Zeitschrift: Bulletin der Vereinigung Schweiz. Petroleum-Geologen und -Ingenieure
Herausgeber: Vereinigung Schweizerischer Petroleum-Geologen und -Ingenieure
Band: 16 (1949)
Heft: 51

Artikel: Die Bedeutung der stratigraphischen Ölfallen
Autor: Schaub, H.P.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-184559

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Bull. Ver. Schweizer. Petrol.-Geol. u. -Ing., Vol. 16, No. 51, S. 9—21, 4 Textfig., 20. Dez. 1949

Die Bedeutung der stratigraphischen Ölfallen

von H. P. SCHAUB, Stanford, Cal., U. S. A.

Einleitung

Schon frühzeitig wurde in der Entwicklung der Oelindustrie von einzelnen Geologen erkannt, daß Oelansammlungen häufig auf dem Scheitel von Antiklinalen gefunden werden. Seither haben die Oelgeologen in erster Linie nach Antiklinalen und verwandten Strukturen Ausschau gehalten. Die Ideen über die Ansammlung von Oel und Gas wurden in der sogenannten Antiklinaltheorie zusammengefaßt. In ihrer einfachsten Form stellte diese Theorie fest, daß Oel und Gas in der Gegenwart von Wasser die Tendenz haben, in durchlässigen Schichten aufwärts zu wandern und sich auf den Scheiteln von Antiklinalen anzusammeln, vorausgesetzt daß eine undurchlässige Schicht die Speicherschicht überlagert und Oel und Gas daran hindert, die Oberfläche zu erreichen und auszufließen

Viele Antiklinalen waren gut aufgeschlossen und konnten leicht kartiert werden; oft fand man Oel und Gas schon in geringer Tiefe. Allmählich wurden auch weitere tektonische Verhältnisse wie Verwerfungen und Salzstöcke bekannt, welche ebenfalls Oelansammlungen verursachen konnten. Später wandte man geophysikalische Methoden an, um günstige Strukturen in der Tiefe, verborgen unter jüngern Schichten, aufzufinden. Schwerkraftmessungen und seismische Untersuchungen dienen fast ausschließlich der Suche nach Strukturen. Die Anwendung der Photogeologie in der Oelindustrie beruht zu einem guten Teil auf der Tatsache, daß Strukturen in abgelegenen, unzugänglichen Gebieten oft vom Flugzeug aus kartiert werden können.

Die Untersuchung von Strukturen führte zur Entdeckung einer großen Zahl von Oelfeldern, und auch heute sollte man die Möglichkeit, Oel auf einer Antiklinale zu finden, nicht außer Acht lassen. Einerseits aber sind unerforschte Strukturen nicht mehr so häufig, andererseits wurde es im Laufe der Jahre klar, daß Oelansammlungen nicht nur von strukturellen Faktoren bedingt sind, sondern daß stratigraphische Verhältnisse ebenfalls eine wichtige Rolle spielen können. Diese Erkenntnis ist hauptsächlich das Ergebnis der vielen Bohrungen, die jedes Jahr in den Vereinigten Staaten gemacht werden, sehr oft einfach auf's Geratewohl. Viele Oelfelder wurden dadurch an Orten entdeckt, an denen früher, unter dem Einfluß der Antiklinaltheorie, kein Geologe eine Bohrung angesetzt hätte, weil eben keine Struktur vorhanden oder an der Oberfläche sichtbar war. Viele solcher Entdeckungen sind den sogenannten Wildcattern zu verdanken, Leuten, die oft ihr ganzes Geld an eine Bohrung riskieren, ohne einen Geologen um Rat zu fragen.

So wurden im Laufe der Jahre viele Oelansammlungen bekannt, die nicht mit der Antiklinaltheorie erklärt werden konnten. 1936 wies A. I.

Levorsen in einer Ansprache vor der American Association of Petroleum Geologists nachdrücklich auf die Wichtigkeit stratigraphischer Fallen hin (2). Seither ist ihre Bedeutung für die Ansammlung von Oel immer deutlicher geworden, und die Suche nach solchen Fallen wurde für den Geologen immer wichtiger. 1943 schlug C. W. Sanders (4) vor, die Oelfallen aufzuteilen in

tektonische Fallen,
stratigraphische Fallen und
tektonisch-stratigraphische Fallen.

Diese Einteilung ist immer noch gültig und soll auch hier angewendet werden.

Allgemeines über Ölfallen

Die Entdeckung stratigraphischer Fallen hat natürlich auch eine Modifizierung der Antiklinaltheorie nötig gemacht. Heute kann man einfach von einer Fallentheorie sprechen, die etwa so lautet: Oel und Gas haben in der Gegenwart von Wasser die Tendenz, in durchlässigen Schichten aufwärts zu wandern und sich an denjenigen Stellen anzusammeln, wo ein weiteres Aufsteigen durch tektonische oder stratigraphische Verhältnisse verunmöglicht ist. Solche Stellen sind beispielsweise die Scheitel von Antiklinalen, Intersektionen von Verwerfungen, welche den oberen Rand eines geneigten Schichtblockes bilden, ein nach oben auskeilender Sand in einer geneigten Schichtfolge oder ein Sand, der von einer Diskordanz abgeschnitten ist.

Es spricht für die Allgemeingültigkeit der Fallentheorie, daß die Antiklinaltheorie einen Spezialfall darstellt und eigentlich nur verallgemeinert werden mußte, um für fast alle Arten von Oelansammlungen zu gelten. Die seltenen Fälle, in denen Oel in Synklinalen gefunden wird, während die umgebenden Antiklinalen kein Oel führen, bestätigen nur die Regel. Das Oel hat sich dort in Schichten angereichert, welche kein Wasser enthalten. und sammelte sich an den tiefsten Stellen des Reservoirs an, genau wie sich jede Flüssigkeit verhalten würde. Nur wenn das Reservoirgestein mit Wasser gefüllt ist, wandert das Oel infolge seines geringeren spezifischen Gewichtes nach oben.

Die Grundbedingungen für eine Oelprovinz sind, ganz allgemein gefaßt, die Anwesenheit einer mächtigen Sedimentfolge und Wechsellagerung von durchlässigen und undurchlässigen Schichten. Dazu kommt wahrscheinlich eine weiterer Faktor. Damit das Erdöl sich ansammeln kann, wohl unter dem Einfluß von Druckdifferenzen in der Reservoirschicht, müssen die Schichten geneigt sein. Wahrscheinlich genügt aber hier schon das Einfallen, unter dem Sedimente im Meer abgelagert werden, oder welches entsteht durch das kontinuierliche Absinken eines Sedimentationsbeckens. Im übrigen gibt es kaum ein Gebiet, in dem die Schichtfolge nicht irgendwelche tektonische Bewegungen durchgemacht hat. Dieser Faktor ist also meist gegeben.

Unsere Ueberlegungen beziehen sich deshalb auf eine leicht geneigte Schichtfolge, in der durchlässige und undurchlässige Sedimente abwechseln. Das Oel, das sich in den Schichten bildet, wird dann langsam dem Fallen entgegen aufwärts wandern. Damit es sich ansammelt, muß es auf ein seit-

liches Hindernis stoßen, das ein Weiterwandern verunmöglicht. Solche Hindernisse werden Fallen genannt und können entweder tektonischer (Antiklinalen, Verwerfungen, Salzdome, etc.) oder stratigraphischer Natur sein. Figur 1 illustriert die verschiedenen Faktoren, die zur Bildung von Oelansammlungen führen. Beiläufig mag bemerkt sein, daß sowohl Entstehung wie Ansammlung von Erdöl durch Migration bis jetzt noch nie direkt beobachtet wurden, so daß Betrachtungen über die Fallentheorie vorläufig spekulativ bleiben müssen.

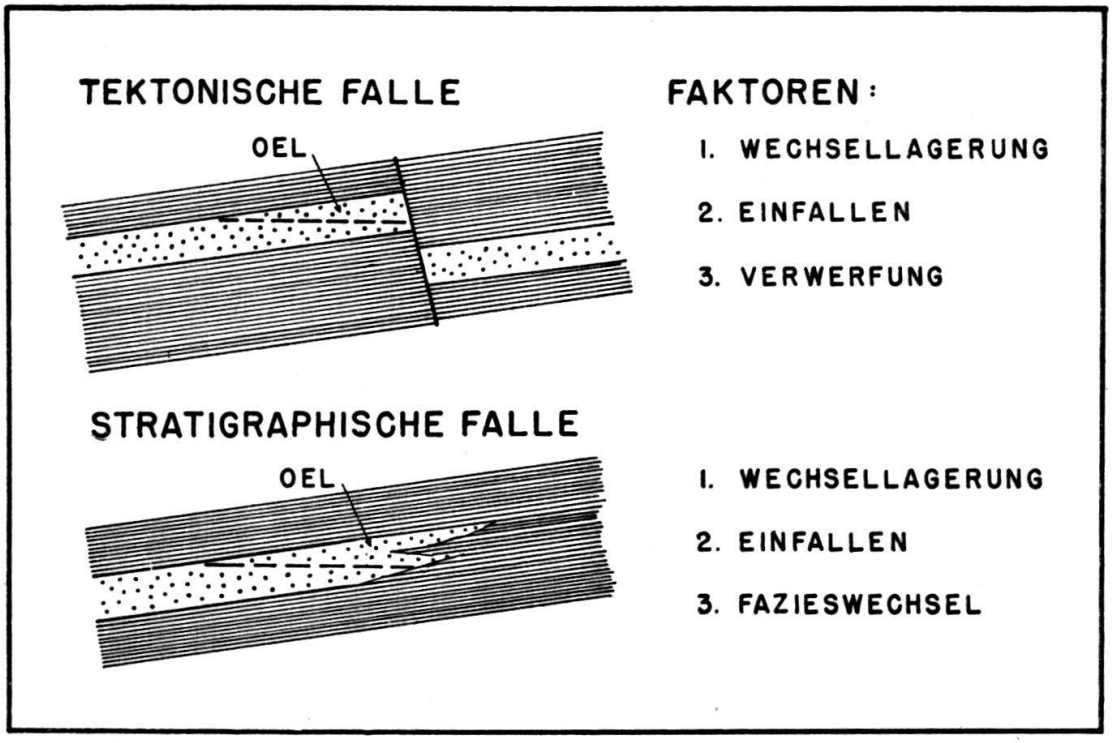

Fig. 1: Schematische Darstellung einer tektonischen und einer stratigraphischen Falle.

Stratigraphische Fallen

Im Folgenden werden wir uns mit den stratigraphischen Faktoren beschäftigen, welche zur Bildung von Oelfallen führen können. Solche Faktoren sind einmal seitliche Aenderungen im Charakter der durchlässigen Schichten, durch welche die Durchlässigkeit vermindert wird. Sie können primärer Natur sein, wie zum Beispiel seitlicher Uebergang eines Sandes in einen Ton (Faziesfallen), oder erst nach der Ablagerung entstehen durch Zementation von Sanden während der Diagenese oder durch Dolomitisierung und Lösung von Kalken in späteren Phasen der geologischen Entwicklung. In all diesen Fällen ist das Resultat eine seitliche Aenderung in der Ausbildung einer durchgehenden Schichtfolge.

Eine zweite Gruppe stratigraphischer Fallen wird gebildet durch die Vorgänge, welche zu Transgressionen führen, das heißt, eine Kombination

von tektonischen Bewegungen, Erosion und Ablagerung. Dabei können Fallen entstehen in Schichten, die von der Diskordanz abgeschnitten sind, oder in den transgredierenden Schichten längs alter Strandlinien. Hier können wir von Diskordanzfallen sprechen.

Einige der häufigsten stratigraphischen Fallen sind in Fig. 2 schematisch im Profil dargestellt.

a) Faziesfallen

Auskeilende Sande bilden die Oelfallen in einer Reihe von Feldern, namentlich im Tertiär von Californien und entlang dem Golf von Mexiko, in Texas und Louisiana. Eines der bekanntesten Beispiele ist das Ost-Coalinga Feld in Californien, in welchem der produzierende Sand über eine Distanz von etwa drei Kilometern sich von etwa 250 Meter auf null Meter verdünnt und zwar auf der Flanke einer Antiklinale entgegen dem Fallen der Schichten (updip). Stratigraphische Studien führten zur Entdeckung des Feldes. Es wurde festgestellt, daß im weiter südlich gelegenen Kettleman Hills Feld ein großes Eocänprofil vorhanden war, das in den Aufschlüssen auf der Coalinga Antiklinale auf wenige Meter reduziert war (1).

Erst im Jahre 1948 wurde zwischen den Kettleman Hills und dem Coalinga Feld wieder eine Oelansammlung entdeckt, und zwar in einem dünnen Sande, der in den Bohrungen des Kettleman Hill Feldes bekannt war, aber in den Bohrungen von Coalinga nicht mehr erschien. Da beide Felder auf derselben Faltenaxe liegen, die aber nach Norden bedeutend ansteigt, so lag es nahe, zwischen den Kettleman Hills und Coalinga auf der Axe der Struktur nach dem auskeilenden Sande zu suchen.

An der Küste des Golf von Mexiko keilen viele tertiäre Sande aus, meist landeinwärts. Ein Beispiel ist das University Feld in Louisiana, in dem drei miocäne Sande über einem niedrigen Dom auskeilen und dort Oel produzieren (3).

Sande, die seitlich in Tone übergehen, können gute Oelfallen darstellen. Eine Reihe von Feldern produzieren aus dem pennsylvanen Glenn Sand in Oklahoma längs der Linie, an der der Sand tonig wird und allmählich in Ton übergeht. Aehnliches gilt vom Clinton Sand (Silur) von Ohio.

Sandlinsen treten häufig im Pennsylvanian (oberes Karbon) von Oklahoma und anderen Gegenden in den zentralen Vereinigten Staaten auf. Oft werden diese Linsen als Sandbänke längs einer alten Küste (off-shore bars) gedeutet, und sehr oft gleichen die Umrisse produzierender Gebiete einer Küste mit Sandbänken auffallend. South Burbank Feld (1), Olympic Feld (3), und Dora Feld in Oklahoma gehören, in diese Kategorie (3). Solche Felder wurden meist durch Bohren auf's Geratewohl oder beim Bohren nach bekannten Oelschichten entdeckt. Oft haben diese Felder die Form langer, schmaler Streifen (sogenannte shoe strings oder Schuhbändel) wie zum Beispiel das Red Fork Feld in Oklahoma (3), das sich über 16 Kilometer erstreckt, aber nicht mehr als ein halber Kilometer breit ist. Solche Shoestrings kommen auch in andern Formationen vor, zum Beispiel das Music Mountain Feld, Pensylvania (3), im Devon. Dieses Feld hat eine Länge von etwa sieben Kilometern und eine Breite von etwa 600 Metern. Die Ent-

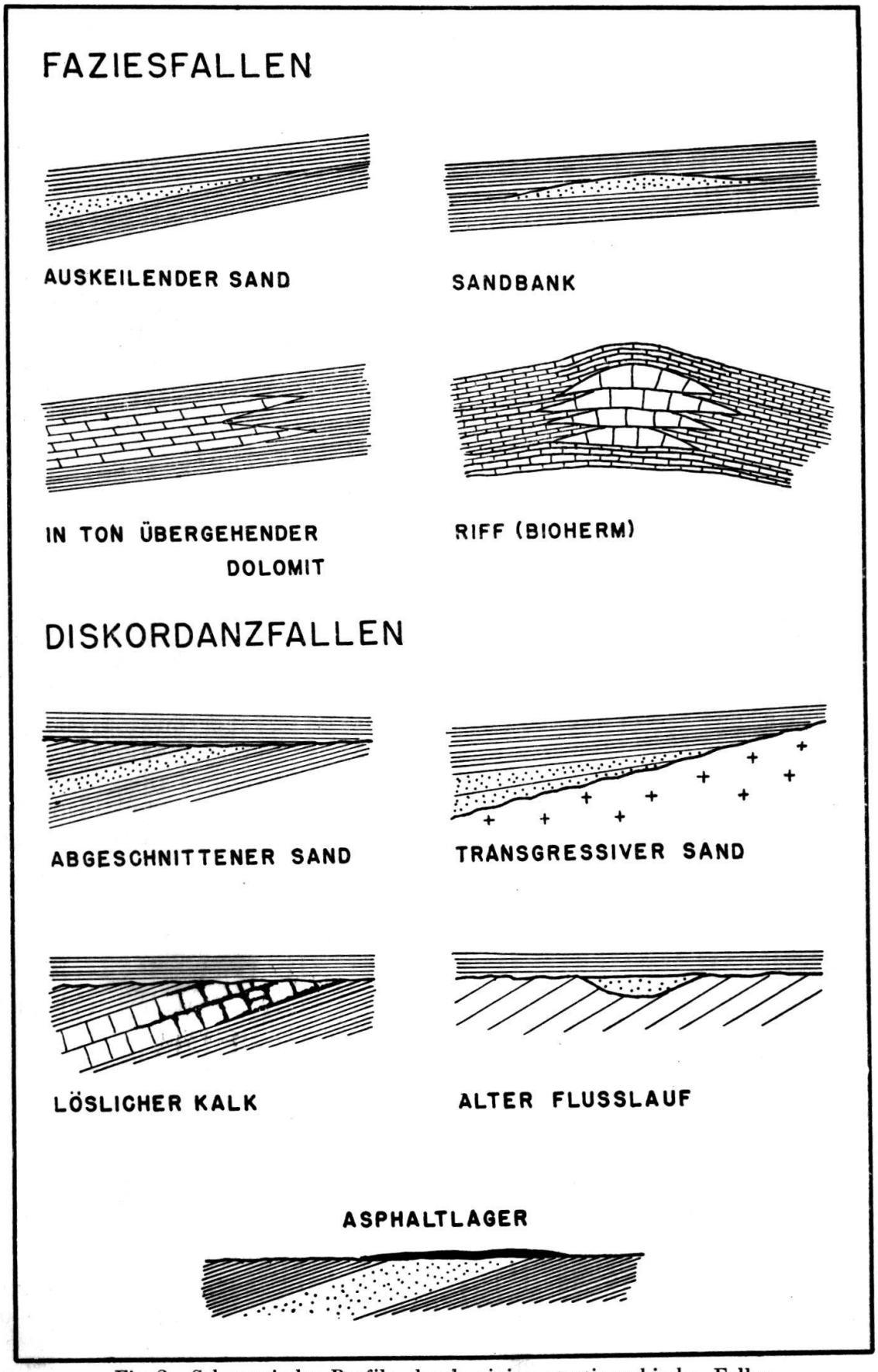

Fig. 2: Schematische Profile durch einige stratigraphische Fallen.

stehung des Sandes als Küstenbarre kann oft daran erkannt werden, daß der Sand im Detailprofil eine flache Basis hat und die ganze Verdickung nach oben stattfindet. Auch sind solche Felder oft auf einer Seite ziemlich scharf begrenzt und produzieren längs dieser Seite aus reinen, porösen Sanden. Nach der entgegengesetzten Seite werden die Sande tonig und die Grenze des Sandes und des produzierenden Gebietes ist verwaschen und unscharf. Es wird angenommen, daß die scharfe Seite mit den reinen Sanden dem offenen Meere zugewendet war, so daß die Wellen den Sand rein waschen konnten, während die unscharfe Seite einer Lagune zwischen Sandbank und Küste zugewendet war.

Ein Beispiel für die Ansammlung, zwar nicht von Oel, sondern von Gas in Kalken, welche „updip" undurchlässig werden, bietet das riesige Hugoton Feld (3), das sich von Kansas durch den Oklahoma-„Pfannenstiel" bis nach Texas erstreckt. Das Feld liegt auf einer nach Osten geneigten Monoklinale, auf welcher die Schichten mit etwa ein Viertel Grad (!) einfallen. Eine Gruppe von permischen Kalken wird hier gegen Westen langsam tonig und geht in eine tonige und feinsandige Serie über. Gleichzeitig nehmen Porosität und Durchlässigkeit ab und bedingen so die Ansammlung des Gases.

In den letzten Jahren ist die Wichtigkeit von Riffkalken als Oelreservoir immer deutlicher geworden. Wir brauchen uns nur an die neuen Felder zu erinnern, die zur Zeit in Canada entwickelt werden, nämlich: Leduc, Redwater und Golden Spike, die alle aus devonischen Riffkalken produzieren. Von großer Bedeutung sind auch die permischen Riffkalke in Westtexas, die zur Zeit ebenfalls intensiv erforscht werden, mit gutem Resultat. Riffe funktionieren deshalb als Reservoire, weil Riffkalke schon von Anfang an sehr porös sind. Außerdem ragen die Riffe über die umgebenden, gleichaltrigen Sedimente heraus und sind meist von einer Zone umgeben, in der die Schichten vom Riff wegfallen. Dieses ursprüngliche Fallen begünstigt natürlich die Ansammlung des Oeles im Riffkalk. Sodann kann man wohl annehmen, daß die Tiere und Pflanzen, welche die Riffe aufbauen, auch das Rohmaterial für die Bildung von Erdöl liefern.

b) Diskordanzfallen

Einige der größten Oelansammlungen der Welt wurden über und unter Diskordanzen gefunden, zum Beispiel das East Texas Feld, dessen Entdeckung und rasche Entwicklung zu einem Ueberfluß an Oel führten, ferner die Felder am Ostrand des Maracaibosees in Venezuela.

Das East Texas Feld (1, 3), ist ein ausgezeichnetes Beispiel für die Ansammlung von Oel unter einer Diskordanz. Es liegt auf einer ganz schwach nach Westen einfallenden Monoklinale, auf welcher der undurchlässige Austin Chalk nach Osten ganz allmählich über den Woodbine Sand hinwegtransgrediert und ihn abschneidet. Der Ostrand des Feldes ist deshalb durch das Auskeilen des Woodbine Sandes bedingt, der Westrand durch das Randwasser, das im Laufe der Jahre langsam nach Osten vordringt. Süd- und Nordgrenze des Feldes sind bedingt durch schwaches Umbiegen der Monoklinale. Die Länge des Feldes in N-S Richtung beträgt etwa 70 Kilometer, seine größte Breite ursprünglich etwa 16 Kilometer. Die Totalproduktion

bis Ende 1947 belief sich auf etwa 400 Millionen m^3 und die Produktion während 1947 auf 20 Millionen m^3.

Ein weiteres, gutes Beispiel für Oelansammlung in Schichten, die von einer Diskordanz abgeschnitten sind, bietet das West Edmond Feld in Oklahoma (1). Hier transgrediert das Pensylvanian ostwärts über die Westflanke der prae-pennsylvanen Nemaha Antiklinale und schneidet dabei Mississipian, Devon, Silur und Ordovicium ab. Oel wurde hauptsächlich im Bois d'Arc Kalk im Devon gefunden. Die Porosität dieses Kalkes scheint teilweise mit Lösungserscheinungen unter der prae-pennsylvanen Landoberfläche zusammenzuhängen. Aehnliche Verhältnisse finden wir im benachbarten Oklahoma City Feld (1), doch spielen hier auch tektonische Elemente eine Rolle, da die Ansammlung des Oeles durch eine prae-pennsylvane Antiklinale bedingt ist. Die produzierenden Formationen ordovizischen Alters sind aber alle von der pennsylvanen Transgression abgeschnitten, und das Oklahoma City Feld ist deshalb eher stratigraphisch als tektonisch bedingt. Entdeckt wurde das Feld, weil die permischen Schichten an der Oberfläche über dem Scheitel der alten Antiklinale leicht gefaltet sind. Das West Edmonton Feld dagegen wurde durch eine Bohrung gefunden, die ohne geologischen Rat angesetzt worden war.

