

PETROLEUM

ZEITSCHRIFT

für die gesamten Interessen der Mineralöl-Industrie u. des Mineralöl-Handels
vereinigt mit der Zeitschrift „Die Rohölindustrie“

Verlag für Fachliteratur G. m. b. H., Berlin W 62, Courbiéstr. 3. — Telegramm-Adr.: Fachpetrol.
Telefon: Amt Nollendorf Nr. 443 und 444.
Zweigniederlassung: Wien I, Eschenbachgasse 9.

Bezugspreis: Pro Band (36 Hefte) für Deutschland, Oesterreich u. Ungarn 160 M., Tschecho-Slowakei 160 Kronen,
Rumänien 160 Lei, Schweiz 75 Francs, Holland 30 Gulden, Skandinavien 52 Kronen, Belgien, Luxemburg und
Frankreich 90 Francs, Italien 100 Lire, England 3 £, Vereinigte Staaten 15 Dollar.

Sonderabdruck aus der Zeitschrift „Petroleum“ Nr. 6, XVIII. Jahrgang.

Das Wasser in den Erdölfeldern.

Von Hans v. Höfer, Wien.

In meinen Büchern und Schriften wies ich seit etwa 20 Jahren die Wichtigkeit des Studiums der Wasserverhältnisse eines Erdölfeldes in praktischer und wissenschaftlicher Hinsicht nach. In Europa wurde mir, mit einziger Ausnahme (Fegräus in Baku), nicht bekannt, dass man dieser wichtigen Frage ein besonderes Interesse zuwendete, nur ein rein technisches bei Wassereinbrüchen, um diesen unliebsamen Zufall schnell und gründlich zu beheben, ohne hierbei wissenschaftlich stets die Herkunft des Wassers einwandfrei festzustellen; eine Wasseranalyse hätte genügt, um auf Grund der vorhandenen hydrogeologischen Studien die Frage zu lösen. Unsere Betriebschemiker wurden mit Betriebsanalysen überhäuft und ihr Interesse für die Wasserfrage nur insoweit angeregt, um die Brauchbarkeit eines Wassers für die Dampfkesselspeisung u. dgl. zu beurteilen — die Geologie ging leer aus. Hingegen fand unsere Wasserfrage vom geochemischen Standpunkt in den Vereinigten Staaten Nordamerikas nach meinen Veröffentlichungen Beachtung und insbesondere in den letzten paar Jahren auch eingehendes Studium. Die Standard Oil Co. hat die Wasseranalysen ihres Chemikers E. A. Starcke in Kalifornien praktisch mit Erfolg ausgenützt. Es scheint mir deshalb gerechtfertigt, dass ich diese Wasserfrage neuerdings, und zwar noch eingehender als früher, bespreche.

Das Wasser bewegt sich innerhalb der Erdkruste in sog. porösen Gesteinen; die Poren sind nicht bloss die kleinen Zwischenräume zwischen Sandkörnern und Geröllen, sondern auch zellige Hohlräume im Kalkstein und Dolomit oder auch verschiedenstarke Klüfte. Der Wasserspiegel in diesen Gesteinen könnte nur dann wagerecht sein, wenn das wasserführende Gestein durchaus gleich wäre, was selten der Fall ist. So ist das Korn des Sandes in demselben Lager dort ein anderes als hier; die

Oberflächenspannung, die Adhäsion des Wassers, ist im feinen Korn grösser, weshalb an dieser Stelle der Wasserspiegel in die Höhe gezogen wird, was um so mehr zu berücksichtigen ist, wenn mit dem Wasser Erdöl vorkommt, dessen Oberflächenspannung bei 20 Grad C. nur etwa ein Drittel jener des ersteren ist. Die Grenzfläche beider, also der Wasserspiegel, kann somit keine Horizontale sein, ja manchmal bedeutend auf- und absteigen, was in vielen Oelfeldern auch nachgewiesen wurde und manche Ueberraschungen erklärt.

Das Wasser in einem Erdölgebiet ist süss, salzig oder gemischt.

Das Süsswasser ist ein Tiefenwasser, manchmal nicht ganz zutreffend auch Grundwasser genannt; es ist ein junges, sulfathaltendes Meteorwasser, bar oder sehr arm an Chloriden und frei von Sulfiden. Es findet sich gewöhnlich im Hangendgebirge der Oellagerstätten und zeigt gegenüber jenem in anderen wasserführenden Gebieten keinen wesentlichen Unterschied.

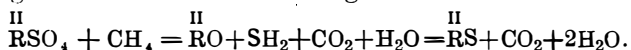
Das Salzwasser, connat (mitgeborenes) water der Amerikaner, besitzt in der Oellagerstätte einen höheren Gehalt an Alkalien, Chloriden, Karbonaten und Sulfiden, bzw. auch Schwefelwasserstoff, ist frei oder höchst arm an Sulfaten und führt oft auch Jod und Brom. Es ist ein fossiles, mehr oder weniger verändertes Meerwasser, das in die Oellagerstätte mit dem animalischen Ursprungsmaterial des Oels eingeschlossen und wasserdicht mit Ton, Schlamm, woraus Schiefer-ton und Ton-schiefer entstanden, überdeckt wurde. Dieses stete Zusammen-vorkommen von Salzwasser und Erdöl ist ebenfalls ein Beweis, dass das Oel marinen Ursprungs ist. Salzwasser kann jedoch auch entfernt von der Oellagerstätte, z. B. in einem hangenden Horizont des Oelfeldes auftreten, in welchem es ebenfalls als fossiles Meerwasser eingeschlossen wurde. Es

besitzt jedoch eine andere chemische Zusammensetzung, qualitativ jener dem jetzigen Meerwasser ähnlich; es enthält zwar relativ reichlich Chloride, doch auch Sulfate und keine Sulfide. So erklärt sich auch das Vorkommen salzigen Wassers in Gebieten, weit entlegen von Salzvorkommen, wie z. B. am Röhrerbichel in Tirol.

Das Mischwasser ist eine Verdünnung des Salzwassers mit Meteorwasser; es ist Sulfatwasser mit Chloriden, chemisch, quantitativ und qualitativ von dem zuletzt besprochenen Salzwasser abweichend. Mit zunehmender Tiefe wird in Folge des Dichteunterschiedes das Wasser salziger.

Die Herkunft eines Wassers bei einem Einbruch in ein Bohrloch lässt sich somit genau bestimmen, wenn man die einzelnen Wasserhorizonte eingehend untersucht hat, wie dies Fègräus in Baku, woselbst viele verschiedene Wasserhorizonte vorhanden sind, tat, und was jetzt im kalifornischen Oelgebiet üblich ist.

Das Salzwasser, das mit Oel und Erdgas vorkommt und kurz Oelwasser¹⁾ genannt sei, habe ich in meinen früheren Veröffentlichungen seit 1902 näher besprochen. Der Vollständigkeit halber will ich hier das Wesentliche wiederholen und einige Folgerungen hinzufügen. Es ist viel salzreicher als das Meerwasser, also auch dichter. Die charakteristischen Eigenschaften dieses Oelwassers wurden bereits genannt: sulfidführend und sulfatfrei. Die Sulfate des eingeschlossenen Meerwassers wurden also reduziert, und zwar, was naheliegend ist, durch die mitvorkommenden Bitumina. Da die Zusammensetzung der Erdöle sehr mannigfaltig ist, sich in keine allgemeine Form bringen lässt, so wählte ich in folgender symbolischen Gleichung Methan, CH₄, das ja in der Regel der vorwiegende Bestandteil des Erdgases ist:



Die Sulfate sind in Sulfide umgewandelt.

Ist R = Ca als Gips im Meerwasser vorhanden, so bildet sich CaS₂, das weiter umgewandelt wird. Andererseits kann sich durch O aus SH₂ S abscheiden. Die CO₂ tritt entweder in das Erdgas oder es wirkt lösend auf das CaCO₃ und MgCO₃ des Gesteines oder auf die neugebildeten Kalziumkarbonate. Das Oelwasser enthält häufig auch in geringen Mengen Brom- und Jodsalze, die bekanntlich auch im Meerwasser vorkommen. Solches Oel- und Gaswasser habe ich auch nach einem Fundort als „Typus Iwonicz“ unter den Mineralwässern ausgeschieden.

G. S. Rogers, welcher sich in seinen Chemical relations of the oil-field waters in San

Joaquin Valley, California²⁾ auf 119 Seiten eingehend mit den Wässern dieses Oelgebietes beschäftigt, hält es nicht für ausgeschlossen, dass die Sulfate des Oelwassers auch durch Schwefelbakterien reduziert würden, obzwar er schliesslich wie ich seit vielen Jahren, zum Bitumen zurückkehrt. Jene Annahme scheint mir unhaltbar zu sein; wo waren die Schwefelbakterien, im Oel oder im Wasser? Da die Sulfide auch im Wasser mit ausschliesslich Erdgas vorkommen, so können sie nicht im Oel sein; wären sie im Salzwasser, so fragt es sich, warum sich in ihm keine Sulfide vorfinden, falls Bitumen fehlt.

Dass das Oelwasser auch ein vortreffliches Schurfmittel sein kann, betone ich seit viel mehr als 20 Jahren und zwar in Folge der Abwesenheit von Sulfaten; durch Chlorbarium nachweisbar, oder durch die Anwesenheit von Sulfiden, erkennbar z. B. durch Braunwerden blanken Silbers, wie dies die kalifornischen Oilmen seit mehreren Jahren handhaben; oft ist auch schon der Geruchsinne ausreichend. Das Salzwasser ist beim Schürfen ein Wink, das sulfidische Oelwasser aufzusuchen.

Der Wasserfrage in den Oelfeldern widmen R. van A. Mills und R. C. Wells³⁾ eine sehr anregende, 104 Seiten starke Arbeit: „The evaporation and concentration of waters associated with petroleum and natural gas“, ein neuerlicher Beweis für das hohe Interesse, welches man diesem Gegenstand in den Vereinigten Staaten entgegen bringt. Sie bestätigen (S. 98) auch von den appalachischen Oel- und Gasfeldern, dass in den Lagerstätten die Sulfate fehlen, die sich jedoch in den höheren und tieferen Wasserhorizonten vorfinden, was als Schurfmittel verwendbar ist. Es kann also meine Theorie als ein allgemein gültiges Gesetz angesehen werden: die beiden Autoren erklären die Gültigkeit auch für die anderen Felder; sie kennen nur Rogers Arbeit, und meine viel ältere und universellere blieb ihnen leider unbekannt. Für die appalachischen Felder, auf welche sich ihre Studien ausschliesslich beziehen, weisen sie darauf hin, dass in den Oelwässern die Karbonate fehlen, obzwar sie bemerkenswerte Mengen von Ca enthalten; dieses, im Verein mit Na und Mg, wurde durch vollständige Verdampfung als Chlorid ausgeschieden; es wird angeregt, zu untersuchen, ob dies auch in anderen Oelfeldern der Fall ist, ob sich neugebildete Karbonate in den Poren des Oelsands absetzen; das Entweichen des CO₂ mit den anderen Gasen, lässt es als möglich erscheinen. Mit der Tiefe steigt meistens die Konzentration der Lösung.

Besonders eingehend werden von van Mills und Wells die Aenderungen des Oelwassers in Folge der Ausgewinnung von Oel und Gas untersucht; letzteres bedingt eine Herabsetzung des Drucks und der Temperatur in der Lager-

²⁾ U. S. Geological Survey, Bull. 653, 1917.

³⁾ U. S. Geological Survey, Bull. 693, 1919

¹⁾ Analysen der Oelwässer finden sich in Höfer „Geologie des Erdöls“, Tabelle z. S. 29, Engler-Höfer — Band II.

stätte, besonders durch das Entweichen des Gases. Dadurch werden Salze fest aus dem Oelwasser ausgeschieden, welches zum Teil verdampft. Am deutlichsten zeigt sich dies in Gasbrunnen, wo sich die Röhren mit Kochsalz verstopfen, was oft grosse Schwierigkeiten bedingt. Auch in den Poren des Oelsandes kommt es zu unorganischen Abscheidungen, wie dies Sandsteinproben aus alten Bohrungen beweisen. In einer solchen Gesteinsprobe waren 0.59 Gew. Prozente im Wasser lösliche Salze, hiervon 89.5 Prozent Kalk. Ein reicher Gasbrunnen im Knox Cy (Ohio) versagte bald; Salzwasser war zugeflossen; aus welchem sich Steinsalz ausschied, wovon innerhalb 12 Stunden 74 000 Pfund (1.814 Kilogr.) gewonnen wurden. Durch kräftiges Torpedieren wurde der Missetand beseitigt, der Brunnen gab 7 000 000 Kubikfuss (198 170 m³) Gas täglich und warf Salzstücke durch 11 Jahre aus. Es werden noch andere ähnliche Fälle mitgeteilt. Karbonate von Ca, Mg und Fe fand man sowohl an den Wänden der Brunnen, als auch in den Oelsandporen als Neubildung; die Ausscheidung von BaSO₄ ist auf einen höheren, bitumenfreien Salzwasserhorizont zu beziehen. Im Laufe der Zeit ändert sich im Gasbrunnen die Zusammensetzung des Oelwassers, hingegen in gasarmen Oelbrunnen nicht. Im allgemeinen erscheinen die konzentrierten Oelwässer in den älteren Feldern. Die chemischen Vorgänge haben nach van Mills und Wells eine bestimmte Reihenfolge im Wechsel des Verhältnisses der gelösten Bestandteile: CO₂ geht mit anderen Gasen aus der Lösung verloren, Ca, Mg und Fe scheiden sich als Karbonate aus, unter günstigen Bedingungen können sich Na und geringe Mengen von Ca und Mg als Chloride ausscheiden, wie dies bereits oben von den Absätzen in Röhren u. dgl. gesagt wurde. Eine Ausscheidung der gelösten Bestandteile, besonders der Karbonate des Ca, Mg, Fe, Na, Ba und Sr, sowie die SiO₂ erfolgt durch etwa zusetzendes, fremdes Wasser. Das Verhältnis des Ca zu den Chloriden steigt, jenes des Na fällt mit der Konzentration. — Diesen Beobachtungen und Folgerungen einen wesentlichen Einfluss auf die Bildung der Salzdomen zuzuschreiben, wie dies die Verfasser wollen, vermag ich nicht anzuerkennen. Es ist befremdend, dass in den mitgeteilten Analysen die Bestimmungen des Br- und J-Gehaltes fehlen.

Die primären Erdöl- und Gaslagerstätten sind marine Sedimente, in den klastischen Gesteinen Transgressionslagerstätten; sie sind konkordant zum Hangenden und Liegenden und erfuhren durch geodynamische Vorgänge in der Lage, auch oft in der Form wesentliche Änderungen. Unter den ursprünglichen Formen ist die der Linse vorherrschend, Lager genannt, seltener ist die einer Platte, das Flöz, und selten die eines Schlauches. Diese Lagerstätten sind allseits von einem aus Ton oder Schieferthon bestehenden

Mantel umschlossen und kommen infolge einer einseitigen Hebung in eine geneigte Lage. Blied hierbei die schützende Hülle geschlossen, blieb sie „versiegelt“, wie es die Amerikaner heissen, so spielten sich in der Lagerstätte nur interne Vorgänge ab, das Oelwasser erfuhr nur die bereits besprochenen Veränderungen durch das Bitumen bzw. durch die miteingeschlossenen organischen Reste. Wurde jedoch ein Teil der gehobenen Lagerstätte durch Erosion und Denudation abgetragen, so kam sie an der Erdoberfläche zum Ausbiss, und sie wurde dem Tagwasser und der Luft zugänglich. Die Gase und auch das Oel konnten teilweise entweichen; das Tagwasser, weil spezifisch schwerer als Oel, konnte wenn auch schwierig, in die Lagerstätte tropfenweise eindringen und, wenn es gut ging, das tiefer liegende Oelwasser erreichen. Damit wurde dieses nicht bloss verdünnt, sondern bekam auch die Bestandteile des Tagwassers zugeführt, welches nun mit dem Oelwasser verschiedene Reaktionen einging — es bildete sich Mischwasser. Da aber in vielen Fällen die Menge des eingetretenen Süsswassers gering war, so wurden die erfolgten Veränderungen des Oelwassers oft übersehen, um so mehr, da das Eindringen in das spezifisch schwerere Oelwasser nur durch Diffusion erfolgen konnte.

Das Ein- und Vordringen des Tagwassers kann jedoch trotz des Ausbisses gesperrt (versiegelt) sein, so durch zähen Erdteer und Asphalt, den Oxydationsprodukten des Erdöls; durch eine Verwerfung, welche den obersten Teil der Lagerstätte abschneidet und isoliert; oder auch durch eine bestimmte Faltung der Lagerstätte.

In einer monoklinen Falte ist das Oel angehäuft; der eine Schenkel des armen Oelsandes kann bis zum Tag reichen, in welchem das Süsswasser leicht eindringen kann. In diesem Fall ist das Oelwasser sehr verdünnt und chemisch verändert. Dieses Mischwasser kann Sulfate und Sulfide enthalten, durch letztere die Nähe des Oels verratend.

Diese voranstehenden naheliegenden Betrachtungen müssen bei der Beurteilung des Oelwassers ebenfalls berücksichtigt werden, weshalb auch hier der Chemiker und der Geologe zusammenarbeiten müssen.

Es ist eine allbekannte und mehr als tausendmal nachgewiesene Tatsache, dass in der Lagerstätte im untersten Teil das Wasser, darüber das Oel und über diesem das Erdgas, wenn frei vorhanden, liegt; diese gleichsam Schichtung der drei Flüssigkeiten erklärte man seit den Zeiten des genialen *S t e r r y H u n t* naturgemäss mittels der verschiedenen spezifischen Gewichte, eine Anschauung, welche durch ein Halbjahrhundert unangefochten allseits geteilt wurde. Erst in jüngster Zeit genügt einigen amerikanischen Geologen diese einfache Erklärung (Gravita-

tionstheorie) nicht; sie nehmen an⁴⁾, dass die Wanderung und Ansammlung des Oels in wassergetränkten Schichten vorwiegend durch die Kräfte der Kapillarität erfolgt; sie setzen voraus, dass das Oel nicht wegen der Differenz in den spezifischen Gewichten von Oel und Wasser aufwärts nach dem Verfläichen wandert und auch nicht durch den Sand durch hydraulische Strömungen getrieben wird; es wird behauptet, dass das Oel gezwungen wurde, aus dem feinen bituminösen Schiefer in die angrenzenden Reservoirgesteine durch die Kapillarwirkung des Wassers⁵⁾ zu treten, und dass keine weiten seitlichen Wanderungen des Oels später stattfanden. Die Kapillarität kann nur in sehr feinen Gesteinen energisch wirksam sein und sie hört für das Oel auf, wenn das Gestein mit Wasser getränkt ist. Diese Hypothesen stützen sich auf die kleinen Laboratoriumsversuche Mc Coys. Gegen diese Sätze nahm jüngst einer der erfahrensten Erdölgeologen Nordamerikas, I. C. White⁶⁾ entschieden Stellung und berief sich zur Bekräftigung der alten Erklärung (Gravitationstheorie) auch auf die der Natur angepassten Versuche von E. van Mills⁷⁾, welche die erwähnten Sätze der Kapillarthypothese als unrichtig und unhaltbar bewiesen.

Als ich in drei Gebieten Nordamerikas nachgewiesen hatte, dass die reichen Erdölvorkommen an antikline Falten gebunden sind (1877), nannte man diese Tatsache „Antiklinaltheorie“; nachdem jedoch nachgewiesen wurde, dass dieser Zusammenhang für alle Oel- und Gasgebiete der Erde gilt, also als ein Naturgesetz gelten kann, was jetzt auch die amerikanischen Geologen anerkennen, bezeichnen diese in richtiger Weise mit Antiklinaltheorie die Erklärung dieses Naturgesetzes; die Gravitationstheorie erklärt es ganz befriedigend, soweit sie die Schichtung von Gas, Oel und Wasser betrifft. Ein anderer Teil der Antiklinaltheorie bezieht sich auf die Entstehung der gas- und ölreichen Hohlräume in der Antikline, in ihr sind bei der Biegung Zerrungen entstanden, am stärksten im Scheitel und in dessen Nähe, welche eine Lockerung des Gefüges im Gestein, also eine Vergrößerung des Porenvolumens, zur Folge haben mussten, was bei festem, etwas spröden Lagergesteinen bis zur Bildung von vielen kleinen Klüften fortschreiten konnte.

⁴⁾ A. W. Mc Coy: Notes on Principles of Oil Accumulation in Journ. of Geology, 27, 252, 1919. — F. W. Jones: The Relation of Oil Pools to Ancient Shore Lines in Economic Geology 18/20, 1920.

⁵⁾ Die Oberflächenspannung (Kapillarität) des Wassers ist bei 20 Grad C. nahezu dreimal grösser als jene des Erdöls.

⁶⁾ Presidential Address in Bull. Geol. Soc. America 32, 171, 1921.

⁷⁾ Economic Geology 15, Nr. 5, p. 398, 1920.

Damit ist die Antiklinaltheorie in ihrem ganzen Umfang klargestellt.

Als der Kampf der Geological Survey of Pennsylvania⁸⁾ gegen meine Antiklinaltheorie — im alten Wortsinn — zu Ende der siebziger und anfangs der achtziger Jahre währte, und durch Eingreifen E. Ortons und insbesondere I. C. Whites zu meinen Gunsten entschieden wurde, betonte H. Ashburner, dass auch in Synklinalen einige ergiebige Gasbrunnen liegen. Später wurde in Amerika in einigen wenigen Fällen, und zwar im sogenannten Dry- (trockenen) Sand, dies auch für Erdöl gefunden, mit anderen Worten, dass es, wenn auch selten, in Oelfeldern wasserfreie Synklinalen gäbe. Die Erklärung hierfür muss in jedem speziellen Falle gesucht werden. Ich will dies an 2 Beispielen erläutern.

Die Falten treten oft als ein Bündel nahezu parallel nebeneinander auf, und man nennt die grossen Falten primär, die kleinen sekundär; die letzteren drücken gleichsam den Scheitel einer primären Falte ein. Das Gas und Oel steigen entsprechend der Gravitationstheorie zum Rücken der primären Antikline empor und füllen dort die sekundäre Synkline aus, während das Wasser in den Synklinalen der angrenzenden primären Falte zurückbleibt, wie dies Fig. 1 veranschaulicht soll.

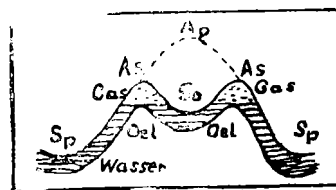


Fig. 1.

Eine sekundäre Synkline auf dem Scheitel einer primären Antikline.

Eine andere Möglichkeit ist folgende: Die Synkline ist, wie so häufig, geneigt; das Wasser füllt den tiefer liegenden Teil derselben an und dessen Spiegel wird in dieser Mulde eine bestimmte Höhe erreichen, darüber kann sich Oel und Gas ansammeln. Diese hat man an einer höher gelegenen Stelle der Synklinalachse ohne Wasser erbohrt. Würde man jedoch diese Achse in ihrem Einfallen verfolgen, so würde man von einer bestimmten Stelle ab nur Wasser erbohren.

Eine gasöl- und wasserführende Falte (Fig. 2) sei unerschlossen, die 3 Medien sind nach ihrem spezifischen Gewichte geschichtet; sie stehen durchwegs in Folge des gemeinsamen Druckes im Gleichgewicht, ebenso mit der durch die gemeinsame Synkline verbundenen Nachbarantikline. Wird z. B. im Schenkel durch eine Bohrung Oel erschlossen, so steigt es wegen der inneren Spannung, bezw. Drucks im Bohrloch in die Höhe, es fliesst entweder selbsttätig

⁸⁾ v. Höfer: Das Erdöl und seine Verwandten, 3. Aufl., S. 166, 1912.

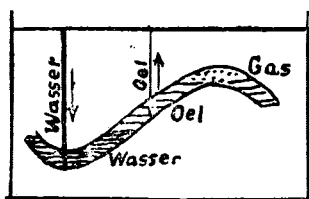


Fig. 2.

Vorgänge bei der Entleerung einer Oellagerstätte.

aus oder es wird gepumpt. In Folge dieses Verlustes ist das Gleichgewicht gestört; es würde in der Lagerstätte ein Hohlraum entstehen, wenn er nicht sofort durch die Ausdehnung des Gases von oben her geschlossen werden würde. Der Wasserspiegel rückt von unten her in die Höhe, teils wegen des Pumpens und auch weil im Gegenschenkel ebenfalls das Gleichgewicht gestört ist oder wodurch ein Druck auf das Wasser in der Syncline wirksam wird. Auch dadurch, dass man in einem Bohrloch Oelwasser erbohrt und dann mit Wasser füllt, kann man das Oelwasser wegen des Drucks des Bohrlochwassers nach aufwärts drücken, die Ergiebigkeit der höher liegenden Brunnen steigern und alles tiefer liegende Oel ohne einer neuen Bohrung gewinnen. Man kann diese Methode das Auspülen der Lagerstätte heissen.

Das Oel wird stetig aus der Lagerstätte entfernt, das Gas erreicht die Bohrung und der Wasserspiegel steigt, hierbei das Oel vor sich nach aufwärts drückend, bis das Wasser das Bohrloch erreicht; dieses gab also Oel, dann reichlicher Gas und schliesslich Oelwasser; die Bohrung wurde ohne Einbruch von Hangendwasser verwässert. Eine Analyse, wenigstens die Sulfidprobe des Wassers, wird dies lehren. Wäre der Oelwasservorrat in der Syncline gering, so würde nach reinem Auspumpen das Oel aus der Nachbarantikline im Bohrloch erscheinen und man würde neuerdings Oel pumpen und Gas gewinnen.

Dass man aus einem Bohrloch zuerst Oelwasser, dieses auch als Springer, und später Oel förderte, wie dies manchmal vorkam, habe ich bereits in meinem „Erdöl und seine Verwandten“, 3. Auflage, S. 182. erklärt; es sei darauf verwiesen.

Es darf nie übersehen werden, dass infolge des Pumpens innerhalb der Lagerstätte eine Migration sowohl im Streichen als auch im Verflachen eintritt, womit verschiedene Aenderungen während des Pumpens erklärt werden können. Auch das Zusitzen von Wasser aus aufgelassenen Bohrungen ist zu beachten.

Das Wasser im Hangenden der Oellagerstätten — meist Süsswasser oder ein salzarmes Mischwasser — muss bekanntlich beim Bohren abgesperrt werden, um das Bohrloch nicht zu verwässern, d. h. um den Oelaustritt bei der Erschliessung der Lagerstätte frei zu halten und nicht durch die Wassersäule zu versperren.

Hierbei hat man zwei Fälle zu unterscheiden.

1. Ist das Hangendwasser in einem Lager (Linse), das nicht ausbeisst, also keinen neuen Wasserzufluss vom Tage erhalten kann, so wird das Wasser bei seinem Erschliessen im Bohrloch hochsteigen; beim Pumpen fällt der Wasserspiegel allmählich, entsprechend der Menge des gehobenen Wassers, bis er die Einbruchstellen des Wassers im Bohrloch erreicht und der Zufluss aufhört. Damit ist die Verwässerungsgefahr beseitigt, und eine einfache Versicherung genügt.

2. Streicht der Wasserhorizont am Tag aus, so dass Tagwasser Zutreten kann, dann hat man es im Bohrloch mit artesisch gespanntem Wasser⁹⁾ zu tun. Beim Pumpen wird sich der Wasserspiegel entweder gar nicht rühren, oder er schwankt unregelmässig auf und ab und nur ein sehr kräftiges Pumpen bringt ihn zum Sinken; trotzdem würde der Wasserzufluss im Bohrloch nie aufhören. In diesem Fall ist eine sehr sorgfältige Wasserabsperrung um so mehr notwendig, da sich das Wasser nach der Absperrung in seiner Lagerstätte allmählich wieder ansammelt und weil die Höhenlage des Ausbisses auch einen sehr grossen Druck ausüben kann. Wird die Wasserpackung leck, so können sich bei der Oelergiebigkeit eigentümliche Erscheinungen einstellen. Der Wasserhorizont kann bei nachfolgenden Bohrungen für den Geologen wichtig sein. Es sind Fälle denkbar, in welchen man durch ein eingehendes geologisches Studium des Geländes bei der Bohrung einem Wasserhorizont ausweichen kann.

Ist das Hangendwasser in Klüften und Spalten, so können sich die Verhältnisse verschieden komplizieren, was erst durch ein gründliches hydrogeologisches Studium enträtselt werden kann.

In der amerikanischen Literatur wird das Vorkommen von „Dry (trocken) Sand“ erwähnt, d. i. ein wasserloser Sand — praktisch genommen, es ist in dem aus dem Bohrloch gewonnenen Oel kein Wasser sichtbar. Einen wasserfreien Sand gibt es eigentlich nicht, denn die Oele aus den trockensten Sanden setzen im geschlossenen Tank Wasser ab. Dry-Sand ist ein wasserarmer Oelsand, der an anderen Stellen derselben Lagerstätte ein „Wet Sand“, ein feuchter (wasserführender) Sand sein kann, wie dies wiederholt nachgewiesen wurde. Man hat verschiedene Hypothesen zur Erklärung dieses Dry-Sands aufgestellt; eine der kompliziertesten und unwahrscheinlichsten ist jene von F. Reeves¹⁰⁾. Van Mills u. Wells erklären diese Erscheinungen mit Hilfe der durch die Verdampfung des Oelwassers bedingten Salzausscheidung in den Sandporen. Ich glaube mit der Verschiedenheit

⁹⁾ H. v. Höfer: Grundwasser und Quellen, 2. Aufl., 1920. F. Vieweg & Sohn in Braunschweig.

¹⁰⁾ Econ. Geology 12, 1917.

des Sandkornes im Oellager und jener der Oberflächenspannung (Kapillarität) von Wasser und Oel all' die erwähnten Eigentümlichkeiten erklären zu können. Für die Praxis ist es jedenfalls sehr wichtig, zu wissen, ob die Oellagerstätte bezw. auf die Gesteine trocken oder nass sind, worauf der Gutachter aufmerksam machen soll.

Wenn C. Sch. Rogers sagt, dass schon vor mir Potilitzy in dem Salz, aus dem Oelwasser hergestellt, den Sulfatmangel feststellte, so ist dies richtig; vor ihm wurden in mit Bitumen, besonders mit Erdgas vorkommen-

den Wässern SO_3 vergeblich gesucht. Doch die Analytiker begnügten sich in der Regel mit dieser Tatsache. Als ich die erste derartige Analyse sah, kam mir die Vermutung, dass der Sulfatmangel durch mitvorkommendes Bitumen bedingt sein könnte. Ich sammelte mühsam einige zwanzig Analysen, die selbstredend alle vor mir gemacht wurden, welche jene Vermutung zur Gewissheit erhoben; dann erst veröffentlichte ich dieses Ergebnis in den Sitzungsberichten der Wiener Akademie der Wissenschaften. Daran knüpfte ich die erwähnten Ausnützungen für die Praxis.
