Zeitschrift: Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen = Bulletin suisse de minéralogie et pétrographie

Band: 24 (1944)

Heft: 1-2

Artikel: Über Persiens Salzstöcke

Autor: Hirschi, H.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-20463

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: 12.07.2025

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

Über Persiens Salzstöcke

Von *H. Hirschi* (Erlen)

Inhaltsübersicht

Seite

Einleitung 30

I. Salzstöcke der palaeozoischen Salzformation (Hormuz series) . . 31
Topographie und Verbreitung der Salzstöcke 31
Alter des Salzes der Hormuz series in der Golfregion . . . 32
Petrographisch-mineralogisches der Hormuz series 34
Tektonik der Salzstockmassive 37

II. Salzstöcke der miocaenen Salzformation 41
Vorkommen und Topographie 41
Stratigraphisch-petrographisches der tertiären Salzformation . . 41
Tektonik der Salzstöcke der miocaenen Salzformation 42

III. Beobachtungen des Verfassers an den Salzstöcken Puhal, Khamir, Bustaneh und Al Buza 43

IV. Zusammenfassende Betrachtungen über die Salzstockmassive der Golfregion 49

Einleitung

Wohl kein Land der Erde trägt an seiner Oberfläche so zahlreiche, ausgedehnte und mächtige Salzlager als Persien[1]). Dies gilt auch für die Salzstöcke, die zu den imposantesten und klarsten Erscheinungen ihrer Art gehören, die bisher bekannt geworden sind.

Verfasser dieser Arbeit hatte in den Jahren 1939 und 1940 auf seinen Expeditionen Gelegenheit, grosse Teile Persiens zu durchqueren und einige der interessantesten Salzstöcke zu besichtigen. Die dabei gemachten Beobachtungen waren die Veranlassung zu dieser kleinen Studie.

Über die Salzstöcke von Persien sind in der Literatur zahlreiche Mitteilungen zu finden. Nur einige davon sollen hier hervorgehoben werden: J. W. Gregory, The Structure of Asia, 1929. Dieses schöne Buch gibt u. a. eine zusammenfassende Darstellung über die Salzstöcke Persiens, mit Literaturangaben von 1836 bis 1928. G. E. Pilgrim, The Geology of Parts of the Persian Provinces of Fars, Kirman, Loristan. Mem. Geol. Surv. India, Vol. XLVIII, part. 2, p. 1—116,

[1]) Trotz der vor etwa einem Jahrzehnt offiziell eingeführten Bezeichnung Iran für Persien wird in dieser Arbeit der alte, in der Literatur verankerte, jedermann geläufige Name Persien beibehalten, zumal hier vorwiegend Gebiete am persischen Golf beschrieben werden.

Calcutta. In dieser Arbeit sind ausgedehnte, wertvolle Beobachtungen, unser Thema betreffend, niedergelegt. C. P. NICOLESCO, Gisements Pétrolifères de la Perse, La Revue Pétrolifère, Paris, 1928. Neben wichtigen stratigraphischen Zusammenstellungen ist hier das Literaturverzeichnis, reichend bis 1928, von besonderem Wert. R. K. RICHARDSON, Die Geologie und die Salzdome im südwestlichen Teile des persischen Golfes, 1926, und Weitere Bemerkungen zu der Geologie und den Salzaufbrüchen am Persischen Golf, Centralblatt Min. Geol. u. Pal., Abt. B, p. 43—49, 1928. RICHARDSON beschreibt die Salzstöcke: Hormuz Insel, Qishm Insel, Henjam Insel, Bostaneh (Bustaneh), Champeh, Al Buza und Khamir und gibt stratigraphische Details. Ob seit 1928 über die Salzstöcke von Persien noch beachtenswerte Veröffentlichungen erfolgten, muss hier unbeantwortet bleiben.

Die Salzstöcke Persiens zerfallen in zwei Gruppen:

I. Salzstöcke palaeozoischer Salzformation (Hormuz series),
II. Salzstöcke der miocaenen Salzformation.

I. Salzstöcke palaeozoischer Salzformation (Hormuz series

Topographie und Verbreitung der Salzstöcke

Die Salzstockmassive[2]) haben im allgemeinen einen runden bis elliptischen Umriss und 5 bis 10 km Durchmesser. Die Salzmassen, 1 bis 8 km Durchmesser, überragen die Umgebung um wenige Meter bis zu 1000 m. Dasselbe gilt für die das Salz ringartig umschliessenden Gebirge, die oft zu einer wilden, reichgegliederten Berglandschaft aufgetürmt sind.

Die Salzstockinseln im Golf tauchen aus dem kaum 100 m tiefen Meer auf und überragen den Meeresspiegel um höchstens 150 m, nach den topographischen Karten. Die Inseln haben nicht den ursprünglich den Salzstockmassiven eigenen, oft elliptischen Umriss, weil Erosion und Anlagerungen von Sandbänken die Küstenlinie umgestalteten. Vor dem im Postpliocaen erfolgten Einbruch des Golfes und der seitherigen Ausfüllung des entstandenen Troges durch mächtige Sedimentbildungen, mussten diese Salzstöcke, topographisch, einen imposanteren Eindruck gemacht haben als jetzt.

Die Verbreitung der Salzstöcke ist in der Tafel A zur Darstellung gebracht. Man erkennt dort eine Anhäufung der Salzstöcke als Inseln im südöstlichen Teil des Golfes und auf dem dort nordöstlich gelegenen Festland. Weiter gegen NW hin treten die Salzstöcke, an

[2]) Unter Salzstockmassiv soll hier die Salzmasse samt der mit ihr aus der Tiefe emporgepressten Hormuz-Gesteine und ferner die durchbrochenen und aufgerichteten Sedimente der Kreide und des Tertiärs verstanden sein.

Zahl abnehmend, nur noch auf dem Festland auf, gebunden an einige Hauptfaltenzüge. Westlich Meridian 54° bis DoPulan könnten gewiss noch viele Salzstöcke entdeckt werden. Dagegen scheinen diese nordwestlich der Linie Do Pulan-Jebel Sanam zu verschwinden. Auffallend ist, dass östlich der Linie, die in NNE-Richtung über Kap Oman und Bandar Abbas streicht, keine Salzstöcke mehr beobachtet wurden, obgleich zwischen dem letztern Ort und Jask, der Küste entlang, das Tertiär, wie in der Golfregion, in steile Falten gelegt ist. Das Fehlen von Salzstöcken östlich genannter Linie hängt offenbar mit einem tiefgreifenden Facieswechsel zusammen, der sich u. a. noch im Miocaen konstatieren lässt. Nach eigenen Beobachtungen fehlt beispielsweise östlich von Bandar Abbas die miocaene Salz-Gips-Formation mit den wichtigen Petrolhorizonten, die bei Insel Qishm beginnend, in NW-Richtung, dem Golf und Tigris entlang, mächtig entwickelt ist. Es darf gefolgert werden, dass auch schon in frühern geologischen Epochen das in der imposanten Halbinsel Oman zum Ausdruck kommende, NNE gerichtete Orogen, faciell sich auswirkte. Hierauf wird noch zurückgekommen.

Alter des Salzes der Hormuz series[3]) in der Golfregion

Diesem Salz ist von verschiedenen Forschern sehr verschiedenes Alter, vom Oligocaen bis hinab zum Cambrium, gegeben worden. PILGRIM hielt das Salz als „most probably of Triasic age", die übrigen Hormuz series dagegen für jurassisch. Die Schwierigkeiten in der stratigraphischen Definition der Hormuz-Salzformation liegen u. a. darin, dass in der Golfregion in verschiedenen geologischen Horizonten Gips- und Salzformationen z. T. in petrographisch ähnlicher Ausbildung auftreten, ferner, dass in der Golfregion die Hormuz series nur auf die engen, lokalen Vorkommen innerhalb den Salzstockmassiven beschränkt und untersucht sind und weil dort durch die tektonischen Vorgänge der ursprüngliche stratigraphische Aufbau meist völlig verwischt und irreführende Kontakte zwischen Sedimenten verschiedenen Alters herbeigeführt wurden. Nach Tafel II im Buch GREGORYS sollten die Hormuz series am SW-Rand des persischen Golfs (auf der „arabischen Tafel") zusammenhängend zutagetreten. Diesbezügliche, aber noch ungenügende Beobachtungen sind bei Jebel Sanam, SW von Basra, gemacht worden (Salzstock?).

---

[3]) Statt Hormuz-Gruppe oder Hormuz-Reihe soll hier die ursprüngliche englische Bezeichnung Hormuz series beibehalten werden.

Sehr aufschlussreich für die Altersermittlung der Hormuz series der Golfregion sind die von GREGORY dargelegten Verhältnisse der Salt range of India (p. 81/83). Diese Darlegungen sollen, weil für die stratigraphische Parallelisierung der Hormuz series sehr wichtig, hier ausführlicher wiedergegeben werden: Die „saline series" bestehen aus Steinsalz, Gips, roten Mergeln, Dolomiten und „trap rocks". Das Hauptglied dieser series ist roter Mergel, der ein gipsiger Mergel von leuchtend scharlachroter bis düster purpurroter Farbe ist. Auch Kalilager sind anwesend. Im oberen Teil der Salzschichten soll das rosarote Salz wechsellagernd mit roten Mergeln sein, in denen massive Gipslager auftreten. Brüchige Dolomitfetzen sind mit dem Gips vergesellschaftet. Von der obern Grenze der Saline series werden „intermediate trap" mit Tuffen und Aschen gemeldet. Der „Purple Sandstone" überlagert die „Saline series". Dieser Sandstein ist weich und zeigt bisweilen „Ripple marks". Über diesem zur Khewra serie gehörigen purpurenen Sandstein folgt die Kusakgruppe mit kompaktem, glimmerigem Tonschiefer mit *Hoeferia noetlingi*, Redl. (= *Redlichia,* Cossman), *Lingulella wanniecki* Redl. und *Hyolithes,* roten, sandigen Schichten mit *Neobulus warthi* Noetl. und *Lakhmina linguloides* Waagen. Weiche, grauschwarze Schichten führen *Ptychoparia warthi* Noetl., *Hyolithes wynnei* Waagen und *Orthis warthi* Waagen. In schwärzlichroten Sandsteinen wurden *Hyolithes wynnei* und Bruchstücke von Trilobiten gefunden. Die Fossilien gehören zum Mittel- und Untercambrium, gewisse Autoren verlegen sie in die Paradoxides-Zone. Die Kusak- oder Neobolus-Lagen sind überlagert von „Magnesian Sandstone", der eigentlich ein etwas sandiger Dolomit ist. Die dolomitische Serie führt Mollusken, die, nach Thomas Holland, Stenotheca des amerikanischen Untercambriums ähnlich sind. Die obersten Lagen der dolomitischen Formation sind dünnschichtige, fleckige Sandsteine mit sog. Salzpseudomorphosen, die übergehen in intensivrote, tonige Schichten. Über diesen letzteren folgen Glazialablagerungen, die sehr wahrscheinlich carbonischen Alters sind. Die stratigraphischen Beziehungen der cambrisch bis devonischen Sedimente sind etwas verwirrend, indessen bleibt hervortretend, dass die „Saline series" von cambrischen Schichten überlagert sind, die in den obern Horizonten lagunenartige Zustände anzeigen. Soweit GREGORY. Die „Saline series" vom persischen Golf, ganz ähnlich denen in der Salt range of India, sind ebenfalls überlagert von purpurroten Sandsteinen mit Ripple marks und „Salzpseudomorphosen", sandigen Dolomiten und Schiefern mit cambrischen Trilobiten. Ein wesentlicher Unterschied zwischen den

Gesteinen der Salt range of India und denen der Hormuz series der Golfregion liegt eigentlich nur in den Eruptivgesteinstypen.

Aus den klaren Verhältnissen in den Salzstockmassiven Anguru, Khamir u. a. kann mit Sicherheit gefolgert werden, dass das Hormuz-Salz älter als obere Kreide ist. Und dass es auch älter als Trias sein muss, geht aus den weiter unten dargelegten Beobachtungen in den Salzstockmassiven Bustaneh und Al Buza hervor. Dort wird man überzeugt, dass die Salzformation (Salz und Begleitsedimente) cambrischen Alters ist. Das Salz könnte prä-mittelcambrisch sein. Zu dieser Schlussfolgerung gelangte auch R. K. RICHARDSON (s. Centralbl., l. c., p. 46).

Über das Alter der Eruptivgesteine der Hormuz series kann noch nichts Bestimmtes ausgesagt werden. Einige unter ihnen sind als Durchbrüche in den cambrischen Schichten beobachtet worden und als Decken in der obersten Gruppe der Hormuz series. Jedenfalls sind sie älter als obere Kreide, zumal im Bereich der Salzstockmassive der Golfregion in diesen ältesten von den Hormuz series durchbrochenen Schichten nirgends eruptive Durchbrüche angetroffen wurden. Die Serpentine könnten jurassisch sein.

Petrographisch-mineralogisches der Hormuz series

Eine hervorstechende Erscheinung liegt in dem einheitlichen petrographischen Charakter und der ebenso einheitlichen Mineralisation der Hormuz-Gesteine in den Salzstockmassiven, obgleich diese z. T. sehr weit untereinander entfernt sind. Die Hormuz-Gesteine (Hormuz series) können als eine Einheit zusammengefasst werden, wenngleich die Zeitspanne für ihre Entstehung eine sehr lange gewesen sein mag. In der Literatur findet man für die Hormuz series in den Salzstöcken folgende Gliederung: Basale Gruppe aus geschichtetem bis massigem Salz. Mittlere Gruppe aus dolomitischen und anhydritischen Bildungen, die oft als Denudationsrelikte auftreten. Oberste Gruppe, u. a. charakterisiert durch Residualdecken mit Erstarrungsgesteinen, speziell schlackigen, agglomeratischen oder massigen quarzporphyrischen Gesteinen und Tuffen, überlagert von bis 400 m mächtigen Gipsbildungen und Kalken und Sandsteinen. Die Residualmassen tragen Anzeichen, dass sie aus „cap rocks" der Salz-Anhydrit-Formation hervorgegangen sind, indem durch Weglaugen der Unterlage die Deckschichten in sich zusammenstürzten zu Blockfeldern.

Kennzeichnend für die Hormuz series der Salzstöcke sind immer gewisse Typen von basischen, intermediären und sauren Eruptivgesteinen. Hervortretend sind besonders Quarzporphyre, ihre

tuffoiden, schlackigen oder agglomeratischen Glieder, in der englischen Literatur als rhyolitische Gesteine bezeichnet. Verbreitet sind auch die gabbroiden Gesteine (Gabbro, Diabase), ferner Serpentine, Grünsteine (z. T. als Propylite bezeichnet) und Typen dioritischer, besonders quarzdioritischer Magmen. Untergeordnet sind reine Granite, speziell Hornblendegranite, während syenitische Gesteine offenbar selten sind.

Granitgneise, Gneise, kristalline Schiefer und Phyllite, die da und dort beobachtet wurden, sind wohl älter als die Hormuz series, d. h. präcambrisch. Die Intrusivgesteine der Hormuz series sind gelegentlich als Gänge, Apophysen und Decken in diesen series beobachtet worden [1]).

Unter den Sedimentgesteinen können die nachfolgenden zu den markanten gezählt werden: Sandsteine, fein- bis grobbankig, plattig, bisweilen mit Geröllen, öfters kalkfrei, mehr oder weniger glimmerig, hart bis mürb. In einer dunkelrotgrauen Varietät sind cambrische Fossilien (Trilobiten) gefunden worden. Die Tone (shales) und Mergel sind meist sehr schön geschichtet. Das Auffälligste dieser tonig-mergeligen Sedimente ist ihre leuchtende Färbung, wie sie u. a. auch die untermiocaene Salz-Anhydrit-Gips-Formation auszeichnet. Herrschend sind die Farbentöne purpur bis scharlach, ziegel- bis blut- und weinrot, violett bis lila. Zurücktretend sind dunkle Färbungen bis schwarz (bei Schiefertonen) und die grünen bis kupfergrünen Töne.

Dolomit-Kalke sind mehr oder weniger sandig und schiefrig, grau, braun bis gelblich und dunkel bis schwarz (Stinkkalke). Dolomitkalke sind oft von Hornsteinbildungen begleitet. In sandig-schiefrigen, dolomitischen Kalken sind ebenfalls cambrische Fossilien (Trilobiten) gefunden worden.

Abgesehen von einigen Vorkommen kontaktmetamorpher Hormuz-Sedimente sind die Hormuz series nirgends metamorphosiert. Das gilt auch für die cambrischen Sedimente der „Median Mass" (Zwischen-Gebirge), z. B. NW von Kirman (s. GREGORY, p. 136), doch fehlt hier die Salz-Anhydrit-Gips-Formation der Hormuz series.

Mineralien. Salz bildet die Hauptmassen unter den Mineralien der Salcstockmassive. Oft imprägniert es gewisse Sedimentkomplexe, doch konzentriert es sich auf die zentralen Teile der Salzstöcke, wo es gewaltige Massen von vielen Kilometern Durchmesser

[1]) Dem Verfasser war es leider nicht möglich, sein reiches, schönes Gesteinsmaterial aus Persien herauszubekommen und zu bearbeiten.

bilden kann. Die Farbe des Salzes kann rot, braun und grünlich sein. Typisch ist eine schöne Bänderung des Salzes, die dort, wo es dynamisch bearbeitet wurde, die intensive Durchfältelung anzeigt. Das Salz gehört immer zu den basalen Gliedern der Hormuz series. Anhydrit und Gips bilden Bänke und Imprägnationen innerhalb den grellfarbigen Sedimentkomplexen, Gips durchdringt auch noch vulkanische Tuffe und Agglomerate. Die Färbung des Gips kann ausser weiss rot bis ockerig sein. Gips als primäre Bildung dürfte nur in der bis 400 m mächtigen Bildung in der obern Partie der obersten Hormuz-Gruppe vorliegen. Die andern Gipsvorkommen können vorwiegend als sekundäre Bildungen aus Anhydrit betrachtet werden.

Eine der eindrucksvollsten Erscheinungen in den Salzstockmassiven, dort wo die eruptiven Glieder der Hormuz series reichlich auftreten, sind die Hämatitbildungen. Diese sind entweder staubförmig oder fein- bis grobkristallin, metallglänzend. Prächtig sind die allseitig idiomorph entwickelten Einzelkristalle von Blättchenhabitus. Massenhaft sind sie im Gips und auch im Salz eingelagert. Die fein- und grobkristallinen Bildungen imprägnieren sowohl sedimentäre als eruptive Gesteine. Auf den Inseln Hormuz und Henjam bildet der staubförmige Hämatit, als Lösungsrückstände des Salzes, mehrere Meter dicke Lager. Er wird als roter Ocker ausgebeutet und meist nach England verschifft. Kristalliner Hämatit überdeckt als grosse Blöcke und Stücke massenhaft die Insel Larak[5]) und auch von andern Golfinseln wird dieser Hämatit gemeldet. Die Salzstöcke Bustanu und Puhal, beide westlich Bandar Abbas, zeigen ebenfalls grosse Hämatitmassen als Blöcke und Lager, vor allem auf sekundärer Lagerstätte. Die primären Hämatitbildungen in den Gesteinen der Hormuz series sind auf hydrothermal-vulkanische Prozesse zurückzuführen. In den Salzstöcken von Khamir und Bustaneh bildet der Schwefel ausbeutbare Lagerstätten. Diese liegen innerhalb starken Verwerfungszonen am Rande der obersten Gruppe der Hormuz series, wo der Schwefel dynamisch stark hergenommen erscheint. Der Schwefel ist zweifellos vulkanischen Ursprungs. Die durch ihn imprägnierten Gesteine sind chemisch weitgehend verändert. In der Beschreibung einzelner Salzstöcke folgen weiter unten noch andere mineralogisch-petrographische Details. Über die Petrographie und Stratigraphie der ebenfalls zu den Salzstockmassiven gehörenden Kreide- und Tertiärsedimente sei besonders auf RICHARDSON (l. c.) verwiesen.

---

[5]) Über die Insel Larak wird J. W. SCHROEDER, Genf, bald in den Eclogae berichten.

Tektonik der Salzstockmassive

Das Zustandekommen dieser Massive war bedingt durch tektonische Kräfte im Bereich gewaltiger, in einigen tausend Metern Tiefe liegenden Salzmassen, begleitet von mächtigen Anhydrit-, Gips- und sich plastisch verhaltenden Tonschichten. Dass diese Bildungen, vor allem das Salz, unter hohem Druck sehr mobil werden, die Druckkräfte aufnehmen und sich dabei nach Orten geringsten Widerstands, nach Dehnungsräumen und entlang Störungslinien bewegen, ist bekannt. Die Anschauungen von STILLE über die Bildung von Salzstöcken finden auch in den Salzstockmassiven der Golfregion überall volle Bestätigung. So liegen denn die Salzstöcke vornehmlich auf Antiklinalrücken und Domen, merkwürdigerweise oft dort, wo der Antiklinalscheitel abzusinken beginnt. Nicht selten erscheinen Salzaufbrüche auf den Faltenschenkeln. Diese Salzdurchbrüche, abseits von den Kulminationspunkten von Aufwölbungen, sind bis anhin noch nicht genügend abgeklärt. Wir müssen uns aber vergegenwärtigen, dass die Akkumulierung der Salzmassen samt den plastisch werdenden Begleitmassen in der Tiefe von verschiedenen Faktoren abhängig ist, wobei auch die Beschaffenheit der Salzunterlage (bed rock) eine wichtige Rolle spielt. Dann ist naheliegend, dass eine unter dem Druck der überlagernden Schichten plastisch-mobil gewordene mächtige Salzformation für die örtliche Lage der Faltenbildung (Aufwölbung) weitgehend mitbestimmend ist. Nun sei es unter Einwirkung des Tangentialschubes zur Auslösung einer Aufwölbung gekommen und die plastischen Massen beginnen sich nach dem Ort des geringsten Widerstandes hin zu bewegen. Dann kann es sich ereignen, dass die nach oben drängenden Massen den Gegendruck überwinden und nach der Oberfläche durchbrechen, bevor die Kulminationsregion der Falte erreicht ist. Dabei können auch Wechsel in der petrographischen Beschaffenheit der dem Salzdurchbruch entgegenstehenden Schichten und ebenso Verwerfungsflächen etc. auf die Bewegungsrichtung der plastischen Massen ausschlaggebend werden. Dass auch nach dem Salzdurchbruch innerhalb einem Faltengewölbe die Gestalt des letztern sich den wechselnden physikalischen Verhältnissen anpassen wird, darf bei der Interpretation der jetzigen Lage eines Salzstocks nicht aus den Augen verloren werden. Der eigentliche „Hals" des Salzstockes kann nirgends wirklich beobachtet werden, da er durch das Über- und Abfliessen des Salzes verdeckt wird. Ursprünglich dürfte ein runder bis ovaler Querschnitt nahe der Oberfläche herrschend gewesen sein.

Dass also der Salzdurchbruch, ähnlich wie bei Eruptivmagmen,

auch Verwerfungen entlang erfolgt, vor allem dort, wo Störungen Antiklinalscheitel schneiden, kann am Golf vorausgesehen werden. Solche Verwerfungen, oft Systeme bildend, können aber auch nur tiefere Niveaux betroffen haben, wo sie mithalfen, den hochplastisch-fliessenden Massen den Weg nach der Oberfläche zu weisen. Als ein Beispiel dieser letztern Art könnte die auffallende Anordnung der Salzstöcke NW von Lingeh (s. Tafel A) angesehen werden. Diese nach GREGORY sehr jungen, höchstens pliocaenen Salzaufbrüche sind auf gerader Linie angeordnet, die diagonal zu den Achsen der tertiären Falten verläuft. Mit diesen Linien zusammenfallende Verwerfungen scheinen an der Oberfläche nicht wahrgenommen worden zu sein. Damit kommen wir noch zu einem Faktor, der für das örtliche Auftreten der Salzstöcke mitbestimmend ist: die in der Tiefe anwesenden starren Widerstandsblöcke und alten tektonischen Züge („trends of Palaeocoic Movements" GREGORY). Das NNE streichende Orogen in der Halbinsel Oman und das N-S-Streichen in der Halbinsel Qatar und Insel Bahrein deuten auf solche alten Züge. (Über zusammenfassende tektonische und facielle Erörterungen und Schlussfolgerungen, die Golfregion und deren weitere Umgebung betreffend, s. GREGORY, p. 152 und ff.). Mit Recht betont GREGORY, dass das Emporbrechen der Salzstöcke von lokalen Bedingungen geleitet sei und daher an verschiedenen Orten zu verschiedenen Zeiten und in verschiedenem Ausmass erfolgte. Es gibt Salzstöcke, die schon im Eocän an die Oberfläche gelangten, um im Miocaen ihr Empordringen völlig einzustellen, andere, ebenfalls im Untertertiär zur Entwicklung gelangten, wurden wiederholt von tektonischen Bewegungen erfasst bis in die jüngste Zeit hinein. In diesen letztern Salzstockmassiven sind die mio-pliocaenen Schichten intensiv gegen die Hormuz series angestaut. Nicht selten sind Salzstockmassive von spätern (pliocaenen) Verwerfungen zerschnitten (s. z. B. Plate V GREGORY). Die vielen tektonischen Bewegungen im Bereich der Salzstöcke kommen besonders schön in den Diskordanzen innerhalb den sie umschliessenden Tertiärsedimenten zum Ausdruck, ebenso in deren reichen Facieswechsel und Konglomeratbildungen. Aus gewissen Beobachtungen kann geschlossen werden, dass kein Salzstock vor dem Eocaen die Oberfläche erreichte. Zu den jüngsten, erst im Spätpliocaen oder Pleistocaen durchgebrochenen, Salzstockmassiven gehört der in Fig. 1a und 1b veranschaulichte Kuh-i-Anguru. Wie auch noch bei andern der jungen Salzstöcke, z. B. N und NW von Bandar Abbas, sind die tektonischen und stratigraphischen Erscheinungen von einer Einfachheit und Klarheit, die beispiellos dasteht. Die Sedimente des

Eocaens, Oligocaens und Miocaens weisen in diesen Fällen keinerlei Diskordanzen auf. Die Salzstöcke der zentralen Region, zwischen Deckenfrontlinie und Küste (Tafel A), zeigen tektonisch und stratigraphisch eine auffallende Einheitlichkeit. An einzelnen dieser jungen Salzstockmassiven lässt sich die Mächtigkeit der von den Hormuz series durchbrochenen und aufgerichteten Kreide- und Tertiärschichten auf 4000 m und mehr schätzen.

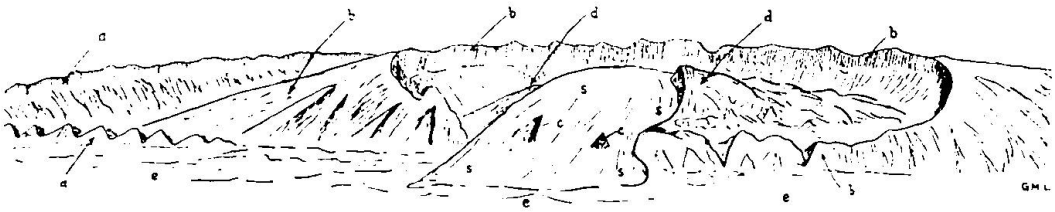


Fig. 1a

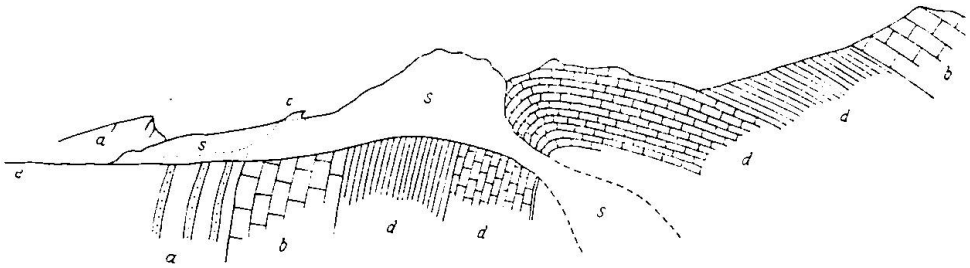


Fig. 1b. Salzstockmassiv Kuh-i-Anguru
(s. J. W. Gregory, Pl. III und C. P. Nicolesco, Fig. 17)
a Untermiocaen, salzige Schichten, Gips, Kalke
b Oligocaen und eocaene Kalke, Mergel
c Riffe von b (Khamir-Kalk), aus dem Salz ragend
d Obere Kreide, Mergel, Kalke
s Salzmasse (Hormuz series)
e Alluvialebene

Die Salzstockmassive, die als Inseln im Golf auftreten, sind offenbar an ähnliche Tektonik geknüpft wie die auf dem Festlande. Über den mutmasslichen Verlauf der Faltenzüge und Störungszonen, denen die einzelnen Salzstockinseln zugeordnet sind, scheint noch nicht berichtet worden zu sein. Indessen darf angenommen werden, dass die Faltenzüge im Süden des Golfes sich ungefähr der Südküste, im Norden dagegen mehr und mehr dem Verlauf der Küste zwischen Bushire und Bandar Abbas anlehnen.

Das N-S-Streichen in der Halbinsel Qatar und Insel Bahrein, sowie das NE-Streichen in der Halbinsel Oman, können als Widerspiegelung paläozoischer Bewegungen gedeutet werden.

Entgegen einer bisherigen Annahme (s. GREGORY, p. 68) möchte Verfasser die Salzstöcke der Golfinseln, sowie auch einige am Rande des Golfes auftretende Salzstockmassive, als die ältesten, wohl schon im Eocaen zur Entwicklung gelangten, betrachten. Diese hier vertretene Auffassung bezüglich der ältern Salzstöcke stützt sich u. a. auf die mächtigen in diesen Massiven zutage stossenden Hormuz series, die weit vorgeschrittene Erosion, sowie auf die mächtigen mio-pliocaenen Sedimente, die transgressiv ältere Schichtenkomplexe der Massive verdecken. Auch die zehn weit im NW gelegenen Salzstöcke dürften vorherrschend zu den ältern Aufbrüchen gezählt werden. Möglicherweise gehören die ältern Salzstöcke den ersten Staufalten an, entstanden unter dem allgemein von NE her wirksam gewesenen Druck gegen alte, starre Widerstandsblöcke der arabischen Tafel (Vorland, s. GREGORY, p. 62).

Trotz Unzulänglichkeiten ist hiernach der Versuch unternommen, die Phasen in der Genese der Salzstöcke der Golfregion chronologisch zu gliedern.

I. Eocaen bis Unteroligocaen. Der Ablagerung mächtiger Sedimente der mittlern bis obern Kreise folgen tektonische Bewegungen mit Faltungen und Verwerfungen, die zur Entwicklung der ersten Salzstöcke führten (Region der Salzstockinseln, bei Lingeh gelegenen Salzstöcke Bustaneh, Al Buza, Hamairan, Champeh etc.). Viele Salzstöcke erreichen die Oberfläche und werden von Erosion erfasst. Beispiele: Champeh (N von Lingeh) und Ginao (N von Bandar Abbas), wo eocaene Konglomerate Gerölle von Gesteinen der Hormuz series einschliessen.

II. Miocaen. Wechselvolle orogenetische Bewegungen, regional gekennzeichnet durch regen Facieswechsel besonders im Bereich der Salzstockmassive (Regressionen, Erosionen und Transgressionen).

III. Pliocaen. Die tektonischen Bewegungen erreichen den Höhepunkt. E, NE und N von der Golfregion ereignen sich gewaltige Deckenüberschiebungen. Aus dem autochthongefalteten Tertiär der Golfregion brechen erneut Salzstöcke an die Oberfläche durch auf Faltengewölben und Verwerfungen, ältere Salzstöcke werden reaktiviert, z. T. von Verwerfungen zerschnitten. Intensive Erosion.

IV. Pliocaen-Pleistocaen. Tektonische Bewegungen dauern weiter an und die jüngsten Salzstöcke gelangen an die Oberfläche. Beispiele N und NW von Bandar Abbas (Anguru), ferner

die diagonal zur Faltenachse angeordneten Salzstöcke NW von Lingeh etc. Einbruch des persischen Golfes.

V. Pleistocaen bis Gegenwart. Tektonische Bewegungen machen sich an vielen Salzstockmassiven weiterhin bemerkbar (Anguru, Tarum, Salzstockinseln etc.).

II. Salzstöcke der miocaenen Salzformation

Vorkommen und Topographie

Die bisher bekanntgewordenen Salzstöcke der miocaenen Salzformation liegen innerhalb einem relativ kleinen Gebiet der grossen, zentralpersischen Senke, wo das salzführende Untermiocaen in grosser Mächtigkeit entwickelt ist. Der bekannteste Salzstock liegt ca. 20 km NW von Kum (Qum), das etwa 120 km SW von Teheran entfernt ist. Weniger bekannt sind die Salzstöcke am Kuh-i-Gugird, in der Salzwüste Dasht-i-Kavir, ca. 160 km SE von Teheran, während ein noch nicht in die Literatur eingegangener Salzstock bei Schurab, ca. 120 km SW von Kazvin und etwa 15 km NW von Yualchu, an der Strasse Kazvin-Hamadan, vom Verfasser aufgesucht wurde.

Die Topographie des Salzstocks bei Qum entspricht einer Kuppe (Bild 6) von allgemein rundlichem Umriss, mit spornartiger Verlängerung am Ostrand. Der oberflächliche Durchmesser der Salzmasse liegt bei etwa 2—3 km mit einer Scheitelhöhe von rund 250 m über der umgebenden Wüstenebene. Wie aus Bild 7 zu erkennen ist, wird die Oberfläche des Salzdomes von wilden, scharfen Erosionsformen (dolch-, messer-sägeartig) bedeckt, ähnlich denen auf Eis und Kalk (Karrenkalk), wodurch die Begehung der Salzkuppe, angesichts der erheblichen Härte des Salzes, recht mühsam und nicht ungefährlich wird.

Der Salzstock von Schurab hat etwas elliptischen Umriss von ca. 300 bis 500 m Durchmesser. Topographisch tritt er nur schwach hervor und zwar nahe dem Talboden, am steilen Nordabhang des engen Tales. Die Salzstöcke, oder besser gesagt Salzmassen, vom Kuh-i-Gugird liegen auf der 30 bis 50° nach Süden geneigten Abdachung eines gewaltigen Antiklinalrückens. Sie haben unregelmässige, oft lappige Umrisse und nur die grössern unter ihnen erreichen 1—2 km Durchmesser.

Stratigraphisch-petrographisches der tertiären Salzformation

Diese Salz-Gips-Anhydrit-Formation fällt in den untern Teil des Miocaens (unteres Fars). Zwar sind in dem Gebiet der vorliegenden

Salzstöcke, innerhalb der eben genannten Formation, keine Fossilien beobachtet worden. Aber die konkordant unmittelbar darunterfolgenden Sedimente führen eine reiche Litoralfauna, die noch zu den Übergangsschichten zwischen Miocaen und Oligocaen, zum Asmari-Kalk-Horizont (Stampien), ein Äquivalent zum Khamirkalk der Golfregion, gerechnet werden (s. u. a. das ausführliche, kombinierte Profil von NICOLESCO, p. 26, 27). Die Gesteine dieser Salzformation sind in der Literatur petrographisch-mineralogisch schon so weitgehend erörtert, dass hier eine ganz kurze Beschreibung genügt. Typisch sind die bunten, grellroten, wein- bis ziegelroten oder violetten, leuchtend gelben bis weissen, oft auch kupfergrünen, sandig-tonig-mergeligen Sedimente, die in reichem Wechsel schön geschichtete Systeme von bis über 1500 m Mächtigkeit aufbauen. Horizontweise sind sie mit viel Salz und Gips bezw. Anhydrit imprägniert. Selten sind Konglomerate. Besonders in den basalen Schichten der Salzformation, lokal auch noch innerhalb den darunter folgenden Litoralkalken, bilden Gips oder Anhydrit mehrere Meter mächtige, kompakte Bänke und dünnere Bänder und Linsen in reicher Wechselfolge. Die Sedimente der Salzgipsformation sind im allgemeinen mürb, doch erreichen die kalkigmergeligen Sandsteine auch eine bedeutende Härte, dass sie Riffe und mächtige Felswände zu bilden vermögen. Das Salz zeigt meist eine schöne, besonders dunkelrote Bänderung durch Hämatitstaub. Beim Auflösen des Salzes bleibt der Hämatitstaub, wie das schon von der Insel Hormuz gesagt ist, als pulverige Kruste zurück und schützt das Salz vor weiterer Auslaugung. Salz sehr verschiedenen Alters ist also von feinem Hämatit begleitet.

An der Südseite des spornartigen Fortsatzes des Salzstocks von Qum erscheinen ganz nahe dem massigen Salz, das steinbruchartig abgebaut wird, kleinere, z. T. gangartig auftretende Massen von frischem Porphyrit. Einige Stücke davon wurden auch oben auf dem Salzdom gefunden. Der Porphyrit ist offenbar vor dem Salz durchgebrochen. In der Umgebung des Salzstocks, an der Strasse nach Teheran, sind Nummulitensandsteine (Eocaen-Oligocaen) von Porphyrit und Diabasporphyrit durchbrochen.

Tektonik der Salzstöcke der miocaenen Salzformation

Der Salzstock von Qum liegt auf dem nach NW abfallenden Scheitel einer grossen, domartig aufgewölbten Antiklinale. Der Kulminationspunkt der letztern liegt 2 bis 3 km ESE vom Salzstock entfernt. Das Salz drang zusammen mit dunkelrotem, plastischem

Gipston innerhalb einer mehrere km langen, von starken Verwerfungen durchsetzten Steilzone in der S-Flanke der Aufwölbung empor und breitete sich oben durch Ausdehnung und Abfluss pilzartig aus, im zentralen Teil eine massive Kuppe vortäuschend. In der Tiefe wird das Salz einen sich nach der Tiefe hin verjüngenden, gangartigen Raum einnehmen, wie dies im Ostsporn zu beobachten ist.

Der Salzstock bei Schurab ist innerhalb einem steil aufgerichteten, bis 80° NNE einfallenden Antiklinalschenkel stecken geblieben, später aber durch Erosion des Tales freigelegt worden. Das topographische Hervortreten des Salzstocks deutet auf ein ständiges Empordrängen der Salzmasse während der jüngsten Talbildung.

Die Salzstöcke (Salzmassen) am Kuh-i-Gugird erscheinen auf dem 30—50° geneigten Südschenkel des gegen 50 km langen und mehrere 100 m hohen Antiklinalrückens, innerhalb dem da ausstreichenden, basalen Salzhorizont und gebunden an eine auf halber Höhe des Rückens anwesende Störungszone.

III. Beobachtungen des Verfassers an den Salzstöcken Puhal, Khamir, Bustaneh (Bostaneh) und Al Buza am Golf von Persien

Salzstockmassiv Puhal (Bild 3 und 4)

Dieser vom Verfasser am 28. Januar 1940 besuchte Salzstock gehört zu den interessantesten und instruktivsten. Er scheint zur Aufklärung der komplizierten stratigraphisch-tektonischen und petrographischen Verhältnisse, die in den Salzstockmassiven der Golfregion zugegen sind, besonders geeignet zu sein. Leider waren dem Verfasser nur wenige Stunden zur Verfügung, um zu dieser Aufklärung etwas beizutragen.

Auf der Südseite des Salzstockmassivs (s. Bild 4) ist das Tertiär, bestehend aus nummulitenführendem Eocaen-Oligocaen und buntfarbigen, fossilienführenden Sandsteinen und Sanden des Mio-Pliocaen, von den Hormuz series durchbrochen. Die Tertiärformation fällt allgemein gegen die Salzmasse hin ein, und zwar um so steiler je näher der Salzmasse, wo sie z. T. überkippt ist. In der Nähe von anstehenden Nummulitenschichten kommt, als kleiner Durchbruch, Hormuz-Gestein, aus Salz-Gips-Anhydrit bestehend, zum Vorschein. Der Ostflanke des Salzstocks folgt, ganz nahe dessen Fuss, ein etwa 50 m hoher Hügelzug aus allgemein steil aufgerichteten Bänken von Quarzitsandstein, kristallinen Sandkalken, braungelben, tonigen, do-

lomitischen Gesteinen, unterlagert von Gips-Anhydrit etc. Das gegen 100 m mächtige Schichtenpaket scheint entwurzelt und daher eine Scholle zu sein. In einem Hügelteil sind die Gesteine, offenbar durch hydrothermale Prozesse, verkieselt und vererzt. Die Verkieselung führte zu farbenprächtigen, blutroten, gelben, weissen, glasig-splittrigen Gesteinen, durchsetzt von Quarzadern und imprägniert von metallisch glänzendem, grobkristallinem, teilweise an Bleiglanz erinnernden Hämatit. Der letztere bildet auch Bänder und dickere Bänke in reicher Wechsellagerung. In einem weinroten Quarzit ist wenig Pyrit anwesend. Auf der Ostseite des Salzstocks erscheint das Mio-Pliocaen (?) als mächtiges Band (ca. 30 bis 50 m mächtig) oben am Abhang, fast horizontal durchstreichend, wie eingewickelt, mit Gips-Anhydritschichten, in der mächtigen Salzmasse. Stellenweise sind die weichen Schichtmassen des Mio-Pliocaen als Bergrutsch abgeglitten. Besonders schön ist der Hämatit als hochglänzende, lichtgraue, scharf idiomorphe Einzelkristalle von Blättchenhabitus bis über 1 cm messend. Prächtig sind auch die fein- bis grobkristallinen, metallisch glitzernden Hämatitmassen, die in Blöcken und Platten, von mehreren Dezimetern Grösse, zahlreich herumliegen und wie die Einzelkristalle wohl vorwiegend aus dem Gips und dem Salz herausgelöst wurden. Massenhaft sind hier Eruptivgesteine in bis metergrossen, mehr oder weniger eckigen Blöcken. Vor allem sind es Olivindiabasgabbro, Quarzporphyre und Granite, alle von auffallender Frische. Beachtenswert sind auch die glitzernden Hämatitsande in den vom Salzstock, an dessen Ostseite, ausstrahlenden Bachbetten, die eine nicht unbedeutende, sekundäre Erzlagerstätte darstellen.

Ohne Zweifel gehört die grosse Salzmasse dieses Salzstocks, von 4 bis 6 Kilometern Durchmesser, zu den Hormuz series. Es bleibt nur noch zu untersuchen, wie weit auch das Miocaen, primär, Salz-Gips-Anhydrit-führend ist. GREGORY erwähnt im NE des Salzstocks einen niedern Hügel mit dunkelblaugrauen Kalken, die nicht jünger als Kreide sein sollen. Das Salzstockmassiv von Puhal fällt tektogenetisch hauptsächlich in das Pliocaen und Postpliocaen und seine Aufwärtsbewegung scheint noch nicht völlig beendet zu sein.

Salzstockmassiv Khamir (Bild 2)

Hier sticht das Salz in schön gebänderten, kleineren Massen aus der Schotterebene hervor. Unweit von den Salzaufschlüssen wird die Schotterebene von mächtigen Schichtenkomplexen abgeschlossen. Die nachfolgenden stratigraphischen Beobachtungen sind besonders be-

achtenswert. Zu unterst, gegen das Salz hin, erscheint eine schmale, stark gestörte, steil aufgerichtete Gesteinszone der obern Hormuz series, aus der salzige Schwefelthermen zum Vorschein kommen. Vereinzelte Blöcke typischer Hormuz-Eruptivgesteine liegen hier herum. Über der letztern Zone folgen bis 50° einfallende Kalkbänke und Mergel mit *Caprinula* und *Caprotina* Sp., ferner Orbitulinamergel, überlagert durch typischen Rudistenkalk, voll von aussergewöhnlich grossen Rudisten und mit *Radiolarites*. Darüber folgen mächtige Globigerinenmergel, etwas bituminös (stratigraphisch äquivalent (?) mit den Ölhorizonten der Bahrein Insel im Golf) und dann als Leithorizont zwischen Kreide und Eocaen eine Konglomeratbildung und Sandsteine mit Alveolinen und *Nummulites atacicus*. Das Eocaen wird charakterisiert durch mächtige Mergel und Mergelkalke, während das darüber folgende Oligocaen durch den viele 100 m mächtigen Khamir limestone, ein z. T. stratigraphisches Äquivalent des Asmari limestone, gekennzeichnet ist. Neben Bänken mit *Nummulites intermedius* und *garansensis* treffen wir solche mit typischer Litoralfauna (Pecten, Korallen, Seeigeln etc.). Das Untermiocaen, das hinter der Khamirkalkkulisse auftritt, entspricht einer mächtigen salzigen Gipsformation. Der massive Gips ist bis über 400 m mächtig.

Die Kreidesedimente erreichen eine Mächtigkeit bis 500 m, die des Eocaen-Oligocaen über 1000 m. Im westlichen Teil des kesselartigen Innern des Salzstockmassivs liegt ein grösseres Schwefelvorkommen, das früher ausgebeutet wurde. Die vom Schwefel durchsetzten Gesteine, darunter quarzporphyrische, sind chemisch weitgehend verändert.

Das Salzstockmassiv von Khamir ist stratigraphisch und tektonisch ein Analogon zum Kuh-i-Anguru (s. Fig. 1a und 1b), nur ist das erstere in seinem Innern der Erosion anheimgefallen, die Salzmasse von etwa 1 Kilometer Durchmesser ist bis auf die Alluvialebene hinab weggelöst und es kommen viele Gesteine der Hormuz series zum Vorschein. Der kesselartige Innenraum öffnet sich nach der Küste hin, wo möglicherweise eine grosse Verwerfung durchzieht, die mit dem Einbruch des Golfs im Zusammenhang stehen würde. Aus der Küstenebene, nach der hin sich der Innenraum des Salzstocks öffnet, erheben sich kleinere Hügel aus Hormuz-Eruptivgesteinen, kristallinen Schiefern und Gneisen (prä-Hormuz), die auch noch zum Salzstockmassiv gehören. Nach Richardson (l. c.) liegt der Salzstock von Khamir auf der SSW-Flanke der hier ostwärts absinkenden, gestrecktdomartigen Antiklinale.

Die Salzstockmassive Bustaneh und Al Buza bei Lingeh (Bild 1)

Diese beiden am 21. und 23. Januar 1940 besuchten Salzstockmassive, das erstere 17 km westlich, das andere etwa 15 km ENE vom Hafenplatz Lingeh gelegen, sind Beispiele gewaltigster Aufbrüche, wobei ungeheure Massen Hormuz-Gesteine nach der Oberfläche hin geschafft wurden.

Das Bild 1 zeigt die bis zu 400 m schroff emporsteigenden Bergzacken eines oft kaum ersteigbaren Gebirges im Massiv von Bustaneh. Von Süden nach Norden in dieses Gebirge eindringend, wurden die nachfolgenden, in vier Zonen zusammengefassten Beobachtungen gemacht: Von der Küste her einen sanft ansteigenden Schutthang traversierend, gelangt man zuerst an eine schmale Hügelzone (1) aus Tertiärsedimenten, die in eine enge, steile Falte gelegt sind. Es sind gelbbraune bis rötlichgraue Kalksandsteine und Kalke, mehr oder weniger konglomeratisch und porös, mit vielen Fossilien. Auf diese folgen (Zone 2) steil NW-wärts einfallende, eckige Agglomerate, z. T. aus Eruptivgesteinen mit Gips, neben verkieselten, vulkanischen Tuffen, schwarzen Sandsteinen, feinkristallinen, bändrigen Kalken etc. Vom Tertiär durch Verwerfungen getrennt, sind diese Gesteine der obern Hormuz series von Schwefel imprägniert und chemisch stark verändert. Hier und weiter westwärts wurde der Schwefel früher ausgebeutet. Viele Schmelzöfen sind noch erhalten. Die weiter nordwärts folgende, ca. 50 m mächtige Gesteinszone (3) fällt allgemein 70—80° nach WNW ein, bestehend aus ineinandergefalteten und zertrümmerten schwarzen, gebänderten Hornsteinen und Fossilienspuren zeigenden Kalken. Die zertrümmerten Partien sind durch Gips-Anhydrit zementiert und begleitet von rostigbraunen, bizarren Konkretionen. In diesen Schichten (Zone 3), die als cambrisch zu gelten haben, kommt noch, wie eine mächtige Scholle, ein interessanter Gesteinskomplex zum Vorschein, der z. T. älter als cambrisch sein muss, bestehend aus grüngrauen, etwas phyllitischen Tonschiefern bis Phylliten, grünlichen, verfalteten und zertrümmerten Quarziten, neben ebenfalls zertrümmertem Biotitgneis und massig-blockigem Diorit mit metallischglänzenden Hämatitkrusten. Nordwestlich vorrückend folgt eine vielleicht 1000 m mächtige Zone (4) aus grellfarbigen, ziegel- bis weinroten, rosa- bis lila- und violettfarbigen und weissen und oft bis kupfergrünen Schichten. Diese sind in der Hauptsache feste, tonige und sandige Sedimente als Hangendes einer darunter folgenden Dolomit-Anhydrit-Salzformation. Gips, Anhydrit und metal-

lisch glänzender, z. T. grobkristalliner Hämatit durchsetzen auf Adern, Klüften und Schichtflächen diese mächtigen Schichtkomplexe, wobei in gewissen Zonen die Imprägnation eine besonders reichliche ist (Zertrümmerungszonen). In dieser bunten Formation stecken 20 bis 100 Meter mächtige Komplexe (Schollen?) aus schön gebankten und geschichteten, grünlichen, braunen bis mausgrauen, mergeligen Tonsteinen, lokal NNW bis 80° einfallend und steilen, NE geneigten schwarzen, splittrigen, feinbankigen bis dünnschichtigen, mehr oder weniger dolomitischen (?) Kalken (Stinkkalken) mit Fossilienspuren. Diese letztern Sedimente sind in einer Mächtigkeit von 20—30 m im Bachbett aufgeschlossen. Man darf auch diese schollenartig in der bunten Formation auftretenden Sedimentkomplexe zum Cambrium rechnen, das schon durch GREGORY aus diesem Salzstockmassiv gemeldet ist. Die bunten Schichten, welche die mächtigen, intakt gebliebenen Schollen umschliessen (umfliessen), zeigen ein Bild unbeschreiblicher Durchknetung, Durchfaltung und Zertrümmerung. Die Durchfaltung vollzog sich in allen Richtungen und oft stehen Faltenachsen senkrecht.

Eine interessante Erscheinung bieten Agglomerate aus eckigen Stücken, die scharf umrissene, taschen- oder kanalartige Erosionsräume in den bunten, gefalteten Schichten füllen und mit diesen zusammengepresst wurden. Dies deutet an, dass nach, oder schon während der Ablagerung der bunten Formation eine Erosionsphase einsetzte. Die noch weiter nördlich, hinter den in Bild 1 stehenden Bergzacken, in einem kesselartigen Raum zutagekommenden Salzmassen sind offenbar schon stark durch Erosion abgetragen worden. Ausgedehnte Salzsümpfe im Norden des Massivs stehen vielleicht mit dem Salzstock in Beziehung. Die mächtigen, nach der Oberfläche gepressten Gebirgsmassen setzen ebenso gewaltige, unter hohem Druck plastisch werdende Masse aus Salz, Anhydrit bezw. Gips und Ton voraus. Die zentrale Salzmasse, die von einem 1 bis 2 km breiten, kreisförmigen Gebirgskranz aus Hormuz-Gesteinen umgeben ist, dürfte 5 bis 6 km Durchmesser haben. Vom Salzstock Bustaneh werden noch riesige Mengen vulkanischen Materials und syenitische Gesteine gemeldet.

Das Salzstockmassiv Al Buza

Dieses Salzstockmassiv hat tektonisch und petrographisch viel Ähnlichkeit mit dem von Bustaneh. Von der Küste her eine mehrere km breite Alluvialebene durchschreitend, stösst man zuerst auf niedere, dann immer höher und steiler werdende Kulissen aