Zeitschrift: Eclogae Geologicae Helvetiae
Herausgeber: Schweizerische Geologische Gesellschaft
Band: 19 (1925-1926)
Heft: 1

Artikel: Über die Entstehung von Querfalten und über Rahmenfaltung
Autor: Staub, Walther
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-158411

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: 14.07.2025

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

14. D. PREDA, Asupra varstei formatiunei salifera din zona marginala al Flisului din Tg. Ocna.

15. I. P. VOITESTI, Aperçu général sur la géologie de la Roumanie. Annales des mines de Roumanie, 1921, nos 8 et 9.

16. M. KRAUSS, Salzauftrieb und logarithmische Spiralen. Zeitschrift für Praktische Geologie, 1922, Heft 5.

17. M. KRAUSS, Die Vertikaldrucktektonik und die Öllagerstätten. Petroleum-Zeitschrift, XIX. Band, Heft 6, 1923.

Réception du manuscrit le 17 mai 1924.

Über die Entstehung von Querfalten und über Rahmenfaltung.

Von WALTHER STAUB (aus Bern).

Mit 10 Textfiguren.

An Antiklinalen in küstennahen Petroleumgebieten, aufgebaut aus mesozoischen oder tertiären Sedimentgesteinen, lassen sich nicht selten Verbiegungen, Hebungen und Senkungen der Faltenachsen und im Zusammenhange hiemit die Bildung von Quersynklinalen, Querantiklinalen und Kuppelbildungen auffinden. Diese weitverbreitete Erscheinung in bestimmt umgrenzten Sedimentationsbecken wird jedoch in der Literatur nur selten genauer erwähnt oder im Zusammenhang beschrieben.

In Steppengebieten tritt auch klar die Einwirkung einer solchen Querfaltung auf die Oberflächengestaltung und den Verlauf der Flüsse in die Erscheinung, so z. B. in den niederen, aus tertiären Mergeln, Sanden und Kalken aufgebauten Hügeln der Halbinsel Apscheron, ferner das Westufer des Kaspischen Meeres entlang. Die Quersynklinalen bilden hier im Gelände langgezogene, manchmal sogar geschlossene „tektonische Becken" oder „tektonische Wannen". Bei Baku, wie an anderen Orten, waren Geologen zu der irrtümlichen Auffassung gelangt, diese „Verfaltungen von Falten" mit Drucken von verschiedenen Richtungen erklären zu müssen, und doch handelt es sich bei all diesen Erscheinungen meist nur um seitliche Hemmungen in der normalen Faltenbildung und um eine gestörte Entwicklung der Falten durch die Rahmen und ältere Umfassung der Sedimentationsbecken. Da bei einem fortlaufenden Faltungs-

prozess die Querstauchung sich in den jüngeren und höheren Schichtlagen im allgemeinen schärfer ausprägt, als in den älteren und tieferen, so liegt die Versuchung nahe, in einem Gebiet mit derartiger „Faltenvergitterung" eine ältere von einer jüngeren verschiedene Druckrichtung zu unterscheiden. Eine solche Erklärung scheitert jedoch meist daran, dass sich selten die beiden oder mehreren Faltungsrichtungen in ihrer räumlichen Anordnung und in ihrer zeitlichen Folge genau trennen lassen. Ein naheliegendes, vielumstrittenes Beispiel stellt vielleicht hier das Ineinandergreifen der rheinischen und hercynischen Richtung im mitteldeutschen (saxonischen) Faltungsfeld von H. Stille dar. Das Entstehen von Querfalten wird in den meisten Fällen nicht zurückzuführen sein auf eine Belebung der Faltung durch einen veränderten Horizontalschub, sondern vielmehr auf eine seitliche Hemmung und Ablenkung des fortschreitenden älteren Faltungsdruckes durch frühergefaltete und versteifte Rahmenteile des Sedimentationsbeckens. Die „Knotenpunkte" solcher „Faltengitter", die Kuppeln und Dome von quergestauchten Antiklinalen, sind wichtige tektonische Punkte. Es sei an die Salzstöcke oder Salz-„Horste" erinnert, die mit Vorliebe an solchen tektonisch stark beanspruchten Stellen der Erdkruste auftreten, ferner an die Verteilung der Schlammvulkane in quergestauchten Antiklinalgebieten, ferner an den Öl- und Gasreichtum von tektonischen Kuppeln und Domen, an die Differenzierung dieser Bitumina innerhalb der Kuppeln, und in quergestauchten Antiklinalen an die bestimmten, quer zur Hauptsache verlaufenden Linien, auf denen besonders reiche Ölbrunnen das Öl aus offenbar stärker gepressten und damit poröseren Sandsteinen schöpfen.

Betrachten wir zum leichteren Verständnis der komplizierteren Fälle vorerst die Entstehung von einfachen Falten in den Deckschichten eines jüngeren Sedimentationsbeckens.

I. Bei ungehemmter Entwicklung wird eine durch einfachen Horizontalschub entstandene Antiklinale oder Falte in ihrer Längenausdehnung eine leicht nach auswärts gerichtete Bogenform annehmen. Die höchste Aufwölbung der Schichten liegt in der Mitte des Bogens, während Höhe der Faltenachse und Intensität der Faltung nach beiden Enden zu abnehmen. Bei fortdauernder Druckwirkung wächst die Falte nach den beiden Seiten hin, hier jedoch stets frei endend. Es lässt sich unter Umständen sogar eine zeitliche Folge der Erscheinungen feststellen, indem die Falte im zentralen Teile eine frühere Anlage zeigt, als nach den Enden hin, wo die Faltung der Schichten

erst bei fortgesetztem Faltungsdruck und in verspäteten Zeitabschnitten eintritt (Fig. 1).

Tritt keine spezielle vertikale Komponente bei diesem Faltungsprozess auf, wie z. B. in Antiklinalen mit Salzkernen oder bei den Diapyrantiklinalen im Sinne MRAZECS, so ist in einem so einfach gestalteten Faltenbündel die Strukturkarte der Synklinalregionen oder der Mulden das Negativbild der Antiklinalen oder Falten. Querbrüche stehen senkrecht zum Streichen der Antiklinalachsen. Richtung und Auftreten von Scherbrüchen und horizontalen Querdislokationen sind im unregelmässigen Verlauf des Vorlandes begründet.

Im Querprofil wird bei wachsendem Horizontalschub, aber gleichbleibendem Widerstand die Falte erst im Mittelstück

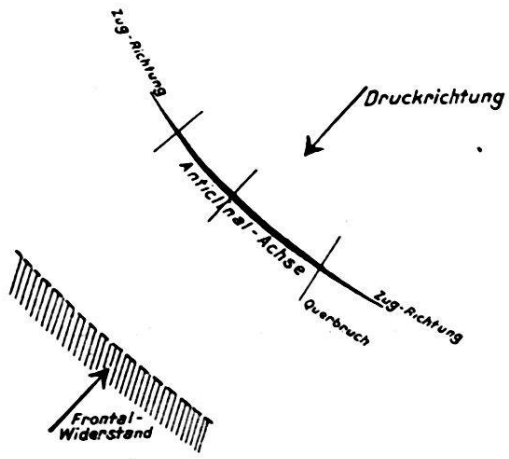


Fig. 1. Antiklinalbildung mit ungehemmter seitlicher Entwicklung.

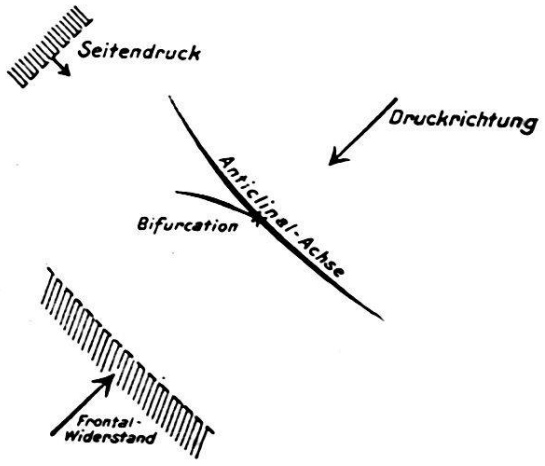


Fig. 2. Entstehung einer Bifurkation der Antiklinalaxe bei schwachem Seitendruck.

einseitig ausgebildet werden und nach der Aussenseite des Faltenbogens leicht überliegen. Die Umbiegungsstelle der einfachen Falte ist der Punkt, wo zuerst Klaffung und Bruchbildung der Schichten eintritt. Hier wird, je nach der Bewegbarkeit des Materials, die wiederum abhängig ist von seiner Überdeckung, ein Scheitelbruch entstehen.

Die Form einer Falte ist somit abhängig:

1. von der Grösse der Schubkraft;
2. von der Richtung des Frontalwiderstandes (Umrissform des Vorlandes);
3. von der Bewegbarkeit des Materials; diese kann verschieden sein:
   a. in horizontaler, b. in vertikaler Richtung.

II. Verschieden von dieser einfachen Form entwickelt sich eine Falte oder ein Faltenbündel und der Verlauf der Achse

dieser Falten, wenn nicht nur ein Horizontalschub, sondern ausserdem ein auf die Faltenenden seitlich wirkender Gegendruck tätig ist. Wirkt dieser Seitendruck einseitig, nur an einer Stelle und nur schwach, so führt er offenbar nur zu einer Teilung oder Gabelung (Bifurkation) der Falte und ihrer Achse, wie dies in Fig. 2 angedeutet ist. Auf ein ganzes Faltenbündel wirkt ein solcher einseitig lokaler Seitendruck teilend. Die Falten weichen dem Hindernis aus (vergl. Fig. 7).

Anders gestalten sich die Vorgänge, wenn die Falte nicht ausweichen kann. Halten Horizontalschub und Seitendruck nämlich im weitern Faltungsvorgang an, so wird die neue Abzweigung zur Hauptfalte, die Faltenaxe wird verbogen und die quergestauchte Falte entwickelt sich zur Faltenkuppel. Dieser Fall wird dann eintreten, wenn eine Falte eines gut faltbaren Materials in einen Rahmen eines Sedimentbeckens hineingepresst wird, wo es kein seitliches Ausweichen gibt (Fig. 3a). Die Wirkung der seitlichen Stauchung kann so stark werden, dass der Verlauf der alten Faltenachse verwischt wird, dass der höchste Scheitelpunkt der neu entstandenen Kuppel gleich hoch oder gar höher liegt als die Kulmination des alten Faltenscheitels, und dass Kuppel an Kuppel zu liegen kommt. Ist der Abstand zwischen den einzelnen Querfalten geräumig, so bilden die Quersynklinalen halbkreisförmige tektonische Becken, die bei Anwesenheit eines ganzen Bündels von quergestauchten Antiklinalen zu geschlossenen Becken oder tektonischen Wannen sich schliessen.

In einem grösseren Sedimentationsbecken, das einem Faltungsvorgang unterworfen ist, beobachtete ich nun die Auswirkung der Faltung meist in der Form, dass die Antiklinalen die seitliche Querstauchung in ihrer ersten Anlage noch nicht zeigen. Nur bei fortschreitender Schubkraft und bei seitlichem Wachstum der Falte tritt die Einwirkung der seitlich zum allgemeinen Verlauf der Faltenachse wirkende Stauchwirkung auf. Die alte Falte wird dann sozusagen von einer neuen Faltungsrichtung überprägt und ihre Faltenachse verfaltet.

Das Schema, nach dem die Bildung von einfachen Falten und von Querfalten und Verbiegungen von Faltenachsen vor sich geht, ist in den Figuren 1—4 gegeben.

