

Über die Genese von Erdöl und Erdgas

Vorbemerkung

Weil ein bedeutender Teil meines Arbeitslebens mit Aufgaben der Erkundung, Vorratsberechnung, Qualitätsbewertung usw. fossiler Brennstoffe erfüllt war, interessiere ich mich selbstverständlich für diese Thematik, lese oft Beiträge darüber und beurteile sie mitunter auch dementsprechend kritisch. Manchmal befällt mich auch eine gewisse Argwohn besonders dann, wenn sich bei mir der Eindruck erweckt, dass zu euphorisch Optimismus und Sorglosigkeit (z. B. Schiefergas als alternatives Erdgas, sich erneuernde Erdölvorräte u. a.) verbreitet wird oder im Gegenteil Ängste hinsichtlich der raschen Endlichkeit natürlicher Energierohstoffe geschürt werden. Dies verstärkt sich noch, wenn dementsprechende Beiträge nicht aus der Fachpresse stammen und noch dazu offensichtlich ökonomisch-geopolitisch, politisch-populistisch motiviert und demagogisch scheinen.

Auch einige Beiträge von EIKE besonders zum Thema Energierohstoffe (s. u. a. Schiefergas, Kohlenwasserstoffvorkommen auf dem Titan) veranlassten mich, von Zeit zu Zeit besonders in meiner Eigenschaft als tatsächlich hier zu Lande noch fachlich tätiger Geologe etwas intensiver nachzuschauen. Als nicht ausgesprochener Experte für Erdöl und Erdgas versuchte ich mich, wie man dies bequemer Weise so anstellt, über das Internet bezüglich o. g. Thematik zu informieren. Bei den Recherchen im deutschsprachigen Internet ergab sich eine weitgehende Befürwortung der biogenen Erdölgenese. Dies ging aus populärwissenschaftlichen Beiträgen, wissenschaftlichen Artikeln und aus ins Netz gestelltem geowissenschaftlichen Lehrmaterial hervor. Das abiogene Modell der Erdölentstehung wurde dort meist gar nicht oder höchstens nur am Rande erwähnt. Im englisch- und russischsprachigen Internet sah dies hinsichtlich der Vielfältigkeit und Fülle schon etwas anders aus, was auch irgendwie verständlich ist, da ja Deutschland keine ausgesprochene „Erdölnation“ ist.

Neben vielen interessanten und auch fachlich sehr speziellen, wie auch gegensätzlichen Beiträgen stieß ich auf diese Weise auf einen Artikel von M. W. Rodkin – Autor von über 180 wissenschaftlichen Publikationen und Mitarbeiter des Geophysikalischen Zentrums der Russischen Akademie der Wissenschaften, welcher sich via Internet für einen großen Kreis von Interessenten allgemeinverständlich ausdrückt, dabei etwas Struktur sowie Licht in die Welt der existierenden Vorstellungen über die Entstehung von Kohlenwasserstoffvorkommen auf der Erde bringt. Im Beitrag wird kurz gezeigt, welche geteilte Auffassung die kompetente Fachwelt hinsichtlich der Erdölgenese nach wie vor wirklich ist. Auch der interessierte Laie wird merken, dass der so genannte „gesunde Menschenverstand“ (welcher oft mit oberflächlicher Logik verwechselt bzw. unbewusst gleichgesetzt wird) hier erheblich in die Irre führen kann. Rodkin hat mit seinem Aufsatz meine bisherige eigene fachliche Voreingenommenheit zur gegebenen Thematik vollständig aufgelöst!

Hier sein Artikel!

Theorien über die Herkunft des Erdöls:

These – Antithese - Synthese

von Dr. habil. M.W. Rodkin

(Dr. d. math.-phys. Wissensch. lt. aktueller russ. Nomenklatur akad. Grade; Mitarbeiter des Geophysikalischen Zentrums der Russischen Akademie der Wissenschaften – *Anm. d. Übers.*)

nach http://wsyachina.narod.ru/earth_sciences/oil_genesis_1.html

(Beitrag aus dem Internet nach dem Artikel „Proiskhosdenije njefti - stary spor“ // Nauka v Rossii. 2004. № 5. S. 28-33. [russ.]; - „Der Ursprung des Erdöls – ein alter Streit“ // Wissenschaft in Russland. 2004 Nr. 5, S. 28-33)

Es ist bemerkenswert, dass unabhängig von der großen ökonomischen Bedeutung und dem gewaltigen Volumen der bisher geleisteten gründlichen Forschungsarbeit in der Frage der Herkunft des Erdöls hier noch mehr Unklarheit als für jeden beliebigen anderen weit verbreiteten Naturstoff herrscht.

*H. D. Hedberg (*1903 - †1988)*

ehem. Präsident der Amerikanischen Geologischen Gesellschaft

Unversöhnliche Clans

Das Wesen des organischen Modells – der am meisten verbreiteten Vorstellung über die Erdölgenese - formulierte schon M.W. Lomonossow, welcher 1763 „über die Entstehung dieser braunen Materie... aus Pflanzenresten unter der Wirkung der Erdwärme“ schrieb. Die zweite Hälfte des 19. Jahrhunderts verlief bezüglich des Themas hauptsächlich unter dem Vorzeichen des abiogenen Modells von D. I. Mendelejew. Bei der Untersuchung von Erdöl aus Apscheron (Aserbaidschan) entwickelte der Wissenschaftler die Hypothese darüber, dass sich das Erdöl im Resultat chemischer Prozesse bildet, welche in den Tiefen unterhalb des Hauptkamms des Kaukasus ablaufen. Er mutmaßte, dass entlang der Hänge des Kaukasus weitere Erdöllagerstätten vorkommen müssten. Die Wahrheit ist, dass gerade dort, wo es Mendelejew voraussagte, keinerlei Lagerstätten gefunden wurden. Man fand sie im Bereich von Sedimentationsbecken darunter auch solche, die nichts mit den kaukasischen Gebirgskämmen gemein hatten.

Sehr deutlich dominierte im 20. Jahrhundert das organische Modell der Entstehung des Erdöls. Russische Erdölgeologen (N. B. Wassojewitsch, I. M. Gubkin, A. P. Archangelskij u. v. a.) zeigten, dass eine enge Verbindung zwischen Kohlenwasserstofflagerstätten und den Sedimentgesteinen besteht. Diese Erkenntnis ist auch Bestandteil der allgemeinen Konzeption von W. I. Wernadskij (Begründer der modernen Geochemie, Schöpfer des wiss. Begriffs „Biosphäre“ – *Anm. d. Übers.*) im Zusammenhang mit der Rolle der Lebewelt bei der Formierung geochemischer Zyklen. Wernadskijs Theorie über die Rolle der Biosphäre bei der Evolution der Erde wird praktisch von allen anerkannt. Es erwies sich, dass die Produkte der Biosphäre viel tiefer in das Erdinnere eindringen, als es selbst der Autor dieser Hypothese vermutete. Gegenwärtig wird unter den Fachwissenschaftlern das Tiefenmodell der Durchmischung des primären sedimentären Materials (zusammen mit den umstrukturierten biogenen Relikten) im Bereich des Erdmantels breit diskutiert. Die ozeanischen Platten, deren Bestandteil auch Sedimentgesteine sind, gelangen in den Bereich des Erdmantels (wo sich eine Platte unter die andere schiebt – die so genannten Subduktionszonen an den äußeren Aktivzonen der Kontinente). Diese Aktivzonen erscheinen an der Oberfläche als Vulkangürtel wie z. B. die von Kamtschatka, der Kurilen, der Vulkangürtel um den Pazifik. Eben gerade mit einem derartigen „Recycling“ der organischen Substanz wird auch die Entstehung eines Teils der Diamanten in Verbindung gebracht. Inzwischen weiß man, dass das bakterielle Leben in solchen Tiefen regelrecht kocht, wo es früher für unmöglich gehalten wurde. Es scheint so, als wenn im 20. Jahrhundert die Wissenschaft quasi unumstößliche Argumente für die Richtigkeit der organischen Theorie der Erdölenstehung gewonnen hätte. Aus Erdöl konnte eine große Anzahl von Biomarkern als molekulare Relikte von Materie biologischer Herkunft extrahiert werden. Außerdem zeigte sich, dass Erdöl über eine optische Aktivität verfügt, welche man als eine Eigenschaft ausschließlich organischer Substanz einstufte. Der Streit über die Erdölgenese verstummte jedoch nicht.

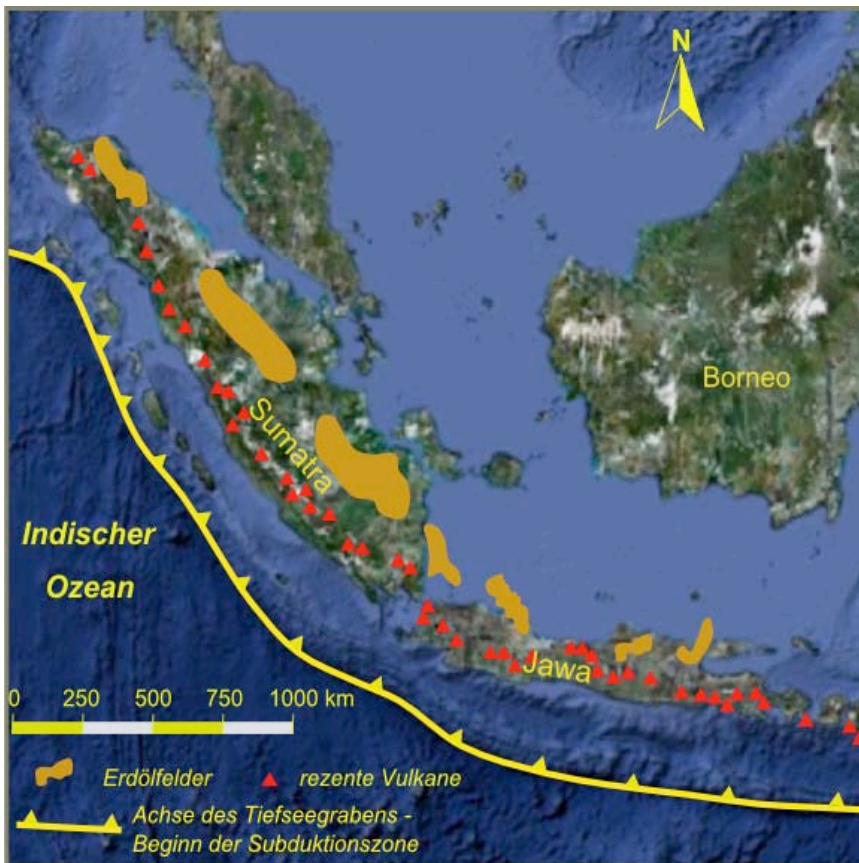


Abb. 1: Erdöllagerstätten im Gebiet von Indonesien

(Abb. des Übers. unter Zuhilfenahme des Schemas des Autoren sowie Google Earth)

Einige Gruppen von Wissenschaftlern (P. N. Kropotkin, E. B. Tschakaljuk, Th. Gold u. a.) verharren weiterhin auf dem abiogenen Modell. Eines ihrer wichtigsten Argumente ist, dass sich demonstrieren lässt, wie sich aus Kohlendioxid und Wasser bei bestimmten Temperaturen und Drücken die Hauptkomponenten von Erdöl bilden können. Diese Temperaturen und Drücke entsprechen Bedingungen im Bereich des oberen Erdmantels (100 km und tiefer). Außer dem gut bekannten Fakt der vulkanischen Entgasung entwickelte sich die Theorie der kalten Entgasung der Erde: P. N. Kropotkin entdeckte Entlastungsanzeichen in großen Tiefen (Bereich des Erdmantels) nicht nur über heiße Gase sondern auch über kältere gasförmige Kohlenwasserstoffe. Ein Zeugnis für eine kalte Entgasung ist, dass in Verbreitungsgebieten von Schlammvulkanismus bedeutend mehr natürliches Gas ausgeworfen wird, als zu erwarten ist.

Außerdem konnte das biogene Modell viele wichtige Fakten aus der Erdölgeologie, welche auf empirischem Wege gewonnen wurden, nicht erklären: Zum Beispiel warum die Lagerstätten oft an Zonen von Tiefenstörungen gebunden sind, warum sich die industriellen Hauptvorräte von Erdöl und Erdgas in nur relativ wenigen sehr großen Lagerstätten konzentrieren, warum eine direkte und deutliche Verbindung zwischen den Erdöl-/Erdgasvorkommen, der organischen Substanz in den Sedimentgesteinen sowie der Zusammensetzung und Menge des sich in ihnen befindlichen Erdöls fehlt. Um die Entstehung einer Lagerstätte im Rahmen biologischer Konzeptionen zu erklären, kommt man oft nicht umhin zu postulieren, dass die Kohlenwasserstoffe in horizontaler Richtung mitunter über hunderte von Kilometern hätten geflossen sein müssen (weil in der der Nähe einfach keine potentiellen Quellen für Erdöl existieren). Natürlich erscheinen derartige horizontale Strömungsvorgänge nicht sehr realitätsnah. Auch Spuren einer derartigen Migration lassen sich nicht feststellen. Das Wichtigste aber ist, dass bisher unverstanden bleibt, wie aus weniger energiebeladenen organischen Überresten die mit höherer Energie ausgestattete Moleküle der Bestandteile des Erdöls entstehen können. Anhänger des biogenen Modells behaupten, dass eine solche Umwandlung in geologischen Zeiträumen unter dem Einfluss der mechanischen und Wärmeenergie aus dem Erdinneren erfolgen kann. Jedoch konnte bisher niemand den gesamten Zyklus dieser Umwandlung weder theoretisch noch experimentell modellieren.

Es hat sich somit eine Pattsituation ergeben. Nach eineinhalb Jahrhunderten aktiver Erforschung dieser

Problematik und der Anhäufung eines riesigen Volumens faktischen Wissens konnte nicht eine der Parteien nicht nur ihre Opponenten widerlegen (dies könnte man noch mit Dickköpfigkeit und der Unvollkommenheit der menschlichen Natur erklären), sondern man war bisher auch nicht in der Lage, auf einige wichtige Fragen überzeugend zu antworten. Eben diese sind auch Schlüsselfragen für die Suche und Erkundung von Erdöllagerstätten. Im Resultat stützen sich die Erkunder heute lieber auf ihre Erfahrungen und Kenntnisse hinsichtlich örtlicher Spezifika sowie ihre Intuition als auf eine entsprechende wissenschaftliche Theorie.

Fakten mit doppeltem Boden

Im 21. Jahrhundert erweckt die Frage nach der Herkunft und dem Bildungsprozess des Erdöls noch mehr Interesse denn je (zumindest im Rahmen des klassischen biogenen Modells). Dieses Problem wird aktiv auch auf speziellen Kongressen diskutiert. Die letzten dieser Art fanden in Moskau im März 2002 sowie im April 2003 statt. Der nächste derartige Kongress wird im Juni 2005 in Calgary (Kanada) abgehalten. Wie weit jedoch die gegnerischen Seiten der Fachwelt von einander entfernt sind, ist allein schon aus den Bezeichnungen entsprechender Fachartikel aus wissenschaftlichen Zeitschriften zu entnehmen. So veröffentlichte beispielsweise eine Gruppe russischer Wissenschaftler im Jahr 2001 einen Artikel unter der Bezeichnung „Der Triumph der organischen (der sedimentären Migration) Theorie der Erdölentstehung gegen Ende des 20. Jahrhunderts“. Im gleichen Jahr erschien in einer renommierten englischsprachigen Zeitschrift ein Artikel unter dem Titel „Vergessen wir die biogene Entstehungsweise des Erdöls“. Zwischen diesen beiden extremen Auffassungen existieren auch viele zwischengelagerte Meinungen. Damit hat uns die Natur ein wahres Rätsel aufgegeben!

Natürlich, wenn bald dazu eine Konferenz stattfinden wird und entsprechende Artikel veröffentlicht werden, bedeutet dies, dass auch neue Argumente bei den Opponenten aufgekommen sind. Wichtig ist auch zu bemerken, dass einige Fakten, welche früher als Beweise der biogenen Konzeption galten, in den letzten Jahren eine ganz andere Erklärung erhielten. So wurde zum Beispiel geklärt, dass optische Aktivität auch eine Eigenschaft abiogener Materie sein kann: Solche organische Materie wurde in Meteoriten vorgefunden. Theoretisch konnte aufgezeigt werden, dass die optische Aktivität auch synthetisch unter hohen Drücken und hohen Temperaturen erzeugten Kohlenwasserstoffen zu eigen sein kann.

Als eines der scheinbar am wenigsten bestreitbaren Argumente galt bisher die Anwesenheit von Biomarkern im Erdöl, welche als Relikte biologisch entstandener Stoffe gedeutet werden. Auch schon früher wurde dieser Fakt anders interpretiert. Die Marker konnten auch über die Sedimentgesteine, welche ihrerseits organisches Material enthalten, in das Erdöl gelangt sein. Es handelt sich dabei um eine traditionelle Entgegnung. Es bestehen aber auch neuere. So wurde herausgefunden, dass in tief gelegenen Horizonten der Erdkruste Kohlenwasserstoffe von Bakterien aufgearbeitet werden. Eben deshalb seien im Erdöl die besagten Biomarker vorzufinden. Außerdem sind Arbeiten bekannt, in welchen die Synthese einer Reihe von Verbindungen beschrieben wird, welche früher als typische Biomarker eingestuft wurden.

In letzter Zeit kam auch noch eine andere Erklärung hinsichtlich der relativen Konzentrationen der Isotopenzusammensetzung der Kohlenwasserstoffe auf. Bisher war die Rede davon, dass ein elementarer Isotopenaustausch der Kohlenwasserstoffe mit dem Muttergestein möglich sei. Es gibt dazu auch neuere Angaben, welche sich in die Theorie des Tiefenrecyclings der Stoffe der Erdkruste logisch einbetten lassen. Tatsächlich ist ein Stoff, welcher den Weg aus der Erdkruste in den Erdmantel und zurück begibt, nach seiner Isotopenzusammensetzung einem oberflächennahen Stoff sehr ähnlich. Seiner Herkunft nach handelt es sich jedoch, streng genommen, um einen Stoff aus dem Erdmantel. Zum Beispiel kann man in Gebieten aktueller tektonischer Aktivität eine Übereinstimmung der Isotopencharakteristika von Methan und Helium beobachten. Üblicher Weise folgert man, dass sich die Isotopenzusammensetzung von Helium deshalb ändert, weil es sich mit Helium aus dem Erdmantel anreicherte. Eine logische Schlussfolgerung ist deshalb, dass ebenso Methan aus einer Tiefenquelle stammen kann. Folglich erscheint vollkommen möglich, dass der Beitrag von Verbindungen aus größeren Tiefen an der Bildung von Kohlenwasserstofflagerstätten viel größer ist, als bisher angenommen wurde.

So zeigt sich, dass für die meisten empirischen Mutmaßungen der Erdölgeologie heute ein doppeltes Inventar von Interpretationen vorhanden ist: Möchte man, so kann man einen Fakt vom Standpunkt des biogenen Modells erklären; möchte man, so kann man den Vorzug auch dem abiogenen Modell geben.

„These – Antithese - Synthese“

Lassen Sie uns nicht das Problem lösen wollen, sondern versuchen wir doch, die Hauptargumente der Anhänger dieser so unterschiedlichen wissenschaftlichen Positionen zu verstehen! Es mag sein, dass es von außen her leichter ist, über dieses Thema zu diskutieren. Sind doch Wissenschaftler benachbarter Gebiete nicht so sehr in das entstandene System der professionellen Meinungen und Verhältnisse eingebunden und auch nicht mit Details belastet. Der Autor des vorliegenden Artikels gehört genau zu den außen stehenden Menschen, die auch noch das Glück haben, zu den Organisatoren und aktiven Teilnehmern o. g. Konferenzen zu gehören. Somit ist er in der Lage, unter nicht formellen Bedingungen die Probleme mit den Vertretern der verschiedensten Richtungen erörtern zu können.

Ich beginne mit der äußersten Position eines Anhängers des anorganischen Modells – des US-Amerikaners J. Kanie. Er ist der Auffassung, dass das organische Modell überhaupt keine Existenzberechtigung besitzt. Dabei ist rein menschlich gesehen, seine Art der heißblütigen Verteidigung der Priorität der russisch-ukrainischen Schule der abiogenen Erdölsynthese sehr einnehmend. Das betrifft auch seine sarkastischen Bemerkungen gegen die „altmodischen“ Vertreter der amerikanischen Erdölschule, welche er in inoffizieller Umgebung „biotics“ zu bezeichnen pfllegt. Seine Argumente sind in aller Kürze folgende:

- Die einzige thermodynamisch stabile Kohlenwasserstoffverbindung innerhalb der Erdkruste ist Methan;
- Die thermodynamischen Potentiale der Erdölkomponenten sind wesentlich größer als die des Methans und der Komponenten des dispers verteilten organischen Materials (als angenommener Ausgangsstoff für die Bildung von Kohlenwasserstoffen);
- dem entsprechend ist eine spontane Umbildung des organischen Materials zu irgend welchen Kohlenwasserstoffverbindungen nicht möglich (mit Ausnahme von Methan, für welches ein solcher Prozess aus thermodynamischen Gründen vollkommen natürlich ist).

J. Kanie bemerkt weiter, dass das Verhältnis der n-Alkane und ihrer Isomere im Erdöl nicht den Verhältnissen ihrer thermodynamischen Potentiale bei Drücken und Temperaturen innerhalb der Erdkruste entspricht (d. h., der Schicht, wo sich nach Meinung der Anhänger des biogenen Modells das Erdöl bildet). Jedoch ergibt sich das im natürlichen Erdöl beobachtete Verhältnis, rechnet man die Potentiale entsprechend den Temperatur- und Druckverhältnisse des oberen Erdmantels um. Als logische Schlussfolgerung erweist sich, dass die n-Alkane und ihre Isomere sich nicht innerhalb der Erdkruste bildeten, sondern bedeutend tiefer – im oberen Erdmantel. Es sei daran erinnert, dass experimentell und theoretisch nachgewiesen ist, dass bei hohen Drücken und Temperaturen die spontane Bildung von Erdölkomponenten möglich ist (J. W. Tschekaljuk, W. G. Kutscherow (s. auch unter EIKE <http://tinyurl.com/yemhej2> dort „Kutcherov“), J. Kanie u. a.).

Diese Feststellungen treffen jedoch auf ernsthafte Einwände. Beginnen wir mit der Auffassung hinsichtlich der Tiefengese des Erdöls, weil hier die Einwände weniger prinzipiell erscheinen. Nehmen wir an (das erscheint der Wahrheit am nächsten), dass die Bedingungen, welche für die Bildung großer Erdölmengen notwendig sind, d. h. Druck, Temperatur, die nötige Konzentration der Ausgangsstoffe und Katalysatoren tatsächlich in einer Tiefe von 100 km im oberen Erdmantel vorhanden wären. Aber wie gelangt das, was sich dort gebildet hat, in oberflächennahe Bereiche der Erdkruste?

Bei niedrigen Temperaturen, welche dem oberen Bereich der Erdkruste entsprechen, ist Erdöl sehr lange in der Lage, sich in einer metastabilen Phase zu halten. Jedoch bei höheren Temperaturen im oberen Erdmantel würde es hinreichend schnell zerfallen. Es kommt die Frage auf, ob große Mengen des Protoerdöls bei der Aufwärtsbewegung in Richtung Erdoberfläche erhalten bleiben können. Oder gelangen nur die Zerfallsprodukte CO_2 , H_2O , CH_4 an die Oberfläche, wobei im Gestein kohlenstoffhaltige Einschlüsse und entsprechende Beläge bestehen bleiben? In Vielem erinnert der Prozess an den Austrag aus dem Erdmantel von thermodynamisch ungleichgewichtigen Diamanten. Aber wie bekannt ist, „überleben“ sehr wenige Diamanten diesen Aufstieg. Woher stammen denn dann diese großen wirtschaftlich nutzbaren Mengen Erdöls?

Es besteht ein noch ernsthafterer Einwand. Die Beweisführung von J. Kanie und anderer Wissenschaftler, dass sich Erdöl in der Erdkruste nicht aus organischen Überresten bilden kann, ist nicht ganz überzeugend. Diese Beweisführung wäre im Falle einer gleichgewichtsbasierten Thermodynamik richtig. Einen Teil der Argumente von J. Kanie u. a. führten schon Chemiker des 19. Jahrhunderts an, womit sie das anorganische Modell der Erdölgenese von D. I. Mendelejew untermauern wollten. Aber die Entwicklung der Chemie und Physik in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts bezüglich ungleichgewichtig verlaufender Prozesse erschütterte den Glauben an die Universalität der Thermodynamik des Gleichgewichts. Geht man

ausschließlich von der Gleichgewichtsthermodynamik aus, wäre beispielsweise die Entstehung des Lebens unmöglich, könnten sich keine Bjeloussow-Zhabotinskij-Reaktion sowie viele andere inzwischen gut bekannte ungleichgewichtig verlaufenden Prozesse vollziehen.

Auf Fragen, welche nicht vom Standpunkt der Gleichgewichtsthermodynamik lösbar sind, ist es schwer eine Antwort zu finden. So fällt es der modernen Wissenschaft nach wie vor schwer, ein allgemeingültiges Modell der Entstehung des Lebens zu entwickeln. Dabei können in der Regel weit vom Gleichgewicht entfernt verlaufende Prozesse unter streng definierten speziellen Bedingungen realisiert werden. Es bleibt unverständlich, in welchem Maß die Bedingungen innerhalb sedimentärer Schichten der Erdkruste, denen gleichen, welche für die massenhafte Bildung von Erdöl Voraussetzung waren. Ungeachtet dessen, existiert eine solche Option, welche es wert wäre, näher untersucht zu werden. Lassen Sie uns also versuchen, wenigstens die ersten Schritte in diese Richtung zu gehen!

Die Hauptbesonderheit des uns interessierenden Ungleichgewichtsprozesses lässt sich von ganz allgemeinen Positionen erörtern. Selbst eine derartige vorläufige Analyse wird bereits zu wichtigen und nicht trivialen Schlussfolgerungen führen. In Analogie zu anderen Prozessen, welche die Gleichgewichtsthermodynamik verbietet, drängt sich natürlicher Weise auf, dass die Bildung von Erdöl aus dispers verteiltem organischen Material nach dem Schema eines ungleichgewichtsbasierten Durchflussreaktors verlaufen kann. Dem Reaktionsraum wird Stoff und Energie zugeführt. Die Reaktionsprodukte werden abgeführt. Angesichts eines solchen Herangehens lässt sich Vieles neu betrachten! So ist beispielsweise ganz klar, dass die einfache Existenz von organikerfülltem Speichergestein, welches lange hohen Temperaturen ausgesetzt ist, eine notwendige Bedingung für die Erdölbildung aber für diese nicht hinreichend ist. Denn in diesem Fall würde sich aus den Kohlenwasserstoffen nur Methan bilden. Damit der gewünschte Prozess in Gang gehalten wird, muss in das Erdölmuttergestein ständig Stoff und Energie gelangen. Die Reaktionsprodukte (d. h., die Erdölkomponenten) müssen danach bei niedrigeren thermodynamischen Parametern aus dem Muttergestein wohin auch immer schnell ausgetragen und angehäuft werden. Innerhalb der Erdkruste ist ein intensiver Energie- und Stofftransport nur mit Hilfe des Magmas oder mittels Fluidströmen (Flüssigkeiten, Gase) möglich. Das Magma ist auszuschließen. Es hat eine sehr hohe Temperatur, wodurch das Erdöl sofort zersetzt werden würde. So bleiben nur noch Fluidströme aus der Tiefe übrig, welche nicht nur hohe Energien sondern auch verschiedenartige Tiefenkomponenten wie Kohlenwasserstoffe mit Herkunft aus dem oberen Erdmantel tragen. Warum sollte dies kein Durchflussreaktor sein?

Ein solches Modell lässt sich gut mit empirisch gewonnenen Fakten in Übereinstimmung bringen. Schon sehr lange ist die Beziehung zwischen den Bildungsorten und den Orten der Erdölkumulation sowie den Bewegungsbahnen der Fluide in der Erdkruste aufgedeckt. (Ähnliche Schlussfolgerungen wurden aus dem fluiddynamischen Modell der Erdölgenese von B. A. Sokolow gezogen. Dort sind sie jedoch nicht die Frucht theoretischer Überlegungen, sondern sind das Resultat der Verallgemeinerung empirischer Angaben aus Becken aktiver Bildung und Akkumulation von Erdöl.)

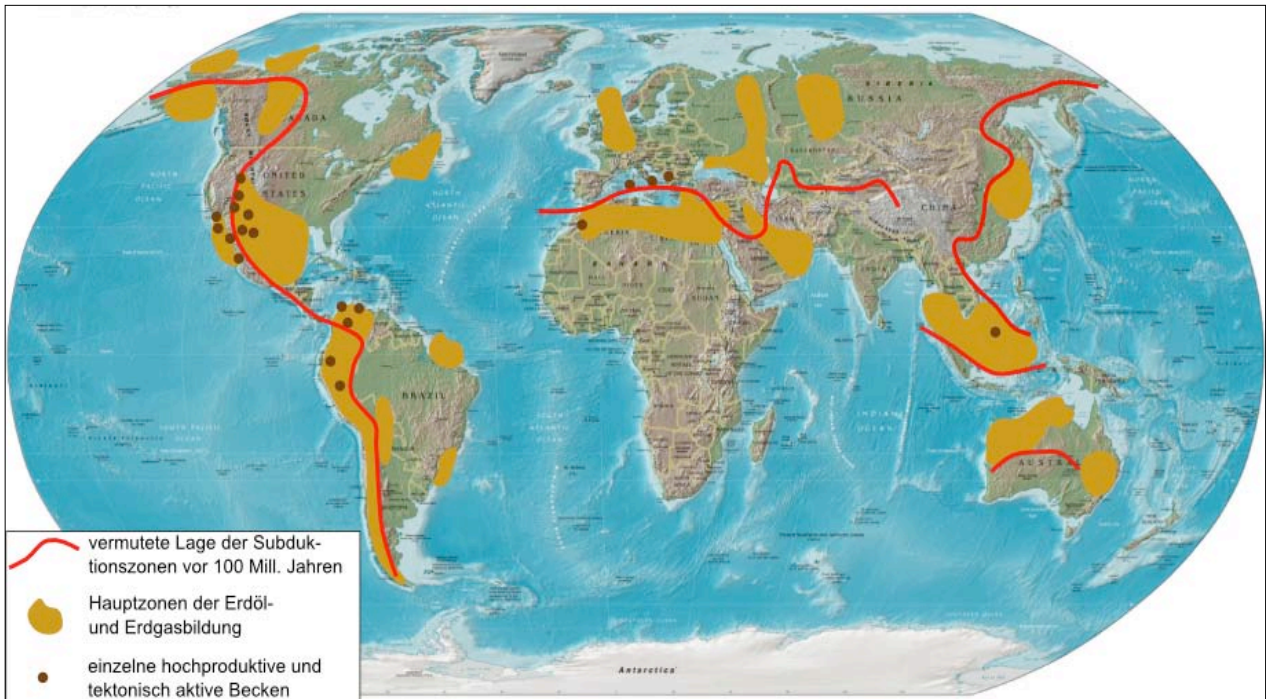


Abb. 2: Hauptzonen der Erdöl- und Erdgasbildung und Paläosubduktionszonen

(Abb. des Übers. nach dem Schema des Autors)

Ausgehend von der Position eines ungleichgewichtsbasierten Durchflussreaktors lassen sich die weißen Flecken des biologischen Modells der Erdölgenese leichter füllen:

- die räumliche Getrenntheit von Zonen der Bildung und Akkumulation des Erdöls;
- die Stadienhaftigkeit der Erdölbildung und die Lage der Bildungsherde sowie seiner Vorkommen in der Nähe von Störungszonen;
- die Verbindung von Erdöllagerstätten mit Epochen und Gebieten der Aktivierung von Tiefenfluidregimes;
- die verhältnismäßig geringe Abhängigkeit der Zusammensetzung sowie der Mengen von Erdöl von den Eigenschaften der sedimentären Mutter- und Begleitgesteine;
- die Existenz von Zuflusskanälen zu den Erdöllagern und die Anwesenheit von Stoffen aus dem oberen Erdmantel, wo eine intensive Erdölbildung erfolgt.

(Zur Ergänzung nachfolgend zwei vom Übersetzer erstellte bzw. hinzugefügte Darstellungen)

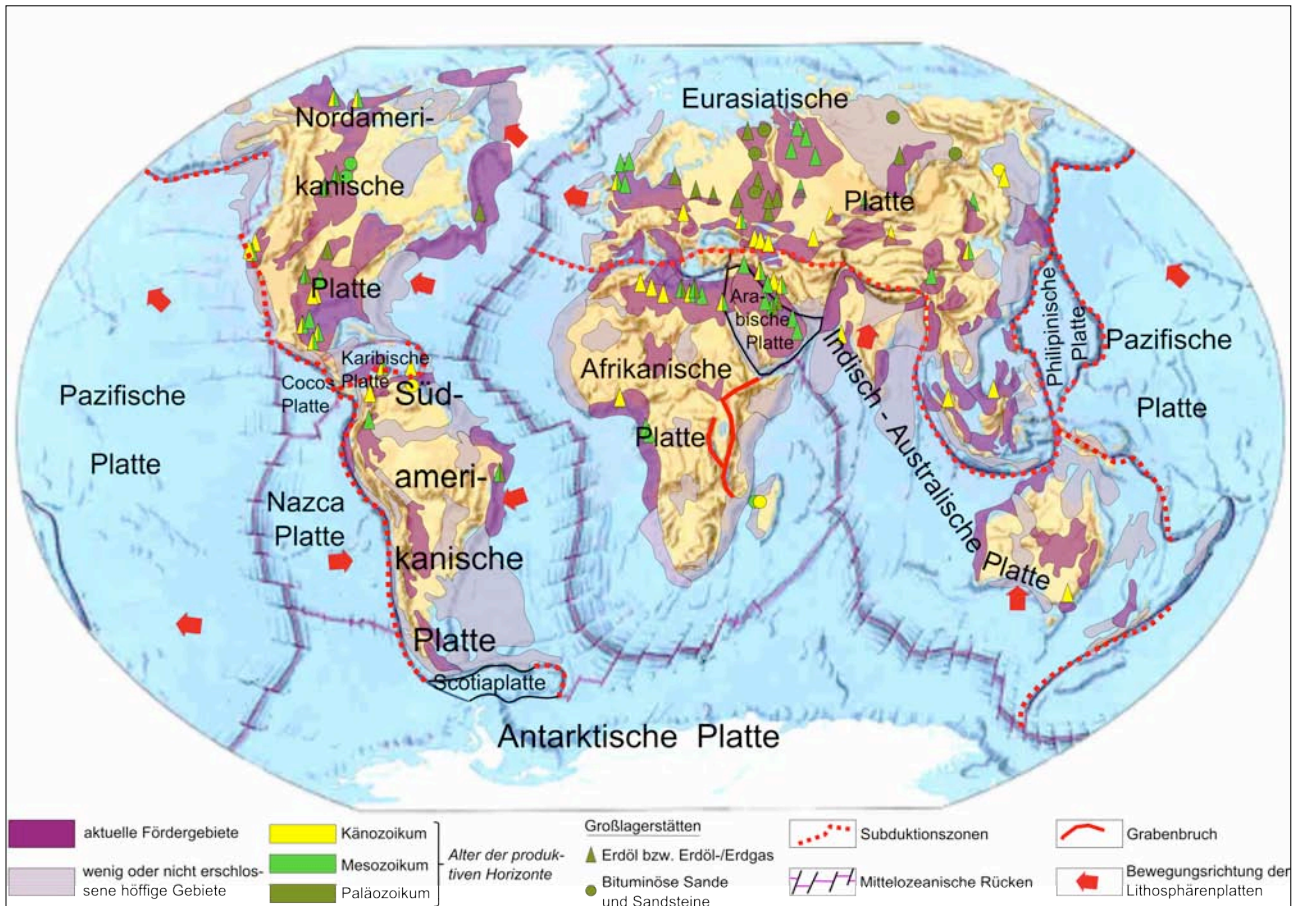


Abb. 3: Schematische Karte der Erdölhöflichkeit und großtektonischer Strukturen der Erde
 (Zusammenstellung des Übersetzers nach „Gornaja Enziklopedija“, bd. 5, S. 126; bd. 3, S. 469, Moskwa, „Sowjetskaja Enziklopedija“ 1987-1992)

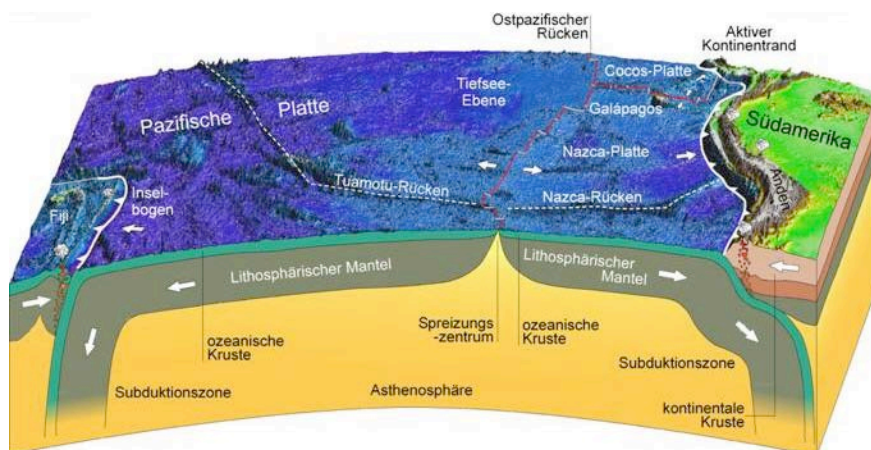


Abb. 4: Schema der Plattentektonik
 (Abbildungsausschnitt aus www.wellermanns.de)

Welche der geotektonischen Strukturen sind wohl einem ungleichgewichtsbasierten Durchflussreaktor am ähnlichsten? Tiefe Sedimentationsbecken - dort, wo vertikale Strömungen von aus Sedimenten gepressten Fluiden vorkommen. Eine andere Variante sind Zonen, wo sich die einen Blöcke der Erdkruste in großer Tiefe über benachbarte schieben und somit riesige Massen von Sedimentgesteinen unter sich lassen. Die größten solcher Zonen sind die Subduktionszonen, in welchen die ozeanischen Platten in den Bereich des

oberen Erdmantels gelangen. Fluidströme liefern ständig Energie und verschiedenartigste Tiefenkomponenten. Eine stillstandsfreie Arbeit des Durchflussreaktors ist somit gewährleistet. Würden diese Ströme nicht existieren, zerfielen diese aus Verhältnissen des Ungleichgewichts stammenden Kohlenwasserstoffe sofort an Ort und Stelle unter der Bildung von Methan, Kohlendioxid und Graphit. Es ist anzumerken, dass in den letzten Jahren durch geologisch-geophysikalische Untersuchungen bestätigt wurde, dass Zonen der intensiven Bildung von Erdöl und Erdgas mit Zonen tiefer Überschiebungen und der Subduktion (rezente sowie alte) übereinstimmen. Solche Übereinstimmungen wurden für die Fördergebiete in der Südlichen Kaspisee, Nordsachalin und Westkamtschatka festgestellt. Es wäre interessant, diese Aufzählung noch zu erweitern und zu überprüfen, in wie weit diese Gesetzmäßigkeit auch in anderen Gebieten zutrifft.

Nun ergibt sich ein interessanter Sachverhalt - Die Erdölbildung wird in ihrem Ursprung als biogener Prozess innerhalb eines ungleichgewichtsbasierten Durchflussreaktors betrachtet. Jedoch die für einen solchen Prozess charakteristischen Züge gestalten sich zu Besonderheiten, die allgemein im Rahmen der Erklärung der abiogenen Erdölgenese herangezogen werden. Zum Beispiel sind die Anhäufung von Erdöl im Bereich von Störungszonen, das Vorhandensein von Wegsamkeiten für die Speisung mit Erdöl, der Zusammenhang von Erdöllagerstätten mit Aktivierungszonen von Tiefenfluidregimes (insbesondere des oberen Erdmantels) unabdingbare Voraussetzungen für die effektive Umbildung der dispers verteilten organischen Substanz zu Kohlenwasserstoffkomponenten des Erdöls. Im Rahmen eines solchen Schemas verliert ein großer Teil der streng biogen oder abiogen gehaltenen Erklärungen seine Kategorizität. Es deutet sich eine Annäherung der beiden Konzeptionen an – eine Möglichkeit ihrer parallelen bzw. gleichzeitigen oder sich gegenseitig ergänzenden Ausarbeitung. Es liegt nahe, zu schlussfolgern, dass so wohl eine biogene als auch eine abiogene Erdölbildung erfolgt (unter unterschiedlichen Bedingungen und unterschiedlichen Maßstäben). Es wirkt das allgemeine Prinzip: in der Natur kann alles geschehen, was sich nicht durch physikalische Gesetze verbietet. An diesem Hintergrund erscheint die fast über 300 Jahre währende Diskussion des Problems wie eine Illustration der klassischen Hegelschen Triade „These – Antithese – Synthese“.

Literatur

1. Degasazija Zemli, geodinamika, geofluidy, nefte i gaz. M. GEOS, 2002
(Entgasung der Erde, Geodynamik, Geofluide, Erdöl und Erdgas, Moskau, GEOS, 2002)
2. Genesis nefte i gaza (A. N. Dmitrijewskij, A. E. Kontorowitsch, otw. Red.). M.: GEOS, 2003,
(Die Genesis des Erdöls und Erdgases (A. N. Dmitrijewskij, A. E. Kontorowitsch, verantw. Red.),
Moskau, GEOS, 2003)
3. Karzew A.A., Lopatin N. W., Sokolow B.A. I dr. „Geologija nefte i gaza“, № 3, 2001. (Karzew
A.A., Lopatin N. W., Sokolow B.A. et al. „Die Geologie des Erdöls und Erdgases“ Nr. 3, 2001)
4. Rodkin M.W. w kn.: Degasazija Zemli i genesis ugljewodorodnych fljuidow i mjestoroshdenii. M.
GEOS, 2002
(Rodkin M.W. in: Die Entgasung der Erde und die Genese von Kohlenwasserstofffluiden sowie deren
Lagerstätten, Moskau, GEOS, 2002)
5. Sokolow B.A. Nowye idei w geologii nefte i gaza. Izd-wo MGU, 2001.
(Sokolow B.A.: Neue Ideen in der Geologie des Erdöls und des Erdgases. Verl. d. Mosk. Staatl.
Univ., 2001)

*Übersetzung aus dem Russischen von
Bernd Hartmann*

Halle (S.) im November 2010

*(Der Übersetzer versichert, dass bei der Transkription russischer Namen ausschließlich deutsche Regeln
angewendet und streng eingehalten wurden.)*