Hierher gehören manche der Oelfallen, die als vergrabene Hügel (buried hills) bezeichnet werden (1, 6), und in Oklahoma und Kansas häufig vorkommen. Ein Teil der Oelansammlungen findet sich zwar manchmal in den jüngeren Sedimenten, welche die Hügel auf einer alten Transgressionsfläche eindecken und leicht gefaltet sind, teils infolge ursprünglichen Einfallens der Schichten über den Unebenheiten, auf denen sie abgelagert wurden, teils infolge von ungleicher Setzung, teils infolge späterer Aufwölbung. Ein großer Teil des Oeles solcher Felder findet sich aber längs der Diskordanzen, an denen die jüngeren Schichten über die vergrabenen Hügel transgredierten, entweder unter der Diskordanz Kraft-Prusa district (7), oder über ihr, zum Beispiel im großen Texas Panhandle Amarillo Feld (1).

Kleinere Oelansammlungen werden oft direkt an Diskordanzen gefunden, in Schichten, die sich bildeten, als die alte Landoberfläche erodiert wurde. In Depressionen der alten Landschaft, zum Beispiel über leicht löslichen Kalken und Tonen, am Fuße hervorstehender, von Kristallin gebildeter Hügel oder in Flußtälern finden sich oft noch Residuen der Erosion wie Sande, grobe Arkosen und Bruchstücke unlöslicher Kieselkalke. Felder in den alten Flußsanden sind langgestreckt und schmal wie diejenigen in Küstensandbänken, doch sind sie nicht geradlinig, sondern gewunden, und detaillierte Profile quer durch die Felder zeigen, daß der Sand eine ziemlich flache Oberfläche hat, während die Verdickung nach unten zu stattfindet. Ein bekanntes Beispiel eines solchen alten Flußlaufes ist das Bush City Feld in Kansas (3),. Der Sand liegt im kontinentalen Oberkarbon (Pensylvanian), ist aber scheinbar nicht mit einer größeren Diskordanz verbunden. Das Feld ist etwa 21 Kilometter lang und im Durchschnitt 400 Meter breit. Es wurde durch Zufall entdeckt.

Günstige Umstände für Oelansammlungen finden sich sodann direkt über Diskordanzen. Das transgredierende Meer rückte oft langsam über die leicht geneigte Erosionsfläche vor, dabei entstand eine Sukzession von Strandlinien, von denen jede von der nächstjüngeren Schicht eingedeckt

wurde. In der Nähe der Küste bestand das Sediment meist aus Sanden, die von der Erosion der benachbarten Landmasse herstammen und längs des Strandes durch den Wellenschlag gut sortiert und gewaschen wurden.

Solche Verhältnisse finden wir im Edison Feld, Californien (3), wo das Miocaen über kristalline Schiefer transgrediert. Miocaen, welches diskordant über Eocaen liegt, ist eines der Reservoire der großen Felder an der Ostküste des Maracaibosces (5) in Venezuela (Cabimas, Tia Juana, Lagunillas und Bachaquero). Das Miocaen transgredierte in östlicher Richtung über eine schwach geneigte Erosionsfläche, wobei zuerst alle Vertiefungen dieser Oberfläche ausgefüllt wurden. Dabei entstand ein zusammenhängendes Reservoir, das etwa 70 Kilometer lang ist, und weit unter den Maracaibo-See hinausreicht. Ein Teil des Oeles hat sich auch unter der Diskordanz in eocaenen Sanden angesammelt, die von der Diskordanz abgeschnitten werden. Ganz ähnliche Verhältnisse finden sich auch im benachbarten Mene Grande Feld. Hier fand die miocaene Transgression um eine prae-miocaene, nach Süden abtauchende Antiklinale statt, an der später wieder tektonische Bewegungen vor sich gingen. Bis Ende 1948 hatten die Felder am Ostrande des Maracaibosees einschließlich Mene Grande aus allen Reservoiren unter und über der Diskordanz etwa 500 Millionen Kubikmeter Oel produziert.

Zu den Diskordanzfallen kann man sodann noch jene Fallen zählen, in denen das Oel durch einen Asphalthut am Ausfließen aus zutage streichenden Schichten verhindert wird. Dabei wird die heutige Oberfläche als Diskordanz betrachtet. Diese Ansicht ist deshalb gerechtfertigt, weil solche Verhältnisse auch an alten Diskordanzen beobachtet werden konnten, zum Beispiel im Mene Grande Feld in Venezuela. Jedenfalls wird die Falle verursacht durch eine Verminderung der Durchlässigkeit in den Reservoirschichten infolge von Zementierung mit Asphalt. Wir brauchen nur an die Oelansammlungen von Coalinga und Midway-Sunset in Californien (6), von Mene Grande, Cabimas und La Paz in Venezuela (5), zu denken, um die Wichtigkeit dieses Vorganges abzuschätzen. Für die heutige Suche nach Oel spielen diese Verhältnisse jedoch keine große Rolle mehr, da Asphaltausbisse meist frühzeitig bekannt und abgebohrt wurden.

Kombination stratigraphischer und tektonischer Faktoren

Sehr oft sind die Verhältnisse, die zur Oelansammlung führen, nicht rein tektonischer oder rein stratigraphischer Natur. Dies kommt natürlich daher, daß sowohl Fazieswechsel und Diskordanzen als auch tektonische Vorgänge geradezu eine Grundbedingung für die Entstehung von Diskordanzfallen sind.

Linsenförmige, lokal begrenzte Sande können am ehesten zu rein stratigraphischen Fallen Anlaß geben. Nehmen wir aber einmal an, daß ein Sand sich in einer leicht geneigten Schichtfolge regional dem Fallen entgegen (updip) verdünnt und auskeilt. Falls das Auskeilen dem Streichen folgt, so würde sich das Oel der ganzen Linie entlang ansammeln. Es ist aber fraglich, ob in einem solchen Falle sich kommerzielle Ansammlungen bilden könnten. Hat das Auskeilen jedoch einen unregelmäßigen Verlauf, dann wird

sich das Oel an jenen Ausbuchtungen anreichern, wo der Sand am höchsten „updip" reicht (siehe Fig. 3). In diesem Falle würde sich eine rein stratigraphische Ansammlung bilden. Falls das Auskeilen jedoch das Streichen im Winkel schneidet, so wird das Oel seitlich dem Keil entlang weiter wandern, bis es auf ein laterales Hindernis stößt. Solche Verhältnisse werden