Richtung und Ausmass der Querfaltung sind, abgesehen von der Lage der alten Faltenachse zur seitlichen Staurichtung, abhängig von der Grösse und Richtung derselben. Die Richtung der Querachsen der Kuppeln oder Dome stellt wohl meist eine Resultante aus Horizontalschub und seitlicher Stauchwir-

kung dar. Aus Fig. 4 lässt sich ersehen, dass die Querachsen der Kuppeln eine nur kurze Ausdehnung besitzen müssen, auch wenn sie bedeutend stärker in der Geländeform heraustreten als die Längsachse der Falte.

Bei der Querstauchung einer Falte können Querbrüche entstehen, die durch ihre Lage senkrecht zur Faltenachse sich nicht als Scherflächen erweisen, sondern als regelrechte Querbrüche.

Die Entstehung einer Bifurkation oder gar einer Virgation einer Falte und ihrer Achse, bei Anwesenheit eines seitlichen, schräg stauenden Hemmnisses, kann leicht mit Hilfe eines

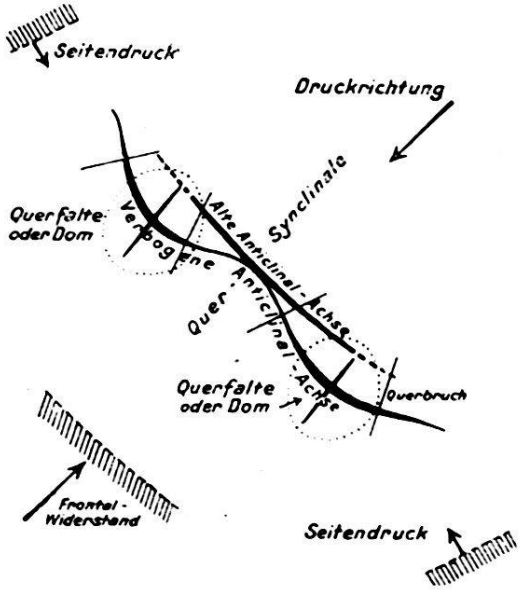


Fig. 3. Antiklinalbildung mit beidseitig gehemmter seitlicher Entwicklung bei Einpressung der Falte in engem Rahmen.

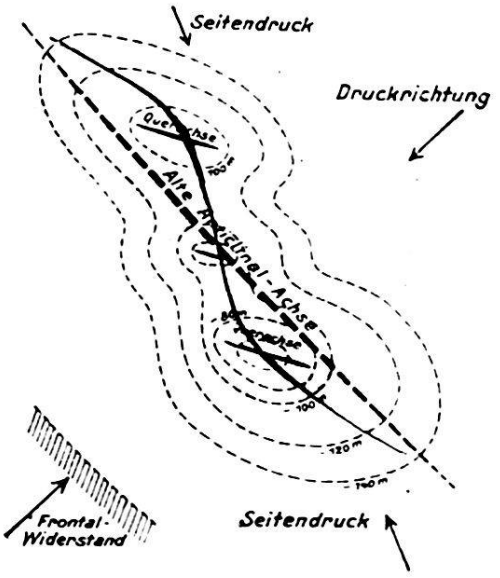


Fig. 4. Strukturkärtchen einer in der Ausbildung beidseitig gehemmten Falte mit aufgesetzten Teilkuppeln und S-förmig gebogener Axe.

dicken, weichen Tuches oder Teppichs nachgeprüft werden. Auf diese Erscheinung wurde ich speziell noch durch Herrn Prof. Dr. J. WANNER in Bonn aufmerksam gemacht. Ein grossartiges Beispiel einer Virgation von einer absterbenden Faltenkette bilden die Ausläufer der Anden im Umkreis des Maracaibosees. Seitlich hemmend und ablenkend wirkt hier u. a. offenbar das alte karibische Küstengebirge.

Falten mit verbogenem Verlauf der Faltenachsen sind nicht an einen bestimmten Erdteil gebunden. Wir werden sie heute dort finden, wo in einem alten Meerbusen oder Flachmeerbecken grössere Sedimentmassen zur Ablagerung kamen und einem spä-

teren Faltungsvorgang unterworfen worden sind. Die hier angefügten Beispiele liegen vorwiegend im nördlichen Randgebiet des alten mesozoischen Mittelmeeres, welches in der älteren Tertiärzeit als warmes Meer rund die Erde umspannte, Eurasien von Afrika und Nordamerika von Südamerika trennte, und welches H. DOUVILLÉ *mésogée* benannt hat (Thetys v. Suess). Die ununterbrochene Verbindung dieses erdumfassenden, für die Entwicklung der Lebewesen bevorzugten Meeres hört aber infolge tektonischer Vorgänge am Ende der Eozänzeit auf, und in der Oligozän- und der Neogenzeit nehmen das Mittelmeergebiet und seine Fauna eine vom Gebiet des indischen Ozeans und des Malaiischen Archipels gesonderte Entwicklung an.

K. MARTIN hebt hervor, dass z. B. die eozäne Fauna von Nangoelan in Java noch eine nahe Verwandtschaft zu eozänen Faunen in Europa zeigt, wogegen der neogenen Fauna von Niederländisch-Indien Beziehungen zu Europa abgehen. Die neogene Fauna findet ihre Verwandtschaft in den jetzt noch lebenden Formen der Meere des Malaiischen Archipels.

Nach H. DOUVILLÉ konnten sich die Orbitoiden des Eozäns, die *Orthophragminen*, noch ungehindert in der *mésogée* ausbreiten. Sie verschwinden am Ende des Eozäns und werden ersetzt durch die *Lepidocyclinen*, deren Heimat in der Region des heutigen Golfs von Mexiko zu suchen ist, und die sich von hier über den Atlantik nach Europa und durch den Pazifik nach Asien und Polynesien verbreiteten. Nach A. TOBLER ist das Zusammenvorkommen von *Numuliten*, *Orthophragminen* und *Lepidocyclinen* gerade für das oberste Eozän (Priabonien), die *Jacksonstufe*, von Venezuela und Trinidad charakteristisch. Die mit orogenetischen Vorgängen verknüpfte Entstehung der Landverbindung zwischen Nord- und Südamerika trennt in der älteren Oligozänzeit hier den Pazifik vom Atlantik.

Eine Gleichstellung der jüngeren, vorwiegend neogenen Tertiärablagerungen in den abgetrennten Überresten und gesonderten Teilbecken des alten Mittelmeeres ist nun noch nicht einwandfrei durchgeführt. So war denn in den vorliegenden Ausführungen bei der Schilderung der einzelnen Sedimentbecken eine etwas eingehendere Beschreibung der verschiedenen Schichtfolgen nicht zu umgehen. Diese Beschreibung ist jedoch nicht erschöpfend, wie auch die hier erwähnten Beispiele das Problem der Querstauchung von Falten nicht erschöpfend dartun.

Alle die angeführten Beispiele gehören aber der Schelfregion an; es sind gefaltete Flachmeerablagerungen mit wechsellagernden marinen und terrestrischen Sedimentanhäufungen und sie können einen Beitrag liefern zur Kenntnis der tektoni-

schen Erscheinungen derjenigen Rindenteile der Erdkruste, die S. VON BUBNOFF in seiner „Gliederung der Erdrinde" neuerdings mit der Bezeichnung *mobile Schelfregion* belegt hat.

* * *

Ein interessantes Beispiel von Faltenverbiegungen liefern die Antiklinalen des **Kutei-Tertiärbeckens** in Ost-Borneo. Dieses von SSW nach NNO verlaufende Becken, welches heute in seiner Mitte von dem mächtigen Mahakkamflusse quer durchflossen wird, bedeckt zwischen Balikpapan und der Sangkuliranbai eine Fläche von rund 300 km Länge und mindestens 100 km Breite. Es ist nach RUTTEN, WANNER und JEZLER aus folgenden Schichtstufen aufgebaut:

In der westlichen Begrenzung des Sedimentationsbeckens zieht eine schmale Zone von eozänen Gesteinen durch, darüber folgen gegen die Küste hin immer jüngere Schichten vom Oberoligozän bis zum Pliozän. Diese Schichten tragen nach WANNER durchaus den Charakter küstennaher-mariner oder terrestrischer Ablagerungen. Sie sind ausgezeichnet durch ihren Reichtum an Glanzkohle und Erdöl. Mit Ausnahme der Kalke des Berges Kadango am Boengaloenflusse, 60 km von der Küste entfernt, welche nach RUTTEN *Orthophragminen* und *Nummuliten* führen, also ins Eozän zu stellen sind, beteiligen sich an der Zusammensetzung des ganzen übrigen Gebietes nur posteozäne, vorwiegend *neogene* Schichten in einer Mächtigkeit von rund 4500 m. Die Fazies dieser Ablagerungen ist nicht über das ganze Becken eine gleichförmige. Während nämlich im grössten Teil des Kuteibeckens Einschaltungen von Lignit, Halbglanz- und Glanzkohlenflözen zur normalen Ausbildung des vorherrschend terrestrischen Tertiärs gehören, Korallen- und Mergelkalke jedoch nur im ältesten Miozän und, ebenfalls untergeordnet, in der obersten Stufe, im Miopliozän, auftreten, so herrscht nördlich vom Sekuraufluss, im Sangkuliranggebiet, fast rein marine Fazies vor. Hier greift vom Meere eine nur schwach verbogene Tafel von mächtigen, jungen Korallenkalken mehrere km landeinwärts herein. Sie liegt über Globigerinenmergeln und vulkanischen Tuffen des Miopliozäns. Das Altmiozän des Sangkuliranggebietes ist sehr arm an Kohlenflözen und enthält ebenfalls Globigerinenmergel. Die Korallenkalke sind von jungen Sanden und Tonen bedeckt.

Im Balikpapan-Mahakkamgebiet werden die jüngsten Tertiärschichten, welche dem Pliozän s. l. beizurechnen sind, als Balikpapan-Kembangschichten ausgeschieden. Es

sind graue und rote, sandige Tone, Eisensandsteine, Lignite mit 23%—30% Wasser; Mächtigkeit 600—700 m; Orbitoiden fehlen. H. JEZLER erwähnt diskordante Auflagerung.

Darunter folgen nach RUTTEN und WANNER:

Jüngeres Miozän: Mentawirschichten der Balikpapanbay, nach WANNER im grossen Ganzen gleich den Muara-Djawaschichten und dem oberen Teil der Sanga-Sangaschichten des Mahakkamgebietes (gleich der Halbglanzkohlengruppe mit 19—22% Wasser und dem oberen Teil der Glanzkohlengruppe mit 13—18% Wasser). Sande, mürbe Sandsteine, graue, selten harte Tone. Fossilien: *Lepidocyclina glabra Rutten, L. angulosa Provale, L. sumatrensis var. minor Rutten, Miogypsina polymorpha Rutten* . . . . . ca. 1200 m

Altmiozän: Pulu-Balangschichten der Balikpapanbay, im grossen Ganzen gleich dem unteren Teil der Sanga-Sangaschichten (Glanzkohlengruppe mit 13—18% Wasser) plus dem Hauptteil der Prangatschichten des Mahakkamgebietes. Harte, graue Schiefertone, mürbe bis harte Sandsteine, schwarze, muschelig brechende Glanzkohlen; Korallenkalke und Mergel. Fossilien: *Miogypsina thecideaeformis Rutten, Lepidocyclina acutoa Rutten, L. flexuosa Rutten, L. Ferreroi Provale, L. sumatrensis var. inornata Rutten, Cycloclypeus communis Martin, Gypsina globulus Reuss, Operculina complanata Defr., Amphistegina Lessonii d'Orb.* . . . . . 1500—2000 m

Unterstes Miozän und oberstes Oligozän: Pamaluanschichten der Balikpapanbay, harte graue Tonschiefer, dünnplattige Quarzsandsteine, Kalksteine und Mergel. Fossilien: oben nur kleine Lepidocyclinen, unten kleine und grosse Lepidocyclinen: *Lepidocyclina inflata Provale, L. formosa Schlumberger* . . . . . ca. 1500 m

Im Sambodja-Sanga Sanga-Gebiet herrschen die terrestrischen Bedingungen vor, die marinen sind nur durch die Öl- und Salzwasserführung der Schichten angedeutet. Es fehlt hier jede Spur von kalkigen und marinen Einlagerungen, von den jüngsten Gliedern des Tertiärs herab bis tief in das Altmiozän, d. h. in die Pulubalangschichten.

Die Tertiärschichten von Kutei sind parallel der Küste gefaltet und bilden auf eine Breitenerstreckung von ca. 47 km etwa 6—8 parallele grössere Antiklinalen, die sich meerwärts in Amplituden von 6—10 km folgen. Landeinwärts sind die Antiklinalen steiler gefaltet und reihen sich dichter, als in den flacheren Antiklinalen an der Küste. Es sind Diapir-Antiklinalen im Sinne MRAZECS, bei denen, offenbar ähnlich wie bei den von M. REINHARD beschriebenen Antiklinalen von Britisch Nord-Borneo Faltung und Sedimentation gleichzeitig und fortlaufend vor sich gingen (vergl. Fig. 5).

Die beiden östlichen Antiklinalen an der Küste, diejenige von Pelarang und diejenige von Sanga Sanga-Sambodja, sind Antiklinalen mit einigen hundert Meter breiten Scheitelregionen, steiler landeinwärts fallendem West- und flacher meerwärts

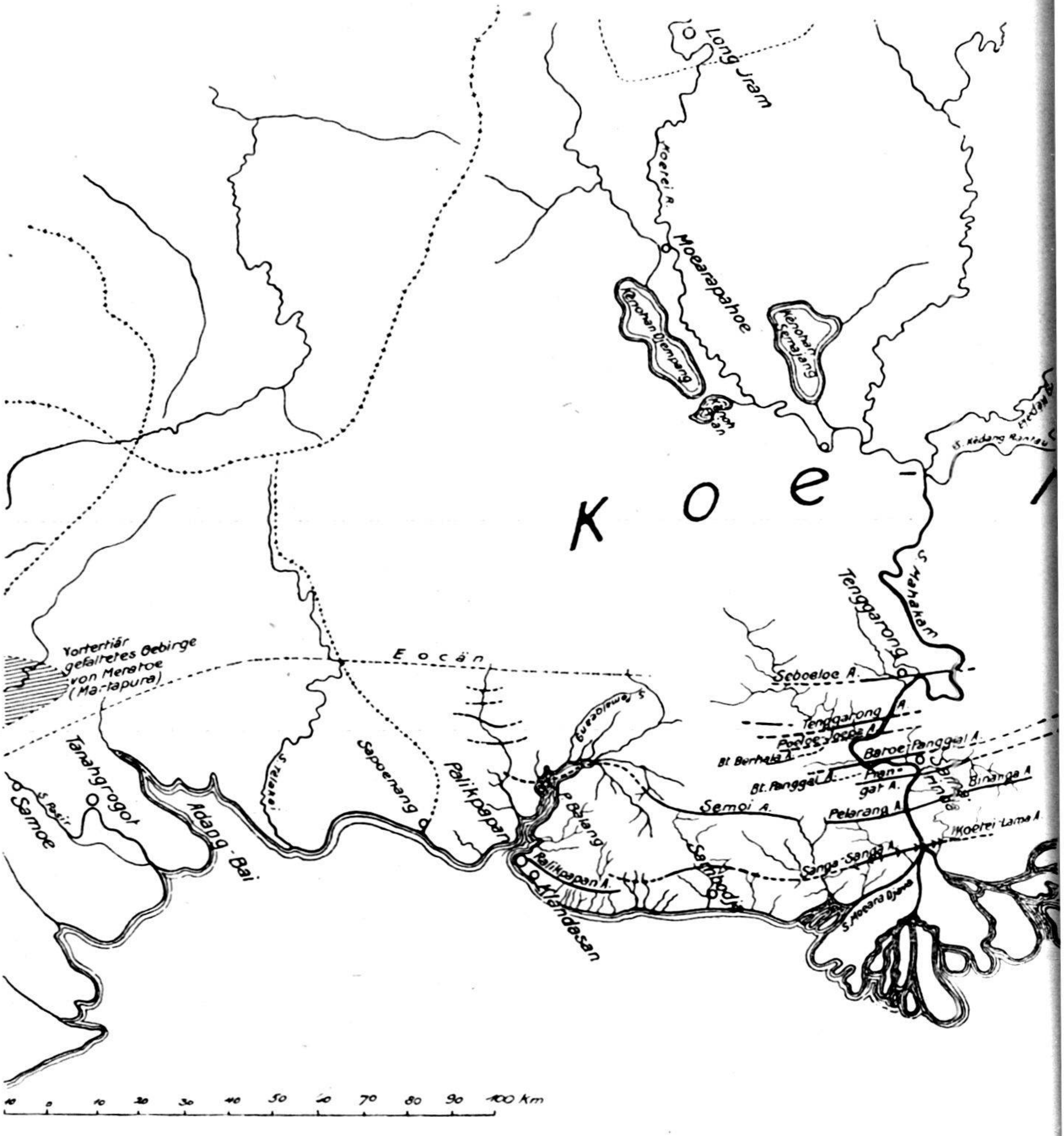
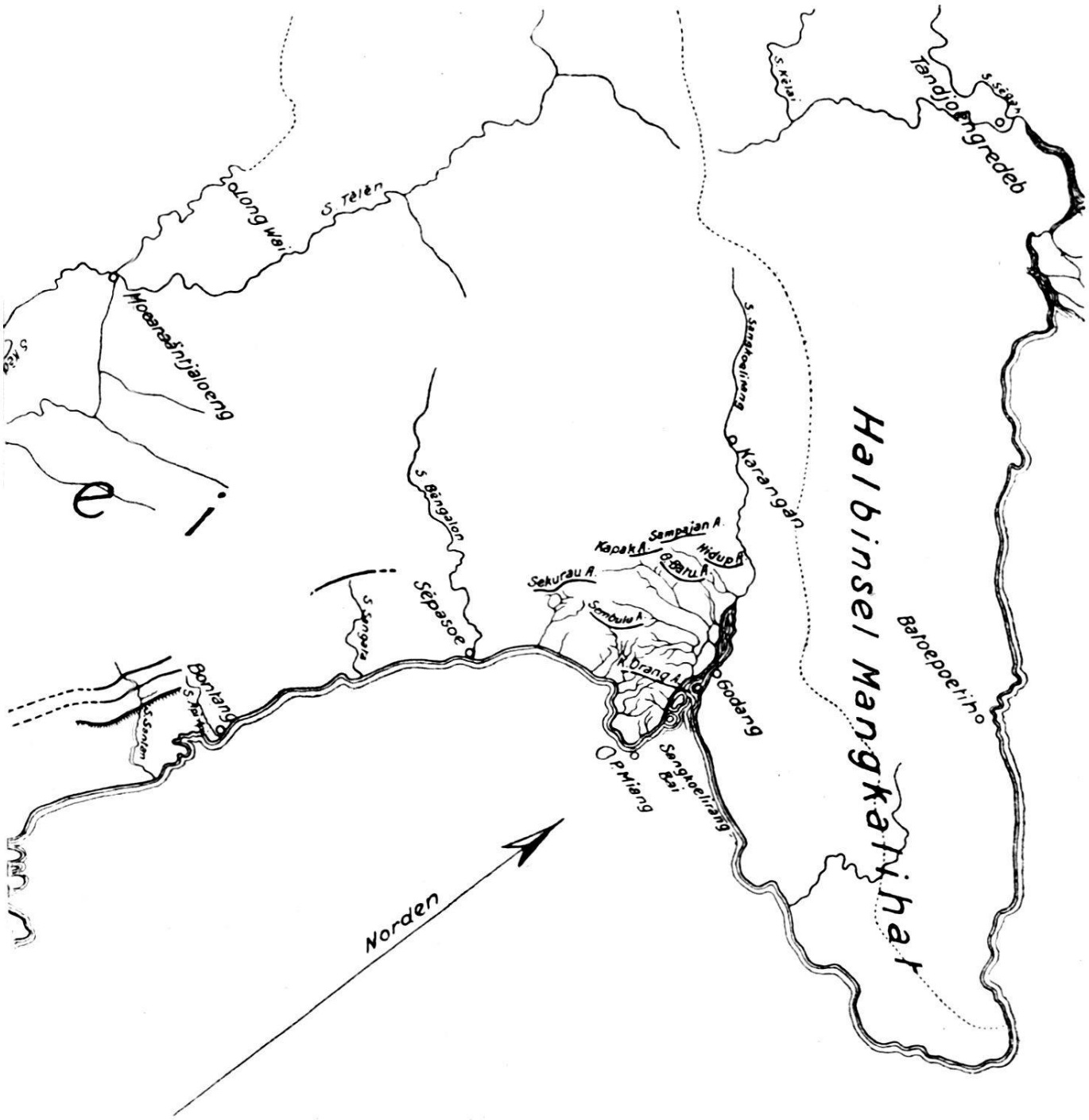


Fig. 5. Die Antiklinalen des Tertiärbeckens von Kuteii (Ost-



borneo), zusammengestellt nach J. JEZLER, L. RUTTEN u. a.

fallendem Ostflügel. Die Sanga Sanga-Sambodjaantiklinale erstreckt sich fast über das ganze Gebiet zwischen dem Mahakkamflusse und der Balikpapanbai und ist auf eine Längenerstreckung von über 80 km zu verfolgen. Sie ist ihres Ölreichtums wegen durch Bohrungen gut aufgeschlossen worden. Diese Antiklinale zeigt ein Kulminationsgebiet zwischen Sgi.[1]) Sanga Sanga und Sgi. Dondang am Mahakkamfluss und ein zweites Kulminationsgebiet am Sgi. Sambodja. Die Kuppelschichten von Sanga Sanga liegen auf der Kuppel von Sambodja ca. 400 m tief. In beiden Kulminationsgebieten lassen sich mehrere Teilkuppeln unterscheiden. Diese Teilkuppeln liegen nicht auf der Hauptlängsachse der Antiklinale, sondern seitlich. Die Teilkuppeln fallen zusammen mit Verbiegungen der Längsachse der Falte. Sie sind somit nicht Hebungen entstanden beim ersten Faltungsvorgang, sondern nachträgliche und jüngere Bildungen entstanden durch eine seitliche Hemmung beim Fortschreiten der Faltung und beim weitern Eindringen der Falten in das Kuteibecken. Die Intensität der Stauwirkungen nimmt zu von NNE nach SSW. Damit im Einklang steht die Umbiegung der Antiklinalen im Bereich der Balikpapanbai von NNE nach EW.

Nach S zu wird das Kuteibecken begrenzt resp. eingeengt durch das Gebirge von Martapura in Südost-Borneo. Leider fehlen gerade hier neuere geologische Karten. Das Gebirge von Martapura enthält einen Kern von vortertiär gefalteten Schichten. In der Tertiärzeit bildete dieses Gebirge eine langgezogene Insel und ein Stück eines selbständigen Faltenbogens. An den Kern der älter gefalteten Schichten, der ca. 100 km SSW der Balikpapanbucht zutage streicht, legt sich ein Saum von eozänen Gesteinen. Auch dem Eozän sind Kohlenflöze eingelagert, Kohlen werden ausgebeutet auf der Insel Palu Laut. Neogene und jüngere Schichten verhüllen die Umrissformen dieses hier untergetauchten Gebirges; die seitlichen Stauwirkungen, die dieses Gebirge aber auf die Antiklinalen des südlichen Kuteibeckens ausübt, lassen die Vermutung zu, dass das älter gefaltete Gebirge sich noch unter der jungen Sedimentdecke fortsetzt.

Die Antiklinalen des nördlichen Kuteibeckens sind verhältnismässig kurz, die längste, die Kari Orang-Maluwiantiklinale, erreicht eine Längenerstreckung von ca. 25 km. Sie zeigt zwei Kulminationsregionen. Eine querstauchende Wirkung ist auch hier vorhanden. Die pliozänen Mergelschichten der Sangkulirang-

[1]) Sgi. = Sungi: Bach, kleiner Fluss.

bai zeigen eine Änderung der Streichrichtung von NE nach NNE. Querbrüche bedingen wahrscheinlich die Form der Bai, ähnlich wie die der Balikpapanbai. Ein grosses untermeerisches Schlammdelta, bei Ebbe für die Schiffahrt nicht ungefährlich, breitet sich am Ausgange der Sangkulirangbai aus. Der Schlamm wird von den Wellen und der Meeresströmung nach N und E verfrachtet. Im S der Bai sowie an den Inseln Pulu Miang breiten sich Korallenriffe aus. Sie sind auch in der Bucht selbst zu finden und zeigen an, dass der Schlamm, nicht das Brackwasser die Korallen tötet. Offenbar geht hier parallel mit der Schlammanhäufung und dem Wachstum der Korallenriffe eine Senkung des Meerbodens vor sich. Ein echtes Delta, wie an der Mahakkammündung, kommt hier nicht zustande.

Den Abschluss des Kuteibeckens nach N bildet die Halbinsel Mangkalihat. Diese, in grossem Bogen gegen SSW vortretende Halbinsel, gehört einem neuen selbständigen Faltungssysteme an, das von NNE nach SSE drängt. REINHARD hat an der Grenze von Britisch Nord-Borneo eine Anzahl der Kulissen untersucht, die zu diesem Faltungssystem gehören. Im Bereiche des Cowie Harbour streichen die Synklinalen und Falten WNW-ESE. Die tiefste aufgeschlossene Schichtstufe ist die vortertiäre, hauptsächlich in der Darvelbai verbreitete Danauformation: Radiolarite, Ophiolite, Sandsteine, Konglomerate, Schiefer und Intrusivgesteine, welche tektonisch stark metamorphosiert sind. Der Zustand der Gesteine lässt auf eine vortertiäre Faltung schliessen. Darüber folgen: Eozän, Oligozän, Miozän und jüngere Schichten und tertiäre vulkanische Gesteine; diese sind zu Antiklinalen aufgefaltet vom Typus der Diapirantiklinalen. Von der Halbinsel Mangkalihat sind eozäne foraminiferenführende Kalke bekannt. In einer gewissen Tiefe ist hier ein NW-SE streichender älterer Kern wahrscheinlich. Er bildete die nördliche Begrenzung des Kuteibeckens zur Tertiärzeit.

Im Gebiete der Sangkulirangbai stossen somit zwei junge Faltungssysteme quer aufeinander. Die Verbreitung der marinen Fazies der neogenen Sedimente im nördlichen Teil des Kuteibeckens lässt die Deutung zu, dass dieses Sedimentationsgebiet zu dieser Zeit eine flache Vortiefe zum Faltenbogen des Kap Mangkalihat bildete.

Das ähnliche, rasche, parallele Umbiegen der Antiklinalen des nördlichen Kuteibeckens nach N zeigt an, in welcher Weise Falten von Deckschichten abgelenkt und zum Absterben gebracht werden, wenn sie an die Kulisse oder den Bogen einer tiefgreifenden Block- oder Grossfalte stossen, auch wenn beide Faltensysteme jung sind.

Ein wahrhaft klassisches Gebiet für verbogene Antiklinalen bietet die **Halbinsel Apscheron** am Ostende des Kaukasus. Die Schichten, die diese Halbinsel aufbauen, setzen sich von unten nach oben zusammen aus einer sehr mächtigen Folge von Tonen, die dem Oligozän angehören. Darüber liegen nach A. F. von Stahl blättrige, geschieferte, dunkle Tone mit Konkretionen und verkieseltem Nadelholz aus der Gattung *Cedroxylon*, darüber folgen sandig-tonige Schichten mit eisenschüssigem Sandstein, die oben durch kieselige und kieselig-kalkige Gesteine mit *Spirialis* abgeschlossen werden. Diese Schichten werden dem unteren Miozän beigerechnet. Die Spirialiskieselkalke unterteufen nach A. F. von Stahl die produktive Erdölserie. Eine erste Faltung dieser Schichten fand in vor-mäotischer Zeit statt.

Neuerdings hat Golubjatnikow die Schichtfolgen der Halbinsel Apscheron wie folgt gegliedert:

Pontische Stufe [Basis des Pliozäns]	Schichten mit *Valencianesia* . .	70 m
Mäotische Stufe	Diatomeenschichten	127 m
	Faltung	
Miozän	Mittlere sarmatische Stufe mit *Cryptomeria* Mediterrane Stufe = Spirialisschichten	210 m
Oligozän	Schichten mit *Cedroxylon* Schichten mit *Amphisyle* Schichten mit *Lamna*	300–310 m
Eozän (Sumgaitserie)	Foraminiferenschichten Fucoidenschichten	200 m
	Faltung	

Die obere sarmatische Stufe fehlt. Über den Diatomeenschichten, die als fraglich mäotisch angesehen werden, folgen die Schichten mit *Valencianesia*, darüber die Süsswasserschichten mit *Unio*, *Planorbis*, *Melania*, d. h. die produktive Erdölserie der Halbinsel Apscheron. Sie ist 1270 m mächtig.

Andrussow stellt die produktive Erdölserie in die dazische Stufe; nach ihm und Golubjatnikow gliedern sich die jungen, von der Faltung noch miteinbegriffenen Sedimente der Halbinsel Apscheron wie folgt:

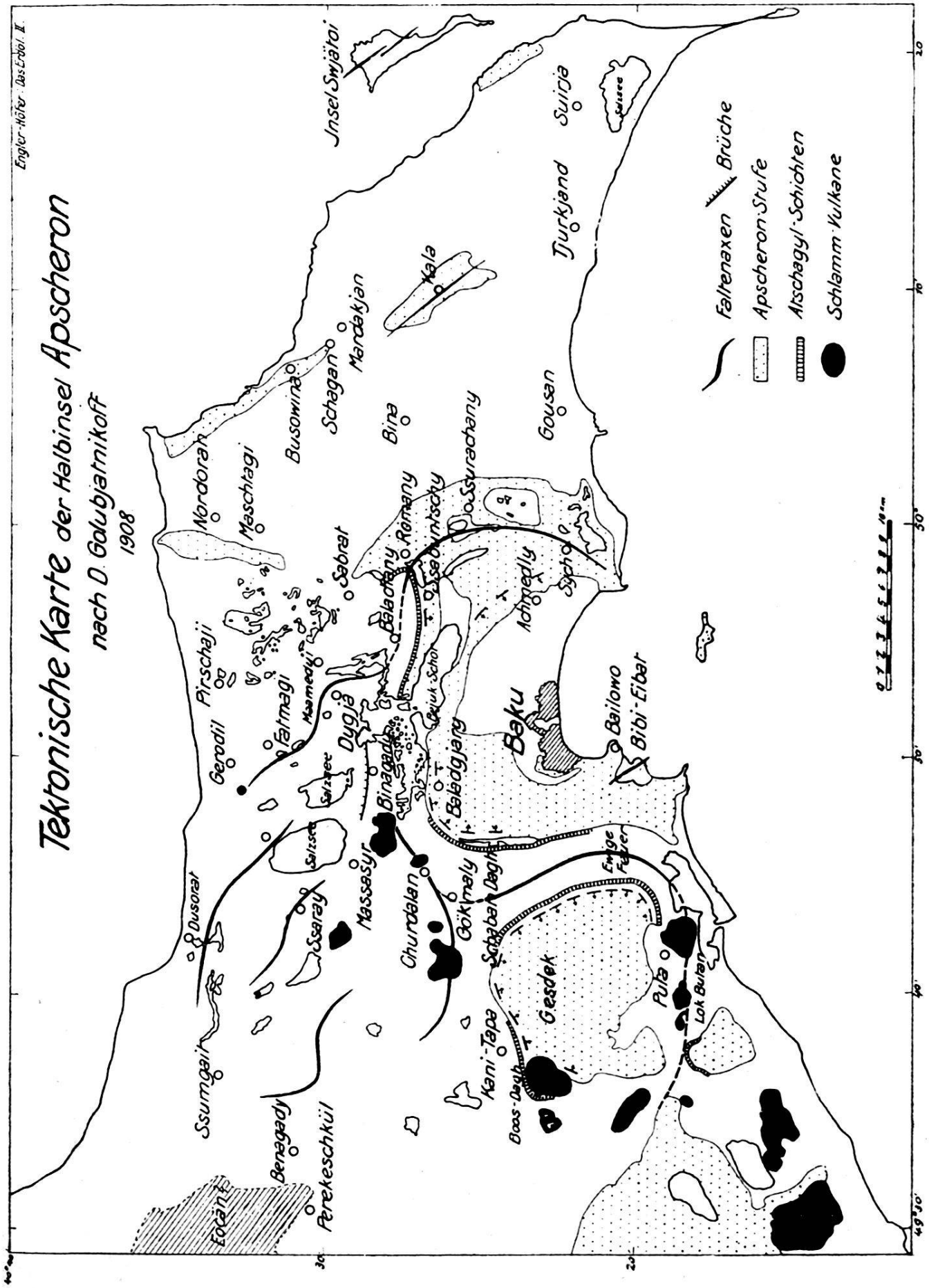


Fig. 6. Die verbogenen Faltenaxen der Halbinsel Apscheron (Ostkaukasus).

Diluvium	Altkaspische Terrassenablagerungen[1]	jüngere Stufe: 4 Terrassen (kaum disloziert). ältere Stufe: 5 Terrassen (verbogen, aber nicht stark disloziert).
Ältestes Diluvium	*Tektonische Störungen (Faltung)*	
	Bakustufe . . . . . 60 m (nach Andrussow Levantinische Stufe)	
Faltung		
Pliozän s. s. Levantinische Stufe	Apscheronschichten	450 m
Dacische Stufe (Euxinisches u. Kaspisches Becken getrennt)	Schichten mit Limnaeus . . .	±280 m
	Aktschagylstufe	±250 m
	Balachanypetrolserie Kimakuserie, 400 m	ölführende Süsswasserserie 1300 m

Die Erdölserie baut sich auf aus Tonen und Sanden; besonders der mittlere Teil des Schichtenkomplexes wird als küstennahe Festland- und Süsswasserablagerung betrachtet. Aus Tonen und Sanden (vulkanischer Asche) setzen sich auch die Aktschagylschichten zusammen. In der Apscheronstufe herrschen im unteren Teile die Tone vor, im mittleren wechsellagern Sandsteine, Mergel und Kalke, während im oberen Teile Kalke vorwalten. D. Golubjatnikow gliedert die Apscheroner-Schichten in 6 Suiten; die tieferen sind stärker disloziert als die oberste Suite. Offenbar gehen auch hier Faltung und Sedimentation Hand in Hand. Die ganze Schichtenfolge der Halbinsel Apscheron mit Ausnahme der obersten Schichten setzt sich also aus plastischem Material zusammen, was sich auch in den weichen Formen des Hügelgeländes ausprägt. GUBKIN weist neuerdings Diapirfalten nach.

Die Faltung des ganzen Schichtenkomplexes war eine mehrmalige. Diskordant über der erodierten Oberfläche der Apscheronschichten lagern die später wiederum gestörten Detrituskalke, Sandsteine, Tone und Konglomerate der Bakuer Stufe. Schwächere Verbiegungen lassen sich auch an den älteren Terrassenablagerungen der altkaspischen Stufe feststellen. Reste ältester Terrassen liegen heute 186 m über Meer. Den Faunen der diluvialen Terrassen fehlt *Cardium edule*.

Die Verbreitung der Apscheronschichten ist eine verhältnismässig geringe. Diese Schichten bilden auf der Halb-

[1]) Der Name „aralokaspische" Serie für die ältesten Terrassenbildungen ist von GOLUBJATNIKOW fallen gelassen worden. Ein SW-NE Streichen ist bekannt in alten Schollen des Hochlandes von Armenien.

insel Apscheron in der Hauptsache eine gegen SE, gegen das Meer zu fallende, verbogene und aufgerissene Schichtplatte mit Steilrand gegen NW. Baku selbst, und die Bucht von Baku, liegen inmitten einer tektonischen Wanne, aufgebaut aus Apscheroner- (und jüngeren) Schichten. Flach wannenförmig struiert ist auch der aus Apscheronschichten aufgebaute Inselberg von Gesdeck, westlich Baku und nördlich Puta und der Berg Kerges. Am Berge der ewigen Feuer „Ataschka", zwischen Bibi Eibat und Puta, biegt die Achse dieser nach SE abtauchenden Falte von NW nach WSW um. Die Tone und Sande am Meer streichen hier WSW und fallen meerwärts SSE. Der SW-Streichrichtung folgt nun die ganze Küste südwestlich Bibi Eibat. Entlang dieses Streichen ist offenbar das Gebirge ins Kaspische Meer abgebogen und eingebrochen. Die Schichten der Bakustufe zeigen sehr oft, aber nicht ausschliesslich diese Richtung an. Diese Streichrichtung ist die Richtung der querfaltenden Bewegung. Die Hemmung, die einer freien Entwicklung der Antiklinalen der Halbinsel Apscheron entgegenstand, lag im SE. Auffallend ist die Verbreitung der Schlammvulkane. Wir erkennen, dass die grösseren Schlammvulkane der Halbinsel Apscheron vorherrschend in zwei parallelen SW–NE verlaufenden Linien, auf Querfalten liegend, angeordnet sind. Die Bohrfelder Binagady-Churdalan, welche ihr Öl aus der Kirmakuserie schöpfen, folgen einer Querfalte (siehe Fig. 6).

Bekannt ist, dass dem Bohrfeld von Bibi Eibat zwei Teilkuppeln aufgesetzt sind, was sich wohl auch in der Geländeform der Umrahmung des Bohrfeldes ausdrückt. Eine dritte Teilkuppel, mit brennbaren Gasaustritten, wurde in der Bucht von Bibi Eibat vermutet. Der schmale, flache Synklinalstreifen, der die beiden Kuppeln trennt, streicht WNW–ESE. Zwischen der Kuppel von Ssurachani und der Antiklinale von Romani–Ssabuntschi–Balachani liegt eine Quereinsenkung, die durch Salzwasserbohrungen erwiesen ist. Sowohl im Bohrfeld von Bibi Eibat, wie in Ssurachany sind Querbrüche festgestellt, solche mit und solche ohne Verschiebungen der Schichten. Die die Falten des Kaukasus querstauende Scholle, einmal im SE der Halbinsel Apscheron gelegen, liegt heute im südlichen Teile des Kaspischen Meeres versunken; die Schichtbiegungen am Rande dieses Meeres zeigen an, dass der Einbruch in verhältnismässig junger Zeit erfolgt sein muss.

Die Wirkung einer querfaltenden Bewegung lässt sich nicht nur auf der Halbinsel Apscheron auffinden. Hier allerdings ist sie am stärksten ausgeprägt. Sie ist jedoch feststellbar das ganze Ufer des Kaspischen Meeres entlang. Temir-Chan-

Schurah, die heutige Hauptstadt des Daghestan westlich Petrowsk, liegt in einer wannenförmig gebauten tektonischen Mulde. Dass die sarmatischen Schichten des Berges Dschalgan, an dem die Feste Derbent liegt, quergestaut sind, und dass der Scheitel der von der Erosion aufgerissenen Dschalgan-Antiklinale verbogen ist, ist von mir vor mehreren Jahren erwähnt worden. Heute stellen sich die Verhältnisse wie folgt dar: Die Sandsteine und Kalke der oberen sarmatischen Stufe sind am Dschalgan und bei Derbent vom Abtrag verschont geblieben. Sie sind schuld, dass das Gebirge hier bei Derbent bis ans Kaspische Meer herantritt, ein natürliches Hemmnis bildend für die Völkerscharen, die im Laufe der Geschichte nord- und südwärts zogen. Die Ursache für die Erhaltung der Schichten an dieser Stelle liegt im tektonischen Bau des Gebirges begründet, das im Dschalgan zu einer breiten, dem Kaukasus parallelen Falte aufgeworfen wurde, zugleich aber quer-muldenförmig struiert ist. Die Schichten des Berges Dschalgan liegen selbst in der Quermulde und nordwestlich und südlich Derbent, wo die Achse der Dschalganfalte ansteigt, sind die quergestauten härteren, oberen sarmatischen Schichten von der Erosion entfernt. Natürliche, brennbare Gasaustritte zeigen hier den Verlauf der verbogenen Faltenaxe an. Über die unter den sarmatischen Kalken liegenden, weichen, tonigen Schichten greifen die älteren Terassenablagerungen des Kaspischen Meeres flach gelagert in das Land hinein.

Eine seitlich stauende Wirkung macht sich auch an den zur Tertiärzeit entstandenen Falten am **Westende des Kaukasus** bemerkbar. Dem Kreide- und Eozänflysch bei Anapa ist nördlich und westlich eine tertiäre Schichtfolge angelagert. Sie stellt nur die westliche Fortsetzung der Tertiärzone von Maikop dar. Lange wurde im Gebiet von Maikop im Tertiär nach wohlausgebildeten Antiklinalen gesucht, die für die Ansammlung von Petrollagerstätten günstig gebaut sein könnten: vergeblich. Die Nordabdachung des Kaukasus ist bei Maikop auffallend isoklinal gebaut, und die jungen Schichten bedecken gegen N zu dachziegelförmig die älteren.

Von Temrjuk an westwärts, jedoch auf den Halbinseln Taman und Kertsch, ist es anders. ANDRUSSOW hat diese Verhältnisse hier klargelegt. Hier ist das Tertiärland in Falten gelegt und die Antiklinalen beschreiben einen Bogen mit der konvexen Seite nach Norden. Die Faltung des Tertiärlandes hier wird auf eine stauende Wirkung des Asow'schen Horstes im Norden zurückgeführt. Die Faltenbündel verlaufen aber nicht einfach von SE über die Strasse von Kertsch nach SW, sondern werden durch das ältere Gebirge der Krim in zwei Büschel geteilt.

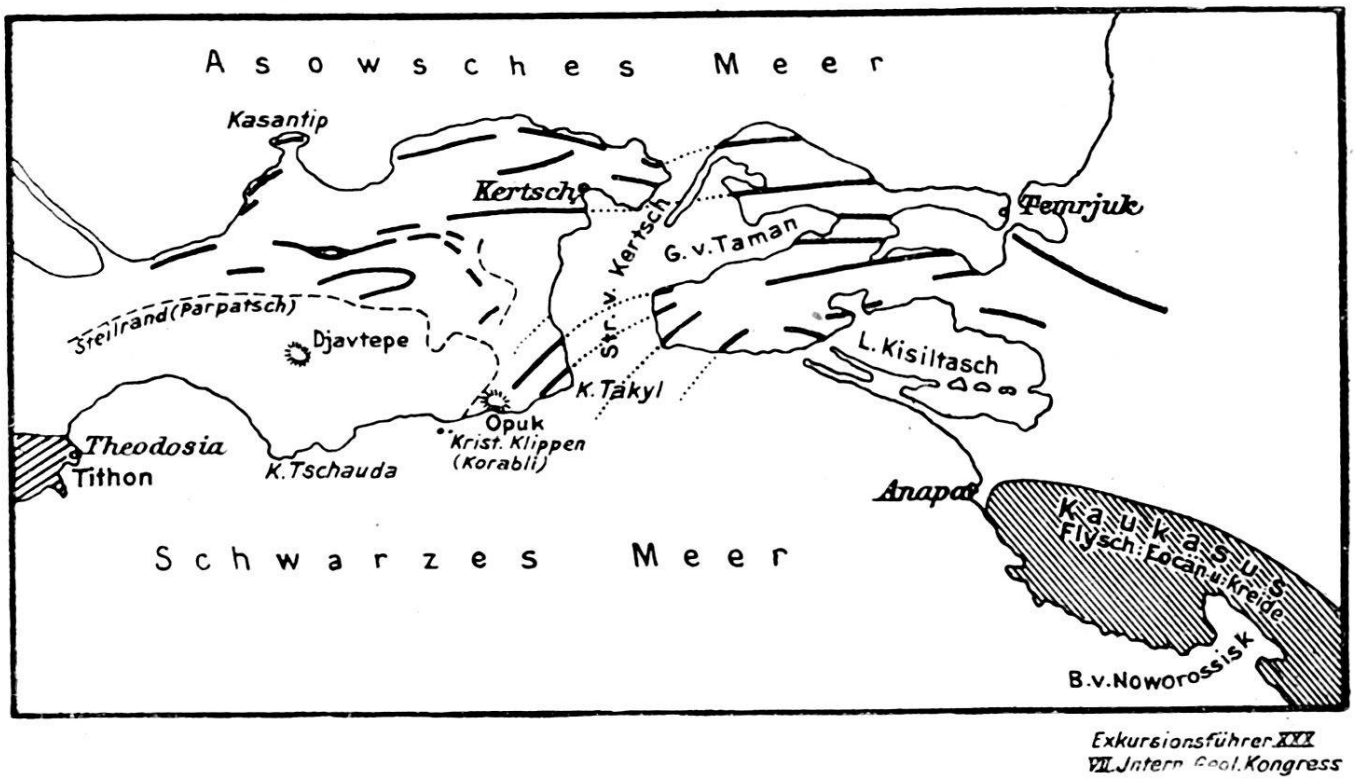


Fig. 7. Gabelung des tertiären Faltenbündels durch das ältere Gebirge der Krim.

Suess sagt im Antlitz der Erde (Bd. 3, II, S. 13): „Die Natur bietet hier ein lehrreiches Beispiel der Art, in welcher junge Falten durch ein fremdes älteres Gebirge (Theodosia) nicht gestaut, sondern in divergierende Bündel geteilt werden. Das nördliche endet frei, das südliche sinkt unter das schwarze Meer.“ Diese Deutung ist jedoch nicht erschöpfend. Aus dem Kärtchen von Andrussow geht deutlich eine Querstauchung der Falten im mittleren Teil des Faltenbündels hervor und die Andrussow'sche Zeichnung der Antiklinale von Mama zeigt, dass die Synklinale von Tschokrak-Babtschik nicht einfach

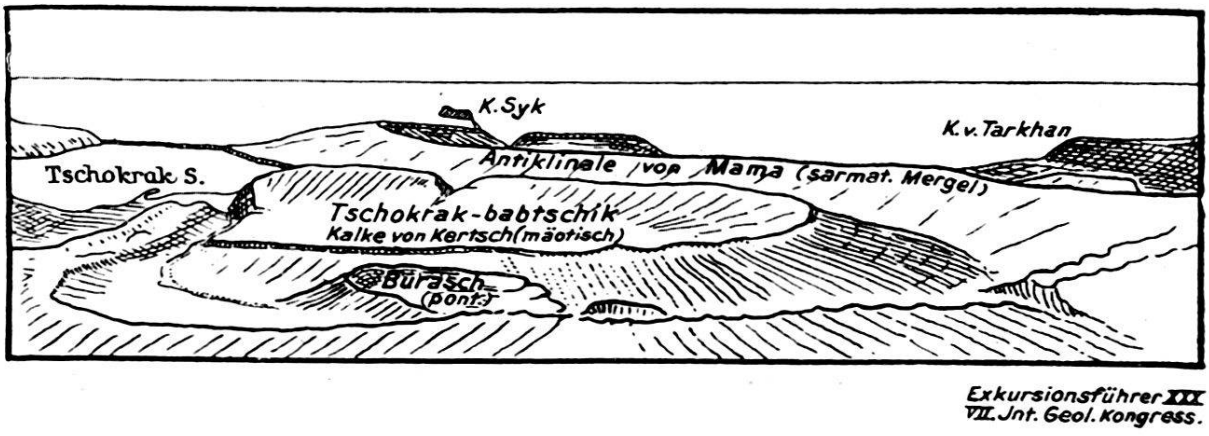


Fig. 8. Halbinsel Kertsch: Die Antiklinale von Mama und die Synklinale von Tschokrak-babtschik (nach N. Andrussow).

synklinal gebaut ist, sondern wannenförmig. Die Kalke von Kertsch, unterteuft von einer mächtigen blättrigen Tonfolge der sarmatischen und der II. mediterranen Stufe, bilden hier den obersten Teil eines wannenförmig struierten Inselberges, eines „Wannenberges" (siehe Fig. 8).

Ein vortreffliches Beispiel für eine in ihrer Längenentwicklung seitlich gehemmten und umgeprägten Falte bietet das Bohrfeld von **Comodore Rivadavia** an der Ostküste von Argentinien, welches, wie die ganze Bucht von San Jorge, neuerdings eingehend durch A. WINDHAUSEN dargestellt worden ist. (Fig. 9)

Die Bucht von San Jorge wird in ihrem westlichen und südlichen Teil umrahmt von den Ausläufern der Patagoniden, die aufgebaut sind aus triadischen Gesteinen. Diese Triasgesteine bilden den Sockel der Bucht von San Jorge. Sie bestehen in der Hauptsache aus Porphyren und Tuffen, untergeordnet aus weissen Sandsteinen und farbigen Tonen und sind nach A. WINDHAUSEN vor der Ablagerung des Cenomans und Turons gefaltet worden. Auf diesem Sockel liegen diskordant die Schichten der oberen Kreide und des Tertiärs mit folgendem Profil:

Neogen	Patagonische Molasse	
Diskordanz und Transgressionsebene		
Eogen	Säugetierführende Tuffe, mit Lapilli von Basalt[1]). . . .	0—80 m
Diskordanz und Denudationsebene; tektonische Bewegungen		
Dinosaurier-Schichten (Sedimente hauptsächlich von kontinentalem Ursprung)	Sandsteine und farbige Tone .	200 m
	Danien (= Salamanqueano); glaukonitische Sande u. Tone m. Geoden, verkieseltem Holz, Fischzähnen, *Ostrea Pyrotherium, O. Ameghinoi*, marin	130 m
	Transgression	
	Sénonien: Sandstein und farbige Tonschiefer	50–100 m
	Halbmarine, blaue Tone und drei petrolführende Sande .	× m
	Bunte Tone mit Einlagerung von weissen Tuffen	× m
Diskordanz		
Trias		

[1]) Es werden noch speziell unterschieden: Notostylops (Astroponotensis)-, Pyrotherium- und Colpodonensisschichten. Zwischen den Notostylops- und Pyrotheriumschichten ist eine ungleichförmige Auflagerung nachgewiesen.

Diese Schichten sind am Ende der Kreide und wiederum im Tertiär gefaltet worden. Der Unterschied in der Intensität der Faltung der Kreide- und der Tertiärschichten ist ein sehr beträchtlicher. Die Falten und Antiklinalen in der Kreide sind einfach und kurz, begleitet von Brüchen; Streichrichtung WSW–ENE. Die Tertiärgesteine zeigen sehr breite und flache Wellen.

Die Falten zeigen eine starke Anpassung an den alten Rahmen der Bucht von San Jorge. In der beigelegten Kartenskizze sind die beiden Antiklinalen des Valle Hermoso eingetragen mit den Querfalten.

WINDHAUSEN erwähnt, dass diese Querfalten mehr oder weniger senkrecht zu der Achse der Längsfalte verlaufen, und dass sie in ihrer Richtung starke Analogien zum Streichen einiger Faltenachsen im Basalgebirge zeigen. Er denkt bei der Beschreibung dieser Falten an eine Wiederbelebung einer alten Faltenrichtung.

Das Bohrfeld von Comodore Rivadavia ist mit Hilfe von Strukturenlinien klar dargestellt. In seinen südöstlichen Teilen zeigt es 3 Kuppelbildungen. Der Längsdurchmesser dieser Kuppeln erscheint, übrigens wie die Oellinie der Astra, als die Resultante der Faltungsrichtung und der querstauchenden Richtung. Auch hier liegen die besten Petroleum- und Gasbrunnen auf den Kuppeln.

Der geringe Anteil, den marine und halbmarine Ablagerungen neben terrestrischen Bildungen am Schichtenbau der Bucht von San Jorge besitzen, lässt von vornherein vermuten, dass der Ölvorrat dieser Schichten im Vergleich mit andern küstennahen Petroleumgebieten ein verhältnismässig kleiner sein muss. Bei der Armut des Landes an Brennstoffen kommt jedoch einer solchen Lagerstätte erhöhte Bedeutung zu.

Eine Querfaltung von Faltenketten im grossen Massstab lässt sich feststellen im **östlichen Mexiko.** Hier ist die Auffaltung der langgezogenen NW–SE streichenden Kordilleren in der Hauptsache am Schlusse der Kreide- und der älteren Eozänzeit beendet. Am Ende der Kreidezeit taucht das Hochland von Mexiko aus den Fluten des Meeres empor, um nicht wieder vom Meere bedeckt zu werden. In der älteren Oligozänzeit spielte sich hier ein grossartiger Faltungsprozess nur in Zentralamerika ab. Der Faltungsvorgang jedoch, welcher zur Bildung der zentralamerikanischen Insel-Bogen geführt hat, beschränkt sich nicht allein auf Zentral-Amerika selbst. Er überprägte vielmehr zum Teil noch die am Ende der Kreide und älteren Eozänzeit entstandenen Ketten der mexikanischen

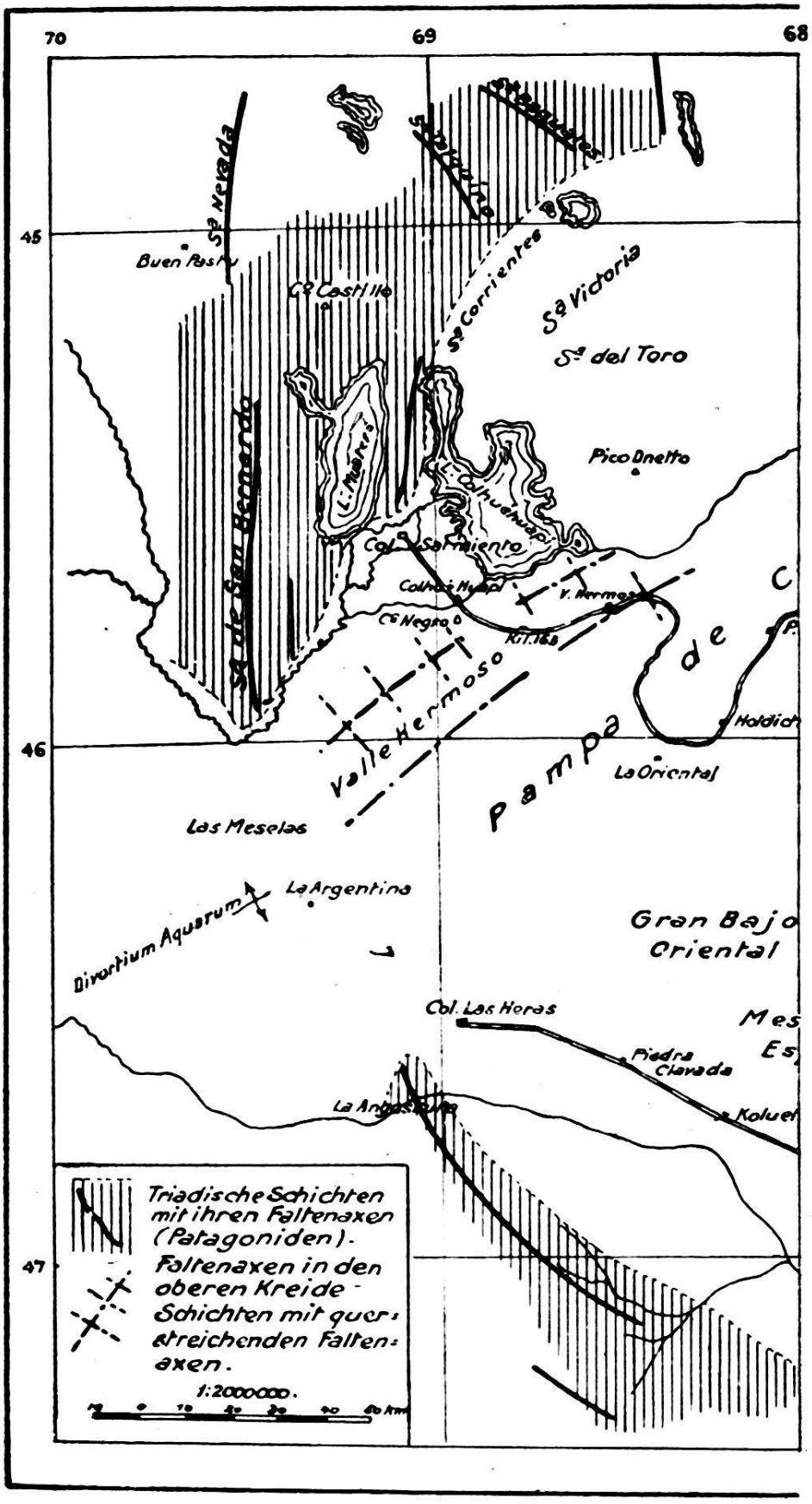
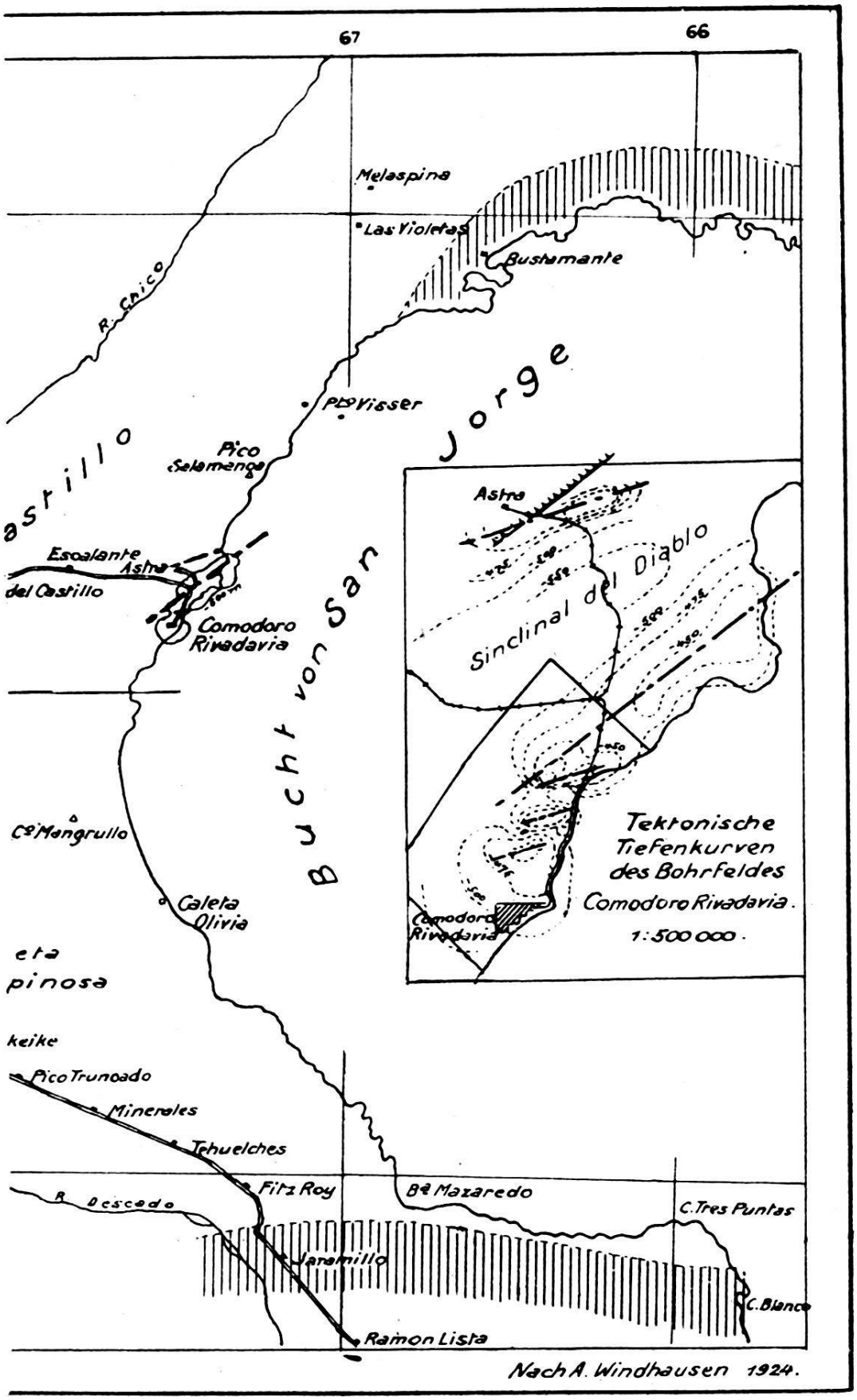


Fig. 9. Die Bucht von San Jorge mit dem



Bohrfeld von Comodoro-Rivadavia (Argentinien).

Sierren oder Kordilleren. Diese Erscheinung ist nicht nur an der Küste, sondern auch auf dem Hochland von Mexiko selbst bekannt, wie C. BURCKHARDT neuerdings hervorgehoben hat.

Querstörungen, ausgedehnte Brüche und Sprünge, Querfalten sind in den letzten Jahren in Ostmexiko hauptsächlich aufgedeckt worden durch geologische Aufnahmen und Bohrungen in den Petroleumfeldern. Diese Erscheinungen beeinflussen hier nicht nur Deckschichten, wie in den bis dahin in dieser Arbeiter wähnten Küstengebieten. Man darf hier nicht mehr von einer seitlichen Hemmung bei der Bildung von Antiklinalen und Falten sprechen, sondern muss annehmen, dass ein schräges Gegeneinanderrücken, d. h. wohl aktive Verschiebungen von alten Kontinentteilen oder Blöcken zu der Entstehung der Querfalten in den längsgefalteten Gebirgsketten geführt hat.

Tertiäre Sedimente in grösserer Folge sind nur im Küstenland von Ostmexiko abgelagert worden. Nur hier kann daher die Altersfolge der tektonischen Erscheinungen etwas bestimmter festgelegt werden.

Jungeozäne, oligozäne und neogene Deckschichten besitzen ihre Hauptverbreitung in der Huaxteca, südlich vom Panucofluss. Die Küste entlang sind sie nach Norden zu festgestellt bis nach Texas. Die Mächtigkeit der einzelnen Serien ist wechselnd; die jungen landeinwärtsgreifenden Transgressionen ruhen an verschiedenen Stellen auf kräftig und ungleich abgetragenen ältern Schichtfolgen. Als Ganzes genommen besitzt jedoch der junge Schichtenkomplex z. B. in der Zone der südlichen Ölfelder in der Huaxteca über den in der Tiefe verborgenen Kalksteinmassen der mittleren Kreide eine Mächtigkeit von 1000—4000 Fuss.

Das Schichtenprofil in Ostmexiko gliedert sich von oben nach unten wie folgt; ich verdanke die Bestätigung der Richtigkeit des Profils einer brieflichen Mitteilung des Herrn Dr. E. BRÄNDLIN in Tampico:

Tuxpamstufe (Neogen, Burdigalien): Die sandigen und kalkigen Schichten bilden eine gegen das Land eingreifende Tafel, welche meerwärts gegen den Golf von Mexiko zu schief gestellt ist.

Transgressionsebene.

San Rafael-Schichten (Rupélien und Aquitan?), Schichten mit *Lepidocydina gigas Cushmann* und *L. undulata Cushmann; Clypeaster* und Zweischaler; Korallenkalke und konglomeratische Sandsteine.

Faltung und Denudation (Hauptfaltung der Antillen).

Unteroligozän: Mergel und Sandsteine.

Alazanmergel (Obereozän, Jacksonstufe von Texas)

Tantoyuca-Schichten (Lutetien, Mitteleozän): Konglomeratische Sandsteine der Mecapalahügel.

Starke Faltung und Denudation.

Tempoalmergel.

Chicontepec-Schichten (Unterstes Eozän; Wilcoxstufe von Texas), Idolo-, Limon-, Velascoschichten; Sandsteinbänke und Mergel, ca. 600 m mächtig.

Diskordanz.

Escondido-Schichten (Danien). Am Rio Grande del Norte erhalten, wohl stellenweise fehlend.

Papagallosmergel (Senon = obere Taylormergel von Texas). Mehrere hundert Meter mächtig. In Chihuahua Sandsteine.

San Juan- oder San Felipe-Schichten (Turon?, pp. Austinkalk von Texas).

Ungleichförmige Auflagerung?

Tamasopokalk (Cenoman, Vraconien?, mittlere Kreide). Folge von mächtigen Kalkbänken; mehrere Hundert Meter.

Die mächtige zusammenhängende Kalksteinmasse der mittleren Kreide bildet das Skelett der Gebirgsketten von ganz Ostmexiko. Wo ein Stück dieser älteren Ketten im ostmexikanischen Küstenland unter den jüngeren Ablagerungen des Tertiärs verdeckt liegt, wie in der Zone der südlichen Ölfelder, besteht ein merklicher Unterschied in der Faltbarkeit des vergrabenen Kalkrückens und den darüberliegenden tonigen und sandigen Schichten. Es besteht ein Unterschied zwischen der Struktur des Untergrunds und dem Schichtenbau der Oberfläche. Aus der geologischen Geschichte soll folgendes erwähnt sein:

Eine erste Hebung ist in Ostmexiko durch HAARMANN in Coahuila nachgewiesen nach Ablagerung des Unter-Turons. In nachturoner Zeit tritt in Coahuila eine veränderte Verbreitung der Meeresablagerungen auf. Die Hauptfaltung der Sierra Madre Oriental und der Sierra Tamaulipas muss erfolgt sein in der Zeit vor Ablagerung der untereozänen Chicontepecschichten. Das Streichen dieser Sierren verläuft SE–NW. In einem verhältnismässig schmalen, langgezogenen Becken lagern sich am Ostflusse der Sierra Madre Oriental und in der Synklinalregion zwischen dieser Sierra und der Sierra Tamaulipas die Chicontepecschichten ab. Es folgt eine letzte intensive Faltungsphase mit nachfolgendem starken Abtrag.

Bereits aus der Verbreitung der an der Tagesfläche austretenden Schichten lässt sich speziell im Panucogebiet feststellen, dass der Rio Panuco mit seinen zahlreichen Schlingen sich hier durch den Scheitel einer breiten, flachen Aufwölbung durchgearbeitet hat. Auf dem Ostflügel dieser Aufwölbung folgen bei Topila über den Papagallosmergeln transgredierend die Alazanmergel, die Oligozän- und Miozänschichten. Westlich

von Panuco werden in der Hacienda El Limon die Papagallosmergel von untereozänen Chicontepecschichten bedeckt. Auf dem Scheitel der Aufwölbung treten z. B. südlich des Städtchens Panuco die Papagallosmergel aus. Sie sind an einigen wenigen Stellen am Flussufer des Panucoflusses entblösst. Die Achse der Aufwölbung taucht gegen Süden ab und südlich von Panuco werden die Papagallosmergel der absinkenden breiten Falte ebenfalls überdeckt von jungen Sedimenten, unter denen sie vollständig verschwinden.

Das Petroleum wird im Panucofeld gewonnen aus Hohlräumen, die in den oberen Bänken der Tamasopokalksteingruppe auftreten, seltener aus Hohlräumen der darüberliegenden untersten Bänke der San Felipe-Schichten. Vereinzelte, langgezogene Brüche durchsetzen vermutlich die ganz von Mergeln überdeckte Kalkaufwölbung. Die Kalksteinschichten des Tamasopokalkes werden im allgemeinen im Panucogebiet vom Bohrmeissel angetroffen in einer Tiefe von 1800—2300 Fuss, in grösserer Tiefe folgt Salzwasser.

HUNTLEY hat bereits im Jahre 1915 versucht, das Panucofeld mit Hilfe von Strukturlinien zu umgrenzen. Die Achse der breiten Panuco-Aufwölbung streicht westlich von Panuco durch Tierra Blanca. Seit HUNTLEY's Darstellung sind sehr flache und gut produzierende Brunnen in Salvasutschi und Potrero de Ojital erbohrt worden. Hier wurde das Öl bei einigen Brunnen zwischen 1700 und 1750 Fuss getroffen. Nördlich von Salvasutschi treten flachliegende Papagallosmergel am Flussarm zutage. In dem alten Panucofelde lag eine Linie vortrefflicher Ölbohrungen in der Fortsetzung der Alamoschlinge des Rio Panuco nach SW. Es scheint, als ob diese Bohrungen, wie der Südarm der Alamoschlinge, eine querverlaufende Streichrichtung andeuten, die sich weiter nördlich wiederholt. Die flachsten Bohrungen im Panucogebiet sind erst 1922/23 niedergebracht worden im Tancoco-Pool in Cacalilao. Dieses neue Bohrfeld, das auf so kleiner Grundfläche und die Grenzlinie von Grundstücken entlang so ungeheure Mengen Erdöl geliefert hat, ist offenbar halbdomförmig gebaut. Der Scheitel der Hauptfalte ist hier offenbar quer gehoben und verbogen. Flache Brunnen liegen in Las Palmas und etwas tiefere Brunnen wurden erbohrt in dem alten Bohrfeld Mata de Chapopote.

Die Panuco - Topilaaufwölbung kann aufgefasst werden als südlichster abgetauchter Teil der Sierra Tamaulipas, welche als Gebirge nördlich vom Panuco- und Tamesifluss nach Süden abfällt, um dem flach-hügeligen Gelände der Gegend von Los

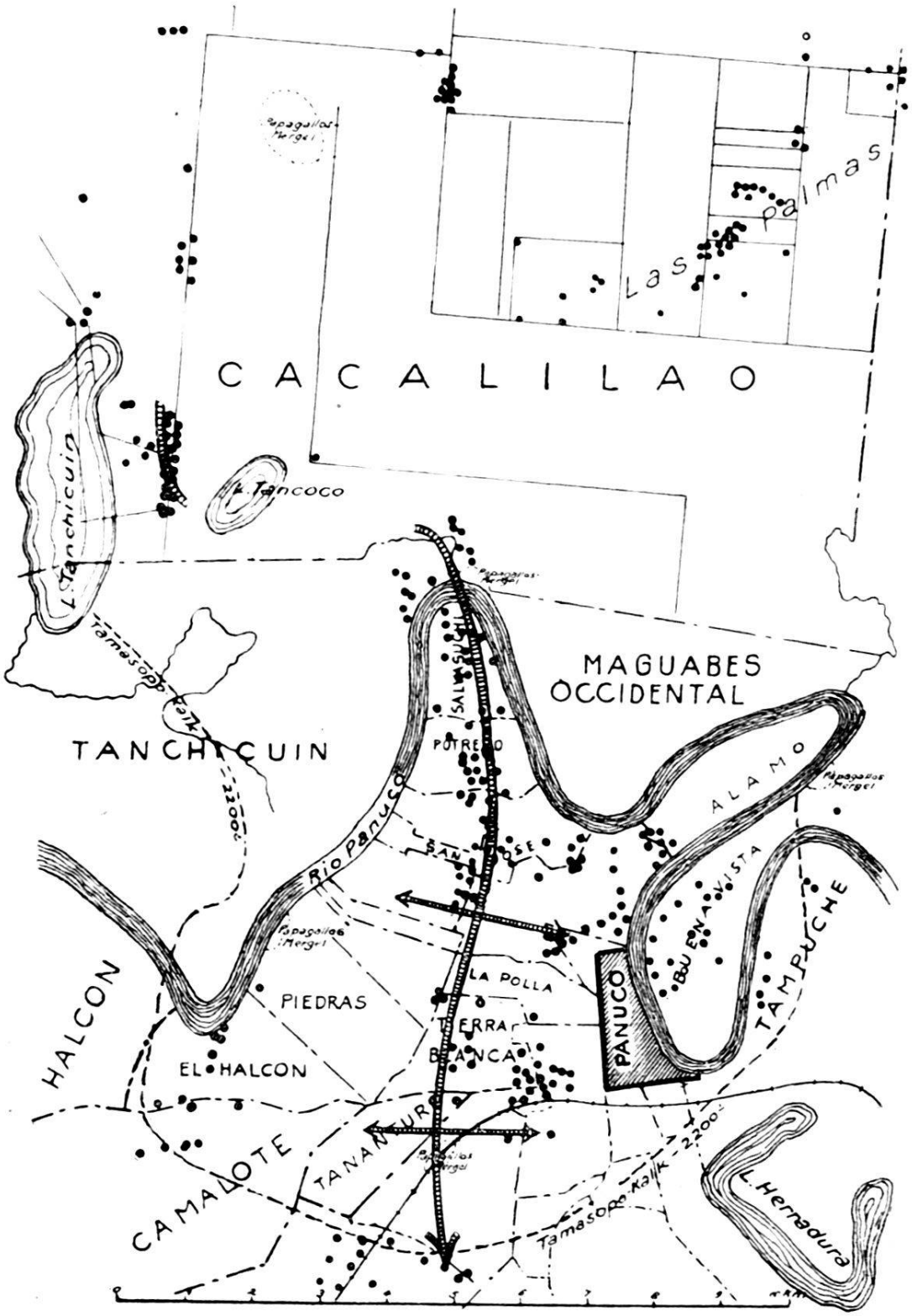


Fig. 10. Ein Teil des Panuco- und Cacalilaoölfeldes in Ostmexiko.

Esteros-Altamira und endlich dem Panucogebiet Platz zu machen.

Die NNW streichende Sierra Tamaulipas selbst stellt im Querprofil eine mehrere km breite flach verbogene Kalkplatte oder Kalkaufwölbung dar mit steilem Westschenkel und schwächer geneigtem, etwa mit 6° gegen den Golf von Mexiko fallendem Ostschenkel. Ausgedehnte Intrusionsmassen eines zum Teil syenitischen Magmas, welches am Ende der Kreide- oder älteren Eozänzeit in die Schichten eindrang, unterbrechen den Zusammenhang der Kalkbänke. Auf der Westseite ist der Sierra Tamaulipas eine kurze, kuppelförmige Teilfalte mit intrusivem Kern, die Sierra Buena Vista, angegliedert; auf der Ostseite ist der Gebirgsrand bezeichnet durch einige Lakkolithe, welche als Intrusivmassen mit rundlichen, kuppenförmigen Erosionsformen von weitem kenntlich sind.

Querstreichende Falten oder Wellen mit WSW–ENE-Richtung durchziehen auch die Sierra Tamaulipas. Es bleibt zu untersuchen, inwieweit die Lakkolithe und Intrusionsmassen, die mit den ältern Faltungsphasen in die Schichtenfolge der mittleren und oberen Kreide eindrangen, an solche Querfalten gebunden sind.

Die WSW–ENE verlaufende Querrichtung tritt auch in Geländeformen heraus. So folgt der ENE Querrichtung der ganze Unterlauf des Rio Moctezuma, eines Nebenflusses des Rio Tempoal. Das Vorhandensein einer tiefen Quersynklinale ist westlich vom Tempoaltal, südlich Topila, am Estero de Topila an der Südgrenze von Tamboyoche durch tiefe, erfolglose Bohrungen bestätigt worden.

Vielleicht ist auch der Lauf des Panucoflusses oberhalb Tanchicuin durch eine Querdepression bedingt.

Die Entstehungszeit dieser Querwellen kann nicht jung sein. Es lässt sich schwer denken, dass diese Querfalten durch einen tektonischen Vorgang entstanden sind, nachdem das Gebirge schon fertig gefaltet war. Die jungeozänen Transgressionen greifen stellenweise über alle Unebenheiten des Untergrundes hinweg und verwischen so an der Tagesfläche den Bau des Untergrundes. Sollten die Querfalten entstanden sein vor der Mitteleozänzeit, so würde dies auf das Vorhandensein einer frühen Faltungsphase in den Antillen hinweisen.

Vor der Mitteleozänzeit ist das erstmals gefaltete Gebirge abgetragen worden und seine Überreste wirken offenbar ablenkend und mitbestimmend für die Richtung der Fältelungen in den später abgelagerten und nachgefalteten Deckschichten.

Die vorliegenden Beobachtungen, die eine Erweiterung einer Antrittsvorlesung an der Universität Bern darstellen, sind keineswegs erschöpfend. Sie sollen auf Probleme hinweisen, die wohl in der nächsten Zukunft mehr und mehr Beachtung finden werden. Nur eine gut durchgeführte Strukturkarte kann zur Erkenntnis der Wirkung und des Ausmasses der verschiedenen längsfaltenden und querstauenden Kräfte führen.

Literatur.

(Es sind nur die wichtigsten, hier speziell benutzten Arbeiten aufgeführt.)

Holländisch Indien:

1. Joh. Felix und Joh. Wanner: Fossile Anthozoen von Borneo; Paläontologie von Timor, IX. Lief., mit Literaturangabe. Stuttgart 1923.
2. H. Jezler: Das Ölfeld Sanga Sanga in Koetei (Ost-Borneo). Zeitschrift für praktische Geologie, Heft 4 u. 5, 1916.
3. M. Reinhard: Contributions to the Physiography and Geology of the south-east coast of British North Borneo. Geographical Journal, February 1924.
4. L. Rutten: Veranderingen der facies in het tertiair van Ost-Koetei (Borneo). Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam, 1916
5. W. Staub: Über die Verbreitung einiger lebender und versteinerter Gastropodenarten am Ausgange der Sangkulirangbay, Ost-Borneo. Vierteljahresschrift der Naturf. Ges. Zürich, Jahrgang 6, 1916.

Kaukasus:

6. N. Andrussow: Environs de Kertsch; guide des excursions du VII. Congrès géolog. international, XXX, 1896
7. Engler-Höfer: Das Erdöl, Band II. Leipzig 1909.
8. D. Golubiatnikow: Geologische Detailkarte der H. J. Apscheron. Bibi Eibat. Mémoires du comité géologique, N. L. 106, partie I, 1914.
9. A. F. v. Stahl und W. Staub: Kaukasus; Handbuch der regionalen Geologie, V. Band, 5. Abteil., 1923.
10. W. Staub: Tektonische Beobachtungen am Westufer des Kaspischen Meeres. Vierteljahresschrift der Naturf. Ges. in Zürich, Jahrg. LVIII, 1913.

Neuere Arbeiten, die hier nicht mehr verwertet werden konnten, sind:

N. Oucheikin: Esquisse géologique de la région pétrolifère de Pouta. Bull. Com. géol. XXXIII, 1914.

N. Oucheikin: Coupe géologique et tectonique de la série pétrolifère de la région de Balachany-Sabonutschi-Romany. Comité géologique. Matériaux pour la géologie générale et appliquée. Liv. 1. 1916.

J. M. Gubkin: Geologische Forschungen im nordwestlichen Teil der Halbinsel Abscheron. (Blatt: Sumgait.) Bull. com. géol. XXXIII, 1914.

J. M. Gubkin: Recherches géologiques dans la partie occidentale de la presqu'île d'Apscheron. (Outchtapinsky et Koounsky.) Bull. Com. géol. Petersbourg. T. XXXIV, 1915; avec carte.

Mirtschink: Zur Frage der Tektonik der Halbinsel Apscheron. Mitteilungen der Moskauer Bergakademie. T. III, No. 1, 1924.

Argentinien:

11. A. WINDHAUSEN: Region situada al oeste del golfo de San Jorge. Boletin de la Academia nacional de Ciencia en Cordoba, tomo XXVII. Buenos Aires, 1924.

Mexiko:

12. C. BURCKHARDT: Quelques remarques critiques sur l'ouvrage de M. W. Freudenberg: Geologie von Mexico; Antonio Alzate, 1923.
13. E. T. DUMBLE and E. R. APPLIN: Subsurface Geology of Idolo Island, Vera Cruz, Mexico. Pan-American geologist, vol. XLI, June 1924.
14. E. HAARMANN: Geologische Streifzüge in Coahuila. Deutsche geologische Gesellschaft, Band 65, Monatsbericht I, 1913.
15. L. G. HUNTLEY: The Mexican Oil Fields; Transactions of the American Institution of Mining Engineers, September 1915.
16. W. STAUB: Beiträge zur Landeskunde des nordöstlichen Mexiko. Gesellschaft für Erdkunde, No. 5—7. Berlin, 1913.
17. T. W. VAUGHAN: Correlations of Post-Cretaceous Formations in the Pacific Region. Bernice P. Bishop Museum, Honolulu, 1924.

Allgemein.

18. S. v. BUBNOFF: Die Gliederung der Erdrinde. Fortschritte der Geologie und Palaeontologie. Berlin, 1924. Verlag Gebrüder Bornträger, 1923.
19. H. DOUVILLÉ: Les Lépidocyclines et leur évolution: un genre nouveau „Amphilepidina". Compte rendus Académie des Sciences. T. 175, pag. 550.
20. K. MARTIN: Eenige Opmerkingen over ouderdomsbepalingen van het Indische Tertiair. De Mijn ingenieur, No. 2, 1923.
21. H. STILLE: Die Mitteldeutsche Rahmenfaltung. Niedersächsischer geologischer Verein. Hannover, 1910.
22. H. STILLE: Übersichtskarte der saxonischen Gebirgsbildung; 1 : 250000. Preussische geologische Landesanstalt. Berlin, 1922.
23. AUG. TOBLER: Die Jacksonstufe (Priabonien) in Venezuela und Trinidad. Eclogæ Geol. Helvetiæ, XVII, No. 3, 1922.
24. R. BÖCKER: Die Mechanik der bleibenden Formänderung in kristallinisch aufgebauten Körpern. Forschungsarbeiten auf dem Gebiete der Ingenieurwissenschaften, Heft 175 u. 176. Berlin, 1915.

Manuskript eingegangen am 22. Oktober 1924.

Mitteilungen der Schweizerischen Geologischen Kommission. November 1924.

Bisher galt das Kalenderjahr vom 1. Januar bis 31. Dezember nur für unser Rechnungswesen; für die Berichterstattung an die Schweizer. Naturf. Gesellschaft hingegen war das Gesellschaftsjahr, d. h. die Zeit von einer Jahresversammlung