk von Mandoler wird durch Benzin sehr schnell entfärbt, der Rück-

stand ist schwach tonhältig. Das Erdpech von Dolac am Mosor wird durch Schwefelkohlenstoff vollständig ausgezogen. Der Rückstand enthält neben Kalk und Bittererde ein wenig Kieselsäure und Spuren von Eisen- und Manganoxyd. Den Asphaltkalk von Brazza entfärbt Benzin leicht, Säuren lösen ihn unter Rücklassung sehr geringer Mengen von Ton und Kieselsäure. Das bitumenhältige Gestein von Vergorac wird durch Benzin vollständig entfärbt. Mit Säuren behandelt braust es nur langsam, nach vorausgegangener Kalzination unter Entwicklung von Schwefelwasserstoff auf.

Der Prozentgehalt an Bitumen schwankt bei den dalmatischen Asphaltsteinen innerhalb weiter Grenzen. Er beträgt beim Gestein von Mandoler im Mittel 5 %, bei jenem von Dolac 21 %, bei dem vom Monte Promina 29 %. Bei den Asphaltkalken und Dolomiten von Brazza schwankt er zwischen 10 und 40 %, bei jenen von Vergorac zwischen 7 und 33 %.

Die Bitumenlager Dalmatiens sind bekanntlich schon wiederholt Gegenstand der Ausbeutung gewesen. Derzeit steht allerdings nur der Asphaltbergbau bei Vergorac in Betrieb. Früher wurden auch bei Mandoler und auf der Insel Brazza einige Zeit hindurch Asphaltsteine gewonnen. An manchen Orten, so bei Dolac, fand nur vorübergehend ein Abbau statt, an anderen Orten, so bei Stikovo und Dreznica ist man nicht über Schürzungen hinausgekommen. Als Grund dieser im ganzen nicht sehr befriedigenden Sachlage pflegt man gern die ungünstigen Transportverhältnisse anzusehen und es sind in der Tat größtenteils die von den Verkehrslinien sehr abseits gelegenen Vorkommen, in welchen sich bisher noch kein blühender Bergwerksbetrieb entwickeln konnte, doch dürfte aus den vorigen Darlegungen hervorgehen, daß die Asphaltlagerstätten Dalmatiens teilweise wohl auch an allzu unregelmäßiger Form und an zu geringer Er giebigkeit leiden.