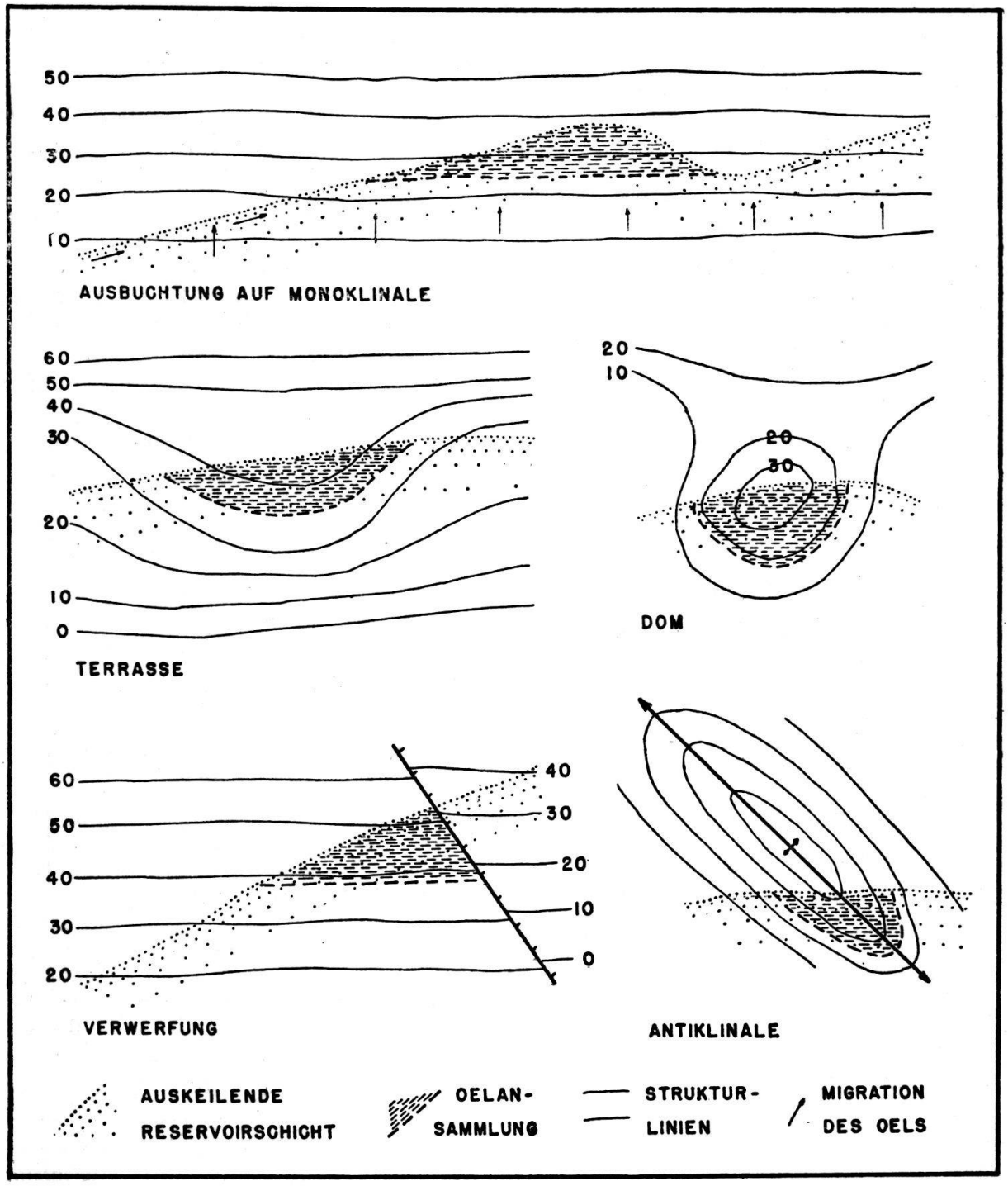

Fig. 3: Stratigraphische und stratigraphisch-tektonische Fallen schematisch im Plan dargestellt. Ölansammlung findet sich in stratigraphischen Fallen nur, wenn die Falle nicht nur im Profil, sondern auch im Plan geschlossen ist. Dazu tragen sehr oft lokale Strukturen bei.

sich dort finden, wo der auskeilende Sand gefaltet oder verworfen ist. Wir erhalten dann eine Oelansammlung, die sowohl durch stratigraphische als auch tektonische Faktoren verursacht ist (Fig. 3).

Bedeutung stratigraphischer Fallen

Die Bedeutung stratigraphischer Gesetzmäßigkeiten für die Ansammlung von Oel liegt nicht nur darin, daß lokale Oelfallen durch stratigraphische Aenderungen verursacht werden, sondern auch in der regionalen Ausdehnung von Fazieswechseln und Diskordanzen. Zudem können stratigraphische Faktoren die Wanderung und Ansammlung von Oel vom Moment an beeinflussen, in dem es sich bildet, sozusagen vom Augenblick an, in dem die Schichten abgelagert und von jüngeren Formationen eingedeckt werden, oder in dem das Meer über eine alte Erosionsfläche transgrediert. Strukturelle Fallen dagegen können erst wirksam werden, nachdem die tektonischen Bewegungen stattgefunden haben, das heißt meist lange nach der Ablagerung der Schichten. Die stratigraphische Falle ist also längere Zeit wirksam als die Struktur, welche das Reservoirgestein erst viel später beeinflußt.

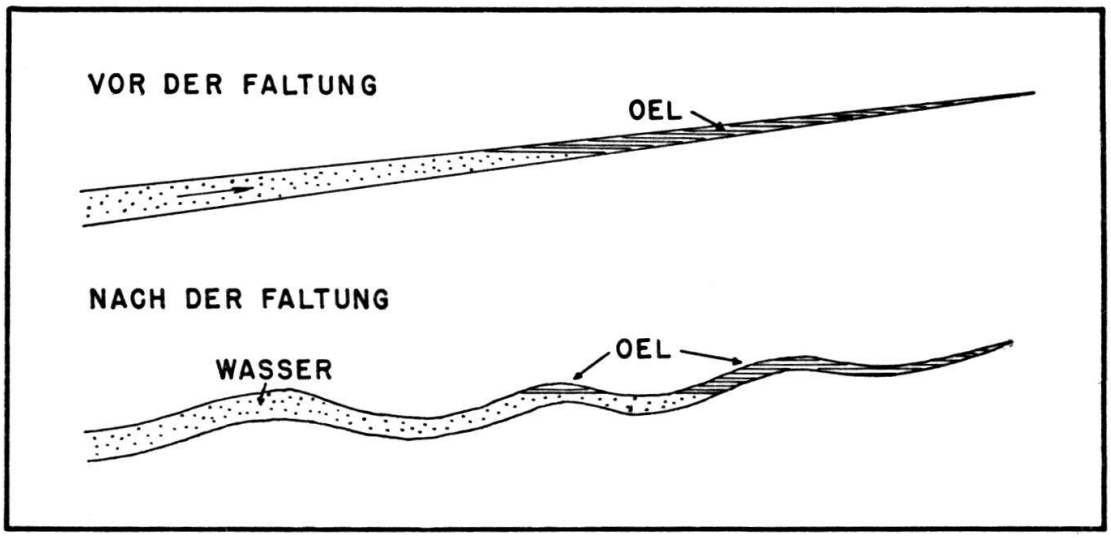

Fig. 4: Schematische Darstellung der Ölansammlung in einer stratigraphischen Falle vor und nach einer Faltung.

Figur 4 illustriert das Prinzip. Ein auskeilender Sand wirkt als Oelfalle und konzentriert das Oel, das sich in benachbarten Schichten bildet und im durchlässigen Sand langsam aufwärts wandert. In einer spätern Periode wird der Sand gefaltet und das Oel wird sich auf den Scheiteln der entstehenden Antiklinalen ansammeln. So können eine ganze Reihe lokaler, durch Struktur bedingte Oelfelder entstehen, aber sie werden alle in der Zone liegen, in welcher der Sand auskeilt. Weiter entfernt vom Auskeilen jedoch kann der gleiche Sand auf den schönsten Strukturen wasserführend sein.

Es gibt viele Beispiele dafür, daß stratigraphische Faktoren die Ansammlung von Oel in regionalem Maßstab beeinflußt haben, hauptsächlich

in den Vereinigten Staaten, wo die Verhältnisse am besten bekannt sind. So findet sich eine Reihe von Oel- und Gasansammlungen im silurischen Clinton Sand von Ohio, längs der Linie, an welcher der Sand nach Westen zu in Tone übergeht. Diese Felder liegen auf der Ostflanke der breiten Cincinati-Aufwölbung.

Im Staate Illinois liegen die Oelfelder der Chester Gruppe (Mississipian) in einer Zone, in welcher die Chester Sande nach Norden zu (updip) tonig werden.

Gute Beispiele für regionale Akkumulation finden sich sodann im Perm von West-Texas und Neu-Mexiko. Hier finden sich auf der Ostflanke des Delaware Beckens eine Reihe von Feldern in den Riffkalken, welche das tiefere Becken umgeben. Unmittelbar hinter dem Riff folgt eine Zone von Sanden und sandigen Dolomiten, die gegen das Riff auskeilen. Oelansammlungen finden sich sowohl im Riff wie in den Sanden (3).

In Californien kommen die größten Felder auf der Westseite des San Joaquin Beckens (Coalinga, Kettleman Hills, McKittrick) längs einer Linie vor, an welcher die miocaene Temblorformation nach Westen zu gegen das Küstengebirge auskeilt.

Hierher gehören auch die Oelfelder auf der Ostseite des Maracaibosees in Venezuela (Cabimas, Tia Juana, Lagunillas, Bachaquero und Mene Grande), in denen die Oelansammlung eng mit der regionalen Transgression des Miocaens über das Eocaen zusammenhängt (5).

In all diesen Fällen bedingen lokale Strukturen die Ansammlungen teilweise, aber die regionale Anordnung der Felder kann auf regional-stratigraphische Verhältnisse zurückgeführt werden, die als Oelfallen wirkten, lange bevor die Strukturen sich bildeten. Die Beispiele könnten beliebig vermehrt werden, besonders aus den Vereinigten Staaten, wo diese Verhältnisse heute große Beachtung finden und die Suche nach neuen Oelfeldern stark von regional-stratigraphischen Betrachtungen beeinflußt, oder geradezu gelenkt wird.

Ueberlegungen dieser Art haben auch dazu geführt, daß man Diskordanzen und Fazieswechsel als wichtige Kriterien betrachtet, wenn ein neues, noch unproduktives Gebiet auf seine Möglichkeiten als Oelprovinz beurteilt wird. Dies beruht einmal darauf, daß das Auskeilen von durchlässigen Schichten, sei es an Diskordanzen oder Aenderungen im Gesteinscharakter, die Zahl der möglichen Oelfallen stark vermehrt. Zweitens kann man erwarten, unter Diskordanzen strukturelle und stratigraphische Verhältnisse zu finden, die an der Oberfläche nicht sichtbar sind, aber ebenfalls eine Reihe neuer Möglichkeiten bieten.

Ein weiteres Kriterium ist die Anwesenheit von Oel in der betreffenden Region, sei es in Oelausbissen, sei es als Oelzeichen in Explorationsbohrungen oder als Produktion in benachbarten Feldern. Dieses Kriterium ist deshalb wichtig, weil bis jetzt wenig über die Entstehung von Oel und die sogenannten Oelmuttergesteine bekannt ist. Findet man aber direkte Beweise für die Anwesenheit von Oel, so muß es irgendwo seinen Ursprung haben, und die Anwesenheit von Muttergesteinen kann dann als gegeben angesehen werden. Je mehr Oelanzeichen man findet, desto besser. Die besten Oelprovinzen sind natürlich diejenigen, in welchen eine große Produktion

schon entwickelt ist. Die Geschichte der Oelindustrie zeigt, daß in solchen Gegenden häufig noch mehr Oel gefunden werden kann.

Die vier Kriterien, nach denen man also ein neues Gebiet auf seine Möglichkeiten beurteilt, sind die folgenden:

1. Dicke und Variation der Sedimente.
2. Fazieswechsel.
3. Diskordanzen.
4. Oelanzeichen.

Struktur wird deshalb nicht als ein Hauptkriterium angesehen, weil es keine Gegend gibt, in der nicht genügend Strukturen vorhanden wären, um lokale Oelansammlungen zu verursachen. Die großen Oelfelder im amerikanischen Midcontinent finden sich unter tektonischen Verhältnissen, in denen man das Fallen in Fuß per Meile [1]) messen muß, so unbedeutend ist es. Andererseits haben tektonisch stark komplizierte Gebiete, wie zum Beispiel die Alpen oder die Appalachen, häufig wenig Aussichten für den Oelgeologen.

Beiläufig kann bemerkt werden, daß das schweizerische Mittelland vom obigen Gesichtspunkt aus als zukünftige Oelprovinz zu bezeichnen ist.

Explorationsmethoden

Das Auffinden stratigraphischer Fallen ist bedeutend schwieriger als die Suche nach Strukturen. Eine große Zahl von stratigraphisch bedingten Feldern wurde durch Zufall entdeckt, beim Bohren nach bekannten Reservoirschichten, oder auf Strukturen.

Wenn man die Möglichkeit beurteilen will, stratigraphische Oelfallen in einem bestimmten Gebiete zu finden, so muß man die gesamte Information über die Stratigraphie und geologische Entwicklung des Gebietes zusammentragen. In einem Sedimentbecken, in dem noch keine Bohrungen gemacht wurden, wird man sich vorläufig auf ein Studium der Aufschlüsse am Rande des Beckens beschränken müssen, wobei man in erster Linie auf Diskordanzen und Auskeilen einzelner Schichten achten sollte. In Gegenden, wo Bohrungen vorhanden sind, müssen die Bohrprofile und Muster studiert und Korrelationen von Bohrung zu Bohrung ausgearbeitet werden. Für einzelne Schichten oder Schichtkomplexe kann man dann vielleicht Isopachenkarten herstellen, mit deren Hilfe es möglich ist, das Auskeilen der Schicht festzulegen. Ist eine regionale Diskordanz vorhanden, so ist es nützlich, eine Karte der alten Erosionsfläche herzustellen. Man kartiert dabei für alle Kontrollpunkte die Formation, welche direkt unter der Diskordanz liegt und zieht dann Formationsgrenzen, wie man das auf einer Aufschlußkarte auch tut. Dadurch erhält man eine geologische Karte der Landoberfläche, wie sie gerade vor der Transgression existierte. Je mehr Information man hat, desto zuverläßlicher wird natürlich die Karte. Sie zeigt einerseits, wo die verschiedenen Formationen von der Diskordanz abgeschnitten sind, andererseits gibt sie ein Bild der tektonischen Verhältnisse, die vor der Transgression

[1]) 100 Fuß per Meile entsprechen ungefähr einem Fallen von einem Grad.

existierten. So ist anzunehmen, daß die ältesten Formationen auf der alten Landoberfläche auf dem Scheitel von Antiklinalen und breiten Aufwölbungen aufgeschlossen waren. Solche Strukturen haben natürlich Möglichkeiten in tieferen Formationen. Falls Sandsteine oder Kalke von der Diskordanz abgeschnitten sind, so besteht die Möglichkeit für Oelansammlungen unter der Diskordanz. Diese dürften sich dort befinden, wo die betreffende Formation am höchsten liegt, was man am besten mit Hilfe einer Konturkarte der Diskordanzfläche herausfinden kann.

Sodann besteht natürlich die Möglichkeit von Oelansammlungen über der Diskordanz in der transgredierenden Formation. Fazieskarten und Isopachenkarten dieser Formation werden helfen, die günstigen Gebiete, zum Beispiel Strandzonen oder Riffzonen, zu bestimmen.

In Gebieten, wo auskeilende Sande zu erwarten sind, wird man die Anwesenheit eines Sandes ebenfalls auf der Karte auftragen. Verschwindet der Sand nach oben, zum Beispiel auf einer Monoklinale, besteht gute Aussicht für eine Oelansammlung in der Gegend zwischen den Bohrungen, in denen der Sand noch vorhanden ist, und denen, in welchen er nicht mehr existiert.

In günstigen Fällen kann man das Auskeilen einer Schicht oder eine Diskordanz mittelst seismischer Studien erkennen. Meist aber gibt es nur ein Mittel, um die Richtigkeit der stratigraphischen Ueberlegungen zu prüfen und um Oel zu finden, nämlich Bohrungen.

Zum Schlusse möchte der Verfasser Dr. A. I. Levorsen, Dekan der „School of Mineral Sciences" der Stanford Universität, Californien, für die vielen Anregungen danken, die zu dieser kurzen Uebersicht über die Bedeutung stratigraphischer Oelfallen führten.

LITERATURVERZEICHNIS

1. *Lalicker, C. G.:* Principles of Petroleum Geology, 155 figs., 67 tables, 8 pls. The Century Earth Science Series. Appleton-Century-Crofts Inc., New York. 1949.
2. *Levorsen, A. I.:* Stratigraphic versus structural accumulation. Bull. Am. Ass. Pet. Geol., vol. 20, No. 5, p. 521—530, 1936.
3. *Levorsen, A. I. and others :* Stratigraphic Type Oil Fields, a symposium of 37 original articles by 52 authors. 100 pp., 300 illus. Am. Ass. Pet. Geol., Tulsa, Okl. USA. 1941.
4. *Sanders, C. W.:* Stratigraphic Type oil fields and proposed new classification of reservoir traps. Bull. Am. Ass. Pet. Geol., vol. 26, No. 4, p. 538—550, 1943.
5. *Staff of Caribbean Petroleum Company:* Oil fields of Royal-Dutch Shell Group in western Venezuela. Bull. Am. Ass. Pet. Geol. vol. 32, No. 4, p. 517—628, 1948.
6. *Stutzer, O.:* Erdöl. Gebrüder Bornträger, Berlin 1931.
7. *Walters, R. F.:* Buried Pre-Cambrian hills in northeastern Barton County, Central Kansas. Bull. Am. Pet. Geol., vol. 30, No. 5, p. 660—710, 1946.

Manuskript eingegangen am 8. August 1949.