

Zur Paläogeographie der Perm-Ablagerungen von West-Texas - New Mexico

Autor(en): **Roesli, F.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin der Vereinigung Schweiz. Petroleum-Geologen und -Ingenieure**

Band (Jahr): **17 (1950)**

Heft 53

PDF erstellt am: **20.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-185016>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Zur Paläogeographie der Perm-Ablagerungen von West Texas - New Mexico

von F. ROESLI, Luzern

Abstract

This paper represents an attempt to show on a single map the shifting facies conditions in W-Texas and SE New Mexico during the whole of Permian time and also to indicate the influence of the pre-Permian underground structure upon the facies distribution.

The description is based upon the correlation of the San Andres-Plaine with the Word. On this particular it seems to the writer to be the most logical conclusion to correlate it with the Lower Word (which carries Perrenites). The further conclusion would then be that this formation (San Andres-Brushy Canyon) would not be missing on the shelves (P. B. King), but only on the more prominent structural ridges bordering the basins. This would account for the presence of the *Parafusulina rothi*-assemblage in the San Andres. The Graiburg, equivalent of the Goat Seep, may be missing at the Queen type locality (lokal unconformity).

The facies distribution is shown only in a general way, so as not to complicate the picture too much. For this same reason only the most important phases are indicated on the map.

I. Allgemeines

Die Ablagerungen des Perms sind für die Oel-Industrie Nordamerikas von ausserordentlicher Bedeutung. Die bis heute aufgeschlossenen über 200 größeren und kleineren Oelfelder von West Texas und der Südostecke von New Mexico (des sog. «Permian Basins») ergaben im Mai 1950 eine Tagesproduktion von über 550 000 barrels. Im August dürfte diese beinahe 700 000 barells erreicht haben, was ungefähr der totalen Tagesproduktion von Rußland entsprechen mag.¹

Über zwei Drittel der Produktion aus dem Permian Basin stammt aus dem Perm. Die Gesamtproduktion beträgt bis heute etwa 3,5 Milliarden barrels, die Reserven, deren Schätzung beständig aufwärts revidiert werden mußte, etwa doppelt soviel.

Die Oelvorkommen verteilen sich zur Hauptsache über ein Gebiet, das ungefähr den 4-fachen Flächeninhalt der Schweiz hat. Davon sind allein in Perm rund 8000 km² produktiv.

In Wirklichkeit sind allerdings diese Oelfelder noch viel gedrängter als aus diesen Zahlen hervorgehen könnte, denn sie konzentrieren sich auf vier enge Gebiete, wie aus Tafel 1 ersichtlich ist (vergl. auch die Karte des Septemberheftes 1950 von «World Oil»).

¹ Die totale Tagesproduktion des Permian Basin aus sämtlichen Formationen hat nach Angaben im Septemberheft der Publikation «World Oil» 1 Million barrels überschritten.

Diese vier Gebiete umfassen gesamthaft ein Areal etwa von der Größe der Schweiz:

1. Central Basin Platform etwas über 20 000 km²
2. North Basin Platform etwas über 8 000 km²
3. Eastern Platform etwas über 8 000 km²
4. Northwestern Shelf Area ca. 4 000 km²

Eine geringere Anzahl von Feldern befindet sich ferner in dem dazwischenliegenden Midland Basin und in dem westlich anschließenden Delaware Basin.

In neuester Zeit ist in W-Texas eine neue Entwicklung in Gang gekommen, die interessanterweise auf Parallelerscheinungen in den Faziesverschiebungen im Oberkarbon fußt und deren Ergebnisse ähnliche Ausmaße der Produktion versprechen, wie dies im Perm der Fall ist.

II. Geschichtliches

Marines Perm wurde in West Texas erstmals 1858 von Shumard in den Guadalupe Mountains entdeckt und beschrieben. Die Altersbestimmung blieb aber lange Zeit problematisch. Die erste gründliche Bearbeitung der betreffenden Fauna erfolgte erst 50 Jahre später (1908) durch Girty's berühmtes Werk «The Guadalupian Fauna». Später, 1917, folgte die Bearbeitung einer Ammonitenfauna aus den Glass Mountains (im Südwesten des Beckens, nahe der mexikanischen Grenze) durch Böse.

Die ölgeschichtliche Entwicklung ist viel jüngerer Datums. Die ersten Entdeckungen von Oel in West Texas fallen in den Beginn der 20er Jahre, die der ersten größeren Felder, Yates und Hendrick, auf das Jahr 1926.

Die Geschichte der «Oel-Schüssel» von West Texas umfaßt also kaum mehr als ein Vierteljahrhundert und während dieser Zeit wurde auch das moderne geologische Erkenntnisbild dieser paläogeographisch geschlossenen Provinz geschaffen.

Dem Verfasser bot sich dabei die günstige Gelegenheit schon während der ersten Phase der ölgeologischen Entwicklung mitzuarbeiten und wesentlich zur Entwirrung des Problems beizutragen.

Die im Vorliegenden wiedergegebenen Resultate sind in den Hauptzügen in einem 1929 vom Autor an die Shell Petroleum Corporation (ehemals Roxana) eingereichten Rapporte enthalten.²

Die Literatur über West Texas ist, angespornt durch die enorme petrolgeologische Entwicklung der letzten 25 Jahre, ins Riesenhafte angewachsen und es ist unmöglich, dem Verdienste aller in diesem kurzen Abriß gerecht zu werden. Es sei daher nur ein Autor speziell erwähnt, nämlich P. B. King, da seine Arbeiten den besten Überblick über diese Verhältnisse bieten, speziell auch in paläogeographischer Hinsicht.

III. Das Problem des permischen »Big Lime«

Schon ein erster Blick auf die Karte zeigt gewisse Eigentümlichkeiten in der räumlichen Anordnung der Felder auf, so die N—S bis NNW—SSE streichenden produktiven Streifen zu beiden Seiten der Central Basin Platform, dann das Umbiegen in eine E—W Anordnung im großen Bogen der Northwestern Shelf Area, ferner die östliche Umrandung des Midland Basin mit dem großen westlich vorspringenden Sporn des Howard-Glasscock County Pools.

Verschiedene dieser Felder und gewisse Phänomene ihrer Anordnung waren

² Die Publikation derselben wurde mir von der Gesellschaft nachträglich entgegenkommenderweise gestattet, doch habe ich diese Gelegenheit nur bei Diskussionen und anlässlich von Exkursionen mit der West Texas Geological Society benützt.

ÜBERSICHTSKARTE
 KARTENAUSSCHNITT V. W. TEXAS & U.S.A.-MEXICO
 ALS GEGENSTÜCK ZU DEN REZENTEN
 RIFFBILDUNGEN DES GOLFES VON MEXICO
 und
GEOLOGISCHE KARTE V.W-TEXAS
 MIT REGIONALER ÜBERSICHT UND
 VERTEILUNG DER ÖL-VORKOMMEN IM PERM.

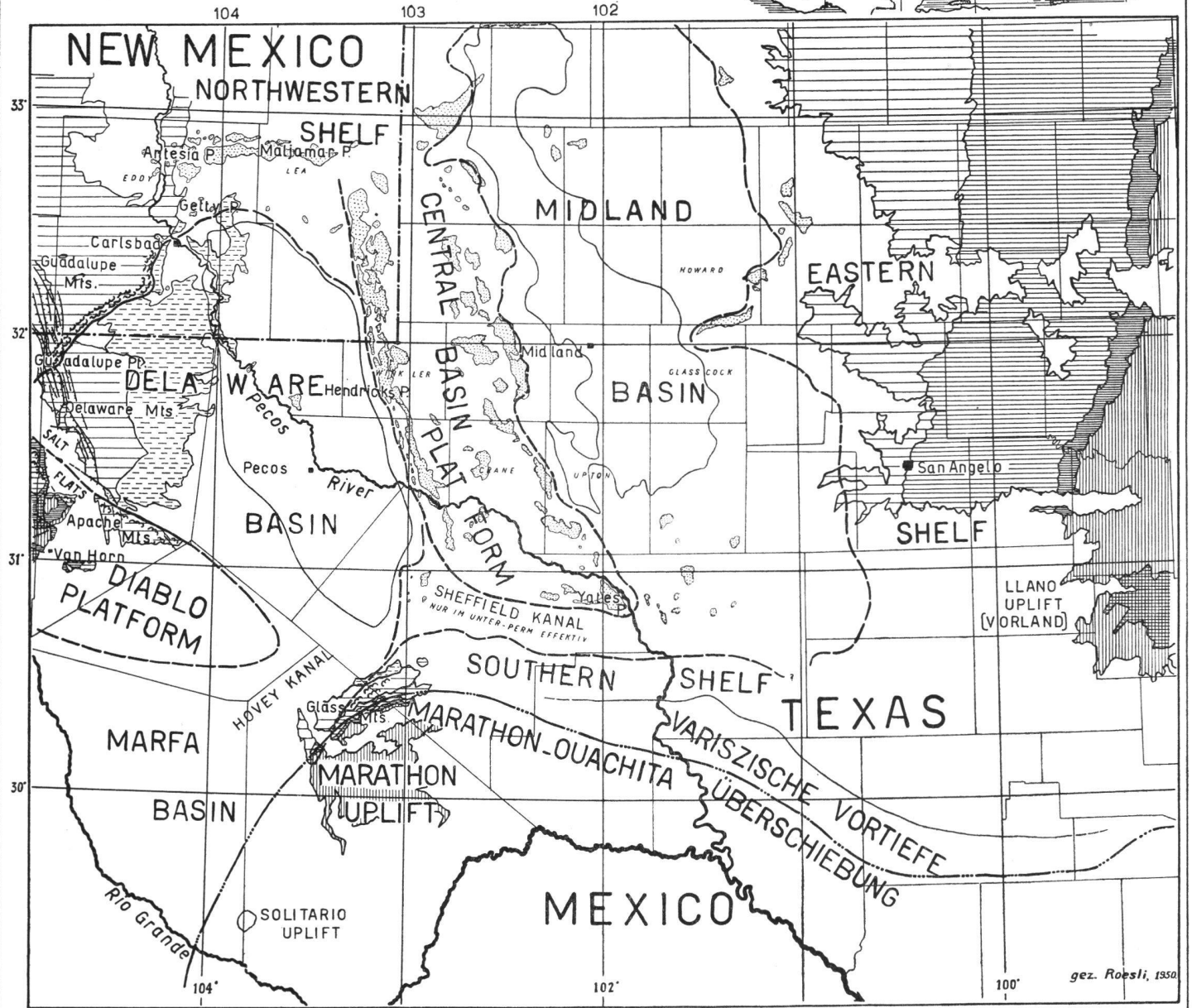
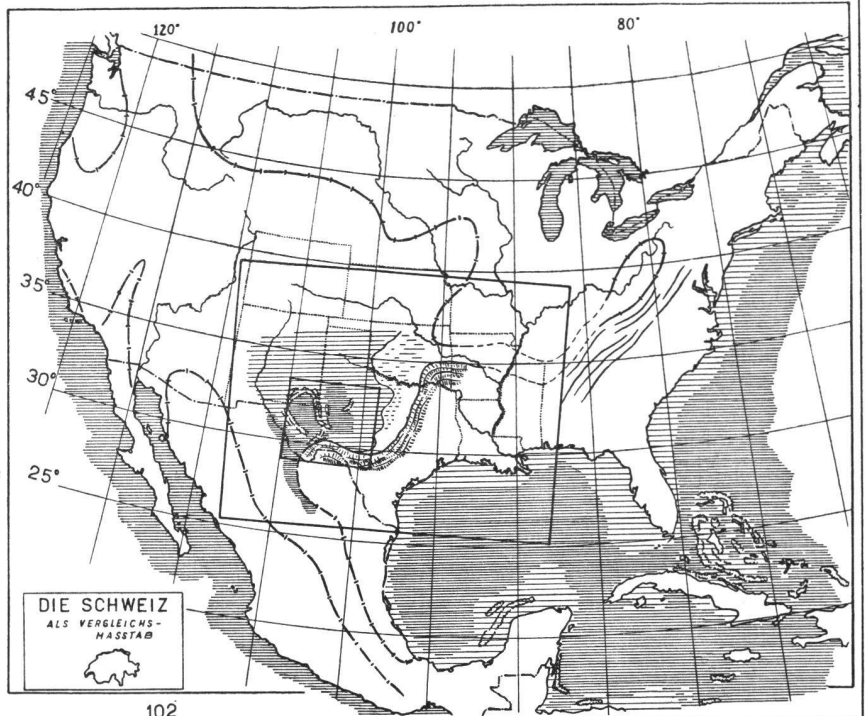
Legende.

- | | |
|---|---|
| ALLGEMEINE SIGNATUREN | STRATIGRAPH. SIGNATUREN (OBERFL.) |
| REGIONALE PROVINZEN (PLATFORMS
IM UNTERGRUND, AM RAND MEIST
MIT RIFFEN BESETZT) | NACHPERMISCHE SEDIMENTE |
| BRUCHZONE DER SALT FLATS | "OCHDAN" NICHT FOSSILBELEGTES
OBERPERM (CASTILE U. SALADO
GIPS U. SALZ) |
| ÜBERSCHIEBUNG DER MARATHON-
OUACHITA MOUNTAINS | GUADALUPIEN (CAPITAN-WHITEHORSE
U. WORD-SAN ANDRES-PLAINE) |
| COUNTY GRENZEN | LEONARDIEN (LEONARD CLEAR FORK U.
ARTINSKI) OBERES WICHITA |
| STAATSGRENZEN | WOLFCAMP-UNTERES
(SARKA) WICHITA |
| ÖLFELDER DES PERM | VORPERMISCHES PALÄOZOIKUM |
| | PRÄKAMBRIUM |

Übersichtskarte

AUSSENGRENZE D. PERMABLAGERUNGEN

MASSTAB
 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 Km.



gez. Roesli, 1950

schon gegen Ende der zwanziger Jahre bekannt. Erwähnt seien hier das Yates Feld in Pecos County am Süd-Ende der Central Basin Platform, die Felder in Upton und Crane County auf deren Ost-Seite, dann Hendricks Feld, jenes nordsüdlich angeordnete Segment auf der W-Seite der Central Basin Platform, das von Winkler County (Texas) bis nach Lea County (New Mexico) hineinreicht, dann weiter nordwestlich an der Grenze von Lea und Eddy County (New Mexico) das Maljamar, dann das Artesia Feld, ferner der Getty Pool, beide in Eddy County (New Mexico, nordöstlich von Carlsbad, New Mexico).

Diese Anordnung ließ natürlich auf eine Akkumulation auf Antiklinalen schließen, was denn auch weitgehend der Fall ist. Es zeigte sich aber sehr bald, daß noch andere Phänomene mitspielten, die sich dadurch nicht erklären ließen. Dies machte sich besonders darin bemerkbar, daß die Korrelation der einzelnen Schichten auf außerordentliche Schwierigkeiten stieß.

Die Produktion wurde im Hendrick Feld in einer Tiefe von durchschnittlich etwa 1000 m angetroffen, und zwar in permischem Kalk und Dolomit unter einer mächtigen Überdeckung von «Red Beds» (Rotschichten), Gips und Anhydrit von wahrscheinlich zum größten Teil ebenfalls permischem Alter.

Der damals gebräuchliche Name «Big Lime» für diese Dolomite und Kalke war an sich verständlich, da verschiedene Bohrungen viele hundert Meter in oft massivem Kalk abgeteuft waren ohne ihn zu durchfahren. Auch traf man fast im ganzen «Permian Basin» von West Texas unter den «Red Beds» und dem Anhydrit immer auf diesen scheinbar identischen Kalk.

Gerade diese Idee eines mächtigen durchgehenden Kalkhorizontes hat aber viel zu den tiefeingewurzelten Mißverständnissen über die Natur dieser Schichtkomplexe beigetragen.

Die Frage wurde dann dadurch akut, daß Ende der zwanziger Jahre die Problematik in der Korrelation der Bohrprofile im Hendricks Pool dringend nach einer geologischen Deutung verlangte. Sehr nahe nebeneinander angelegte Bohrungen (in einer Distanz von 0,5 bis 1 km) liessen sich oft überhaupt nicht korrelieren. Es konnte vorkommen, daß in der einen Bohrung unter den Red Beds ein massiger weißer Kalk von großer Dicke angetroffen wurde, in der nächsten dagegen ein dünnbankiger, mit Gips und Red Beds wechsellagernder bräunlicher Dolomit und in einer dritten ein bläulicher mit Sanden wechsellagernder Kalk.

Diesselben Verhältnisse kannte man weiter nordwestlich z. B. im Getty Pool, wo die betreffenden Schichten allerdings nur mehr etwa 500 m unter der Oberfläche liegen. Noch weiter gegen Westen, und zwar unmittelbar westlich von Carlsbad, New Mexico (am Pecos River) erreichen sie bei etwa 1000 m über Meer, die Oberfläche und erheben sich in den Guadalupe Mountains stetig ansteigend bis zum Capitan Peak, etwa 80 km südwestlich Carlsbad zu einer Höhe von etwas über 2600 m über Meer.

Es zeigte sich dabei, daß das Problem nicht bloß in der Deutung einiger lokaler stratigraphischer Probleme lag. Vielmehr handelte es sich um ein von mehr oder weniger einheitlichen Faktoren bedingtes großräumiges Phänomen paläogeographischer Natur und zwar in einem weitgehend in sich geschlossenen Becken.

Es ist nun nicht nur vom historischen Standpunkt aus interessant, die Entwicklung der betreffenden geologischen Erkenntnisse wenigstens in ihren groben Zügen zu skizzieren, im Gegenteil glaube ich auf diesem Wege das Problem verständlicher darlegen zu können. Als Ausgangspunkt dienen dabei in erster Linie die Ergebnisse meiner eigenen Untersuchungen in den Guadalupe Mountains.

Diese Bezugnahme auf die historische Entwicklung ist auch wichtig zum Verständnis der Terminologie, speziell beim Vergleich älterer und neuerer Literatur.

IV. Die stratigraphischen und faziellen Verhältnisse der Guadalupe Mountains

a) Geographische Daten.

Carlsbad, der Hauptort von Eddy County, New Mexico, liegt in der SE-Ecke dieses Staates, am Pecos Flusse, der hier ungefähr einen nordsüdlichen Verlauf hat. Von da steigen die Guadalupe Mountains in ziemlich flacher monoklinaler Abdachung allmählich aus der ca. 1000 m über Meer gelegenen Hochebene gegen Westen an. — Südlich der Guadalupe Mountains führt die historische Straße von Carlsbad in südwestlicher Richtung bis in die Gegend von Guadalupe Point und von da in südlicher Richtung nach Van Horn, Culberson County, Texas und in westlicher Richtung nach El Paso, Texas. Bis zum Guadalupe Point steigt die Ebene so allmählich an, daß man sich die Steigung von 1000 m auf 1800 m in der Gegend von Guadalupe Point nicht bewußt wird. Nördlich der Straße, in der Entfernung von einigen Kilometern, zieht der relativ steile Südabfall der Guadalupe Mountains in derselben NE—SW Richtung zum Eckpfeiler des Guadalupe Point.

Diese Südflanke der Guadalupes steigt ebenfalls allmählich, aber immerhin steiler als die Hochebene, auf eine Höhe von ca. 2600 m an und stellt so eine immer höher und steiler von der Ebene sich abhebende Steilstufe dar, auf der etwa 80 km langen Strecke angeschnitten von mehreren Canyons, die sich nach Süden entwässern.

Am Guadalupe Point wird der NE—SW verlaufende Südostabfall schräg durch einen jungen tiefen Grabenbruch abgeschnitten, der N—S bis NNW—SSE verläuft. Der Interferenz der beiden Richtungen verdankt der Guadalupe Point seine markante Form eines gegen Süden vorspringenden Eckpfeilers. Der Steilabfall von der Höhe der Guadalupe Mountains zum Boden des Bruchtales (Salt Flats) beträgt etwa 1600 m. Die Stufe von der südlich anschließenden Hochebene bis zu den Salt Flats zeigt einen bedeutend geringeren Höhenunterschied, etwa 800 m, und ist bekannt unter dem Namen Delaware Mountains.

Diese Bruchstufe vermittelt eine ausgezeichnete Einsicht in das Querprofil der Guadalupe Mountains und deren Verhältnis zu den südlich anschließenden Delaware Mountains.

b) Allgemeine Geologische Übersicht.

Die Guadalupe Mountains bestehen weitgehend aus z. T. massigem hellem Kalk, gekrönt durch bräunlichen und gutgeschichteten Dolomit, die Delaware Mountains aus relativ feinen Sanden und Sandsteinen mit verschiedenen Lagen von grauem Kalk, der gegen Süden hin die Sandfazies weitgehend verdrängt.

Von Westen her gesehen stellt der massige Kalk des Guadalupe Point und des Capitan Peak (Capitan Limestone) einen gegen Norden hin sich zuspitzenden flachen Keil (Tafel 2, Fig. 1) dar, der von flach liegenden bräunlichen Dolomiten (Carlsbad Limestone) überlagert wird, während er seinerseits auf den von Süden her darunter einstreichenden Kalken und Sanden der Delaware Mountains unterlagert wird. («Delaware Sand» und «Upper Delaware Gray Lime» der älteren Autoren).

Den Sockel des Ganzen bildet nördlich des Guadalupe Point eine tiefere Serie, der Bone Springs Lime oder «Lower Delaware Black Lime» der älteren Autoren.

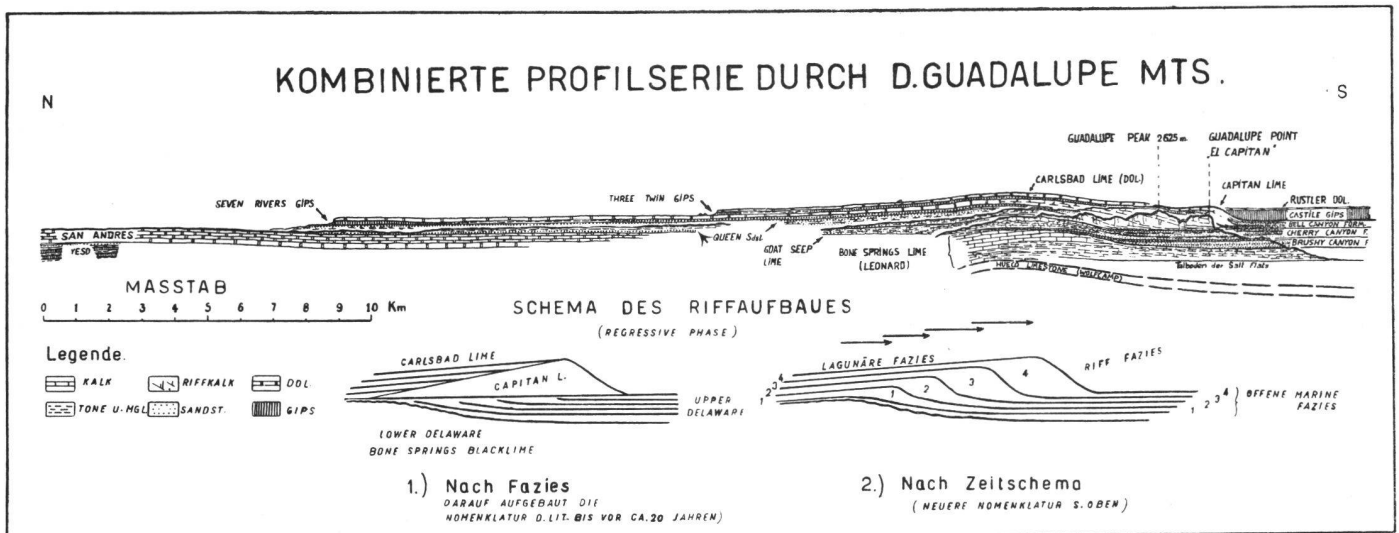
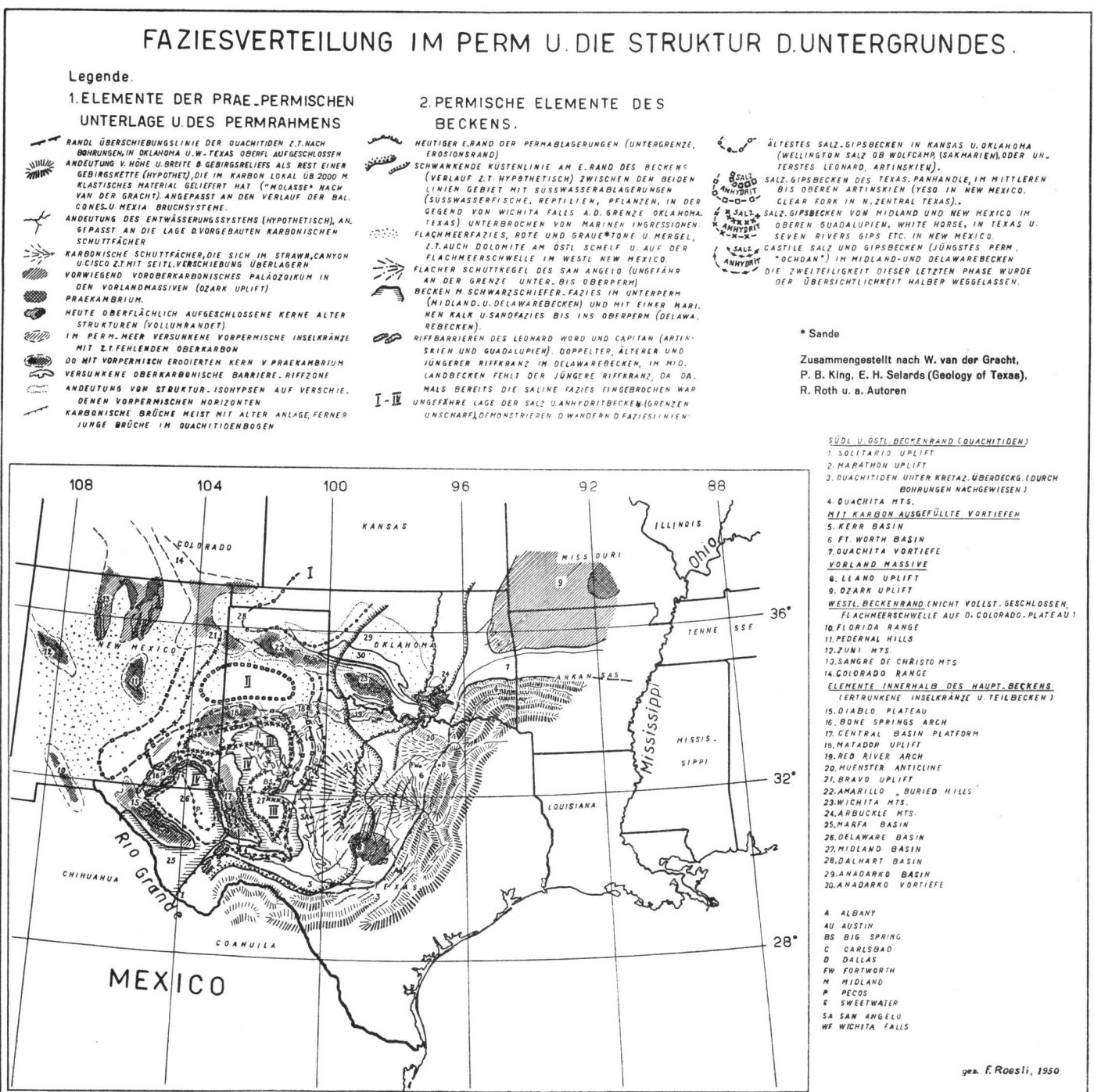


Fig. 1



TAFEL 2

Fig. 2

Südlich der Guadalupe Mountains liegt aber über dem «Upper Delaware Lime» nicht der Capitan Lime, sondern es folgt unmittelbar eine Anhydrit—Gips—Serie (Castile Gypsum).

Einige Kilometer nördlich des Südfalles der Guadalupe Mountains kann man eine Verfälschung von Gips und «Red Beds» mit Dolomit beobachten und es lag daher nahe, auch für den Castile Gips ähnliche Verhältnisse anzunehmen und darin ein zeitliches Element des den Delaware Sand und Kalk überlagernden Capitan Kalkes zu sehen.

Die Idee, daß es sich bei dem massigen hellen z. T. dolomitischen Kalk des Capitan um Riffbildungen handeln könnte, war nicht neu. Doch machte es erhebliche Schwierigkeiten, sich vorzustellen, wie ein solches Riff von über 100 km Länge und einer Breite von wenigen Kilometern mitten in einem übersalinen Meere zur Ausbildung kommen konnte und zwar so, daß der Riffkalk beidseitig mit Gips und Anhydrit wechsellagern würde.

Diese Anschauung, wie sie 1928 und z. T. noch später vertreten wurde, basierte auf der irrigen Annahme, daß der auf der SE-Seite des Riffes teilweise auf tieferem Niveau anstehende Castile-Gips gleichaltrig sein müsse wie der Capitan Lime, da beide auf «Delaware Sand» und «Upper Delaware Lime» aufliegen. —

Die gleichzeitig durch verschiedene Oelgesellschaften geförderten Untersuchungen haben dann bald verschiedene interessante Tatsachen zutage gefördert.

Die Riffnatur des Capitan Lime war nicht anzuzweifeln. Die Fauna hat dies eindeutig bewiesen, auch wenn große Teile des Riffes fossilarm waren. Andererseits gab es aber Stellen, wo ganze Algen-, Bryozoen- und Crinoidentepiche, daneben seltener auch Korallen an ihrem autochthonen Standort zu beobachten waren.

Der südliche Steilabfall der Guadalupe Mountains stellte über weite Strecken die ursprüngliche Riffböschung gegen das tiefere Meer hin dar.

Die Riffböschung verflacht sich an ihrem Fuß gegen Südosten hin und der Riffkalk geht sichtbar in den obersten Teil des «Upper Delaware Lime» über. Die Farbe wechselt von hell zu einem dunkleren Grau, der massige Kalk nimmt Schichtung an. Sande zunächst linsenförmig, dann durchgehend, schalten sich dazwischen.

An einigen wenigen Stellen konnte auch beobachtet werden, daß der über dem Upper Delaware Lime auflagernde, dünngeschichtete Gips sich am Fuße des Riffes über den Kalk nach oben aufbiegt, konform mit der Riffböschung. Eine Wechselagerung existiert auf der SE-Seite, an der Riffböschung nicht.

Eine weitere Frage war die des Verhältnisses des Capitan Lime zu dem überlagernden geschichteten bräunlichen Dolomit (Carlsbad Limestone).

Schon 1929 hatten Blanchard und Davis (AAPG. Vol. 13, Nr. 8) erwähnt, daß der nördlichste Teil der Riffzone gegen Norden in den San Andres Limestone übergehe. Dabei handelt es sich um einen wohlgeschichteten, grauen bis bräunlichen Dolomit von ähnlicher Fazies wie der Carlsbad Limestone.

Der letztere liegt aber deutlich darüber, getrennt vom San Andres Limestone durch eine Serie von Sandsteinen (Queen Sands).

Da die beiden Autoren somit nach Norden einen Uebergang des Riffs in den San Andres Limestone annahmen, nach Süden aber in den obersten Teil des «Upper Delaware Lime», so mußten sie konsequenterweise den Carlsbad Limestone (der ja über dem San Andres liegt) auch als jünger ansehen als das Riff und als das südliche Äquivalent, den «Upper Delaware Lime». Sie betrachteten daher den

Carlsbad Lime, der mindestens zwei bedeutende Einlagerungen von Gips und «Red Beds» enthält, als zeitliches Aequivalent des Castile Gipses (der auf der Südseite des Riffes über dem «Upper Delaware Lime» liegt).

Ganz im selben Sinne spricht auch Crandall im selben Heft der AAPG. (18/8, 1929) von einem overlap, einem transgressiven Uebergreifen des Carlsbad Limestone über das Riff.

Dazu steht aber im Widerspruch, daß der Carlsbad Limestone gegen Süden ganz allmählich in das Riff übergeht.

Die einzelnen dünnen Dolomitbänke des Carlsbad Limestone werden gegen Süden immer dicker, massiger, z. T. auch kalkiger und nehmen schließlich durchaus den Charakter des Riffkalkes an. Die zwischengelagerten Sandstein-Bänke werden dementsprechend, kontinuierlich verfolgbar, durch immer größere Abstände voneinander getrennt.

Beim Uebergang ins Riff verschwinden die Sandsteinbänke, aber so, daß zahlreiche Schlieren und Flasern ehemalige Hohlräume des Riffes ausfüllen. Diese Verhältnisse sind im Hintergrund der nach Süden drainierenden Canyons hinter der Riff-Front mit aller Deutlichkeit zu beobachten.

So perplex man diesem Phänomen gegenüberstehen mochte, solange man über das Wesen dieser Riffbildung nicht im klaren war, so einfach war schließlich die Lösung.

Das scheinbar horizontal gelagerte Riff ist im Norden und Süden nicht gleich alt.

Die erste Andeutung über diese Sachlage gab mir die Beobachtung, daß innerhalb des im allgemeinen homogenen Komplex des Riffkalkes hin und wieder Flächen auftreten, die mit ziemlich steiler Neigung gegen Süden hinunter den massigen Riffkalk durchschneiden, dabei gegen oben und unten flacher werdend. Die Neigung dieser Flächen ist ungefähr parallel mit derjenigen der Böschung der Vorriffsschichtung und, da sie gegen oben und Norden hin in die Schichten des Carlsbad Limestone verlaufen, war mit gutem Recht anzunehmen, daß es sich dabei um Andeutungen von Schichtflächen handelte. Mit andern Worten: die zeitlich nacheinander abgelagerten Partien folgen sich im Profil nicht direkt übereinander, sondern schräg voreinander. Das jeweils jüngere Riff wuchs auf der Vorriffsböschung des ältern auf der SE-Seite, d. h. auf der Seite gegen das offene Meer hin. Auf der Rückseite, gegen das lagunäre Schelfmeer hin gehen die Schichten in die dünnbankigen Dolomite des Carlsbad Limestone mit seinen Zwischenlagerungen von Gips und «Red Beds» über.

Der älteste Teil des Riffes, gegen Norden übergehend in den San Andres Limestone, liegt am weitesten nördlich und zwar bezeichnenderweise über der Kante einer Monoklinale, respektive einer etwas ungleichseitig gebauten Antiklinale, in dem darunterliegenden Bone Springs Lime. Von da aus wuchs das Riff, allmählich gegen Südosten vorrückend, über den sich davor bildenden Schuttkegel von Riff- und sandigem Material hinaus.

Am schönsten und übersichtlichsten sind diese Phänomene allerdings entlang dem westlichen Bruchrand der Guadalupe Mountains zu beobachten. Sie waren der Beobachtung nur deshalb so lange entgangen, weil eine Uebersicht über die schroffen Wände der Gipfel nördlich des Guadalupe Point nur aus ziemlicher Entfernung und bei günstiger Sicht gewonnen werden kann und da eine Deutung unter solchen Umständen immerhin etwas problematisch wäre.

In Verbindung mit den Beobachtungen aus dem Innern des Riffs bietet die Aussicht der Westwand der Guadalupe Mountains von den Salt Flats aus ein Bild von durchaus einmaliger Eindrücklichkeit in bezug auf diese Riffphänomene.

Die Verhältnisse im rückwärtigen Teil der Riffzone gegen das lagunäre Schelfmeer im Norden hin sind allerdings von hier aus nicht zu beobachten. Diese lassen sich aber sehr gut westlich von Carlsbad, auf der Nordseite der Riffbarriere studieren. Hier schalten sich im Carlsbad Limestone, in einer Entfernung von weniger als 10 km nördlich der Riffbarriere zwei Komplexe von Gips und «Red Beds» ein. Der Uebergang erfolgt durch feine Aufblätterung des Dolomits, wobei die Gipsmasse samt den bis auf cm-Dicke ausdünnenden Dolomiten innerhalb etwa 2 km bis auf ca. 100 m Mächtigkeit anschwillt, d. h. ein ausschließlich aus Dolomit und einigen Sandsteinbänken bestehendes Paket von ca. 60 m Mächtigkeit wird auf die genannte Distanz durch 100 m Gips ersetzt (Profil von Rocky Arroyo, «Seven Rivers» Gips). Es handelt sich also um sehr rasche Uebergänge.

Interessant ist auch die gegenseitige Lage der beiden Gipszungen: die jüngere reicht bedeutend weiter nach Süden als die ältere. Auch hier läßt sich also in den jüngern Schichten eine gleichgerichtete Verschiebung der Fazieslinien wie bei den Riffen konstatieren, eine Verschiebung vom lagunären Schelf her in Richtung gegen das offene Meer hin. Es ist nun sehr wichtig, daß es sich dabei nicht um Einzelercheinungen handelt. Es finden sich nämlich weiter nördlich, in den tiefern Schichten des Perms noch mehrere solcher Gipszungen, die gegen Süden hin auskeilen und auch hier zeigt es sich, daß in der Regel jeweils der jüngere Vorstoß weiter nach Süden hin ausgreift als die vorhergehenden.

Aus dem Gesagten ergibt sich somit folgendes Bild:

Der ältere nördliche Teil des Riffkalkes, der sich auch faunistisch von dem jüngern unterscheidet, wurde unter dem Namen «Goat Seep Limestone» vom Capitan Limestone s. s. abgetrennt. Dieser Goat Seep Limestone geht nach Norden in die lagunäre Fazies über, nach Süden in den mittleren Teil des «Upper Delaware Lime und Sand» (= «Cherry Canyon» nach neuer Nomenklatur).

Die südlichere, jüngere Partie des Riffkalkes, der Capitan Lime geht nach Norden in den Carlsbad Lime über (in derselben lagunären Fazies), nach Süden in den obern Teil des «Upper Delaware Lime» (= Bell Canyon). Alle drei Fazies sind in ihren jüngern Gliedern in bezug auf die ältern nach Südosten verschoben. So kommt es, daß der lagunäre Carlsbad Lime topographisch über dem ältern Riff, dem Goat Seep Lime liegt, der Capitan Lime über dem ältern Teil des «Upper Delaware Lime», während er in den jüngern seitlich übergeht.

Der Castile Gips, der jünger ist als alle dieser Formationsglieder und der auf der Südseite der Riffbarriere über dem Upper Delaware liegt, stellt die Phase dar, wo die lagunäre Fazies die Riffbarriere überwunden hat, das Wachstum des Riffes abgestoppt und das vormals offene Meeresbecken der Delaware Mountains zur Lagune wurde.

V. Die stratigraphische Gliederung der Guadalupe Mountains

Die Erkenntnis der eben geschilderten Phänomene hatte natürlich eine vollständige Umstellung der stratigraphischen Gliederung zur Folge, da die faunistischen Unterschiede, auf denen die frühere Einteilung basierte, ebenfalls bloß faziell bedingt waren: Verarmte Brachiopodenfauna auf der Seite des lagunären Schelfes, Schnecken, Korallen, Crinoiden, Bryozoen vorwiegend im Riff, eine Ammoniten-Trilobiten-Fauna im offenen Meer.

Vereinfachte Schicht-Tabelle des Perms in W-Texas und SE New Mexico

Internat. (Russischer) Standard	Amerikanischer Standard	Glass Mts.	Guadalupe-Delaware Mts. und NW Shelf (New Mexico)	Alte Nomenklatur	Eastern Shelf und Midland Basin	Ammoniten Zonen	Fusulinen Zonen
Tartar	«Ochoan» Oberstes Perm nicht fossilbelegt	Tessey	Dewey Lake Dolomite Rustler } Salado } (Salz und Anhydrit) Castile }	Rustler Castile	Dewey Rustler Salado	---	---
Kasan	Guada-	Gilliam	Carlsbad Lime Seven Rivers Gips Queen Sdst. (lagunär)	Carlsbad Lime	White Horse	Timorites	Polydiexodina
Kungur	lupian	Oberes Word	Grayburg? Cherry Canyon	Capitan L.	(Grayburg)	Waagenoceras	
Artinskien	Leonardian	Unteres Word	* San Andres (Glorieta Sdst?) Viktoria Peak Riffkalk Yeso	Upper Delaware Lime u. Sdst.	* Blaine	Waagenoceras Perrinites	Parafusulina
Sakmarien	Wolfcampian	Leonard Hess	Bone Springs Black Lime Bone Springs Shale	Lower Delaware Black Lime	San Angelo Clear Fork Oberes Wichita	Perrinites	
		Wolfcamp	Oberflächlich nicht aufgeschlossen		Unteres Wichita	Pro-perrinites	Pseudo-schwagerina

..... Hauptächliche Schichtlücken. * San Andres-Blaine wird meist mit oberem Leonard parallelisiert, z. T. aber auch auf Grund der Fusulinenstratigraphie mit oberem Word, so von Skinner (AAPG Vol. 30/11, 1946), führt aber Perrinites, der erstmals von Clifton (AAPG Vol. 29/12, 1945) im untern Word d. Glass Mts, nie aber im obern Word gefunden wurde.

Diese Tatsachen sind sehr verwirrend für das Verständnis der diesbezüglichen Literatur. Sie haben zur Folge, daß sich ein Außenstehender nur mit größter Mühe darin zurechtfinden kann und es besteht daher auch die Gefahr mißverständlicher Zitierung (so bei Sherlock 1948, *The Permo-Triassic Formations*). —

Die moderne stratigraphische Einteilung des Perms in den Guadalupe Mountains ist zum größten Teil aus den Glass Mountains übernommen worden. Hier bestehen, auf der Südseite des Delaware Basin, ähnliche Verhältnisse in mehr oder weniger spiegelbildlicher Anordnung.

Es ist das Verdienst der Brüder Ph. B. und R.E. King, weiterbauend auf den Arbeiten von Böse, Bakel und Udden, hier eine brauchbare Stratigraphie geschaffen zu haben, die zur Hauptsache auf *Ammoniten* basierte. Allerdings ist dabei zu bemerken, daß nach den Erfahrungen in den Guadalupe Mountains auch hier Revisionen notwendig wurden. Die Formationsglieder waren hier ebenfalls nach lithologischen Einheiten definiert worden, da auch in den Glass Mountains gleichgeartete Faziesübergänge im Spiele sind. Diese oben geschilderten Verhältnisse wurden seither eingehend durch verschiedene Autoren behandelt, und vor allem auch durch P. B. King (*Bull. G. S. A. Vol. 45, 1934* u. *Bull. A. A. P. G. Vol. 26/4, 1942*) auch paläogeographisch ausgewertet.

In neuerer Zeit hat dann die *Fusulinen*-Stratigraphie vor allem durch die Arbeiten von Dunbar und Skinner eine überragende Bedeutung erhalten und zwar speziell deshalb, weil diese viel weniger fazies-empfindlich sind als die *Ammoniten* und sowohl im Riff wie außerhalb relativ häufig sind.

Es würde zu weit führen, im Vorliegenden auf diese Einzelheiten einzutreten und es wurde daher versucht, die komplizierten Verhältnisse in der nebenstehenden nach Möglichkeit vereinfachten Tabelle wiederzugeben.

VI. Die paläogeographischen Verhältnisse

Die Paläogeographie des Perms läßt sich nur bei einem Rückblick auf das jüngste Oberkarbon verstehen. Umriss und Gliederung des riesigen Beckens sind ererbte Züge.

Das alte Meeresbecken, das sich während des größten Teils des Paläozoikums über den zentralen Teil der USA ausdehnte, wurde während des Karbons dadurch modifiziert, daß sich als Folge der variszischen Gebirgsbildung im Süden der Staaten ein mächtiges Faltengebirge auftürmte, die Ouachitiden, welche eine indirekte Fortsetzung der Appalachen darstellen.

Dadurch erhielt das Becken im Süden einen Abschluß durch einen aufgelockerten Gebirgsbogen, der im W die Zirkulation des offenen Meeres in das Becken gestattete.

Der Beginn der Gebirgsbildung zeichnet sich schon im Unterkarbon ab, dann sehr deutlich wieder im mittleren Oberkarbon. Damals wurde auf der Ostseite des permischen Beckens, in Zentral-Texas und im süd-östlichen Oklahoma ein riesiger Schuttfächer abgelagert (Taf. 2, Fig. 2), dessen Material nur von Osten resp. Südosten her aus den Ouachitiden stammen konnte (gekennzeichnet durch geosynklinale Fazies) und der den Ostrand des permischen Beckens bestimmt. Der Verlauf dieses Gebirgssystemes ist ebenfalls aus dieser Fig. ersichtlich. Er erstreckt sich von der Südost-Ecke Oklahomas bis zur Marathon Uplift im großen Knie des Rio Grande (zusammenfassend von Van der Gracht beschrieben, Amsterdam 1931).

Gleichzeitig wurde auch das Vorland der Ouachitiden stark gefaltet. Der markanteste Zug in dieser Vorlandfaltung sind die Wichitiden (*Arbuckle-Wichita Moun-*

tains und Criner Hills), die an der Nord-Grenze von Texas dem Red River entlang gegen WNW über Amarillo nach New Mexiko in die Ur-Rocky Mountains hineinziehen.

Andere Elemente zogen sich aus diesen Ur-Rocky Mountains eventuell mit Unterbrüchen gegen SSE, so dasjenige, das wir heute in der Central Basin Platform erkennen können, wo es unter permischen Schichten begraben liegt, aber durch zahlreiche Bohrungen festgestellt werden konnte. Dahin gehört auch das Sierra Diablo Plateau, dessen alt-paläozoische Schichten, transgressiv von Perm überlagert, heute wieder an der Oberfläche liegen.

Alle diese Elemente ragten während des spätern Oberkarbons über die Meeresoberfläche empor. Erst das Unter-Perm (Wolfcamp) transgrediert in W-Texas wieder darüber hinweg.

Die Ankunft der Permzeit kündigte sich durch eine weitgehende Regression an. Der Gesamttraum des Permbeckens ist gegenüber demjenigen des Karbons stark eingengt.

Diese Feststellung scheint im Widerspruch damit zu stehen, daß das basale Perm weitgehend über die im Oberkarbon so prominenten Inselkränze hinwegtransgrediert, so über die Central Basin Platform oder auch das Diablo Plateau. Auch die großen karbonischen Riffgirlanden, welche die Ostseite des Midland Basin umkränzten, sind im Perm-Meer ertrunken.

Es handelt sich hier offenbar um differentielle Bewegungen des Beckens. Hauptsächlich der südliche Teil auf Texas-Boden scheint sich gesenkt zu haben. Das Relief des Meerbodens hatte sich hier akzentuiert, da sich offenbar auch die individuellen Becken vertieften.

Dagegen bildeten weit im Norden des Perm-Meeres, in Kansas, (Wellington Salt) ebenso im Amarillo-Distrikt, im Unterperm die ersten Salzbecken aus, ein typisches Zeichen der Abschnürung.

Diese Abschnürungstendenz ist im Laufe des Perms immer deutlicher hervorgetreten. Die Barrieren wurden immer effektiver und zwar sukzessive von Norden gegen Süden, resp. Nordosten gegen Südwesten. Im mittleren Perm wurde das Midland Basin abgetrennt. Am Ende des Perms ist offenbar auch die südlichste Barriere, der Insekranz der Ouachitiden, geschlossen worden. Nur so erklären sich die riesigen Salz- und Anhydritablagerungen von über 1000 m Mächtigkeit in einem Becken von ca. 1200 m Tiefe (vom Niveau der Riffoberfläche gerechnet), wie das beim Delaware Basin der Fall war.

Mit der Verdrängung des offenen Meeres aus dem Delaware Basin war in diesem Raume auch die Riff-Fauna verschwunden und konnte sich nur südlich der Barriere der Ouachitiden wieder angesiedelt haben.

Es deutet vieles darauf hin, daß diese Entwicklung am Ende des Perm noch nicht abgeschlossen war, sondern daß nur der Schauplatz verlegt wurde.

Die «Red Beds» und Salzablagerungen der Golfküste von Texas könnten nach dem, was heute bekannt ist, ebensowohl spätpermischer wie mesozoischen Ursprunges sein, andere Vorkommen des Golfes von Mexiko sind höchstwahrscheinlich jurassisch, gewisse Vorkommen, wie die von Arkansas oder von Coahuila, Mexico, wohl kretazisch.

Das Fehlen offen mariner Ablagerungen entspricht einer Lücke vom Oberperm bis zur Unterkreide und läßt vorderhand die Möglichkeit für die Weiterentwicklung der genannten Phänomene bis in das jüngere Mesozoikum hinein durchaus offen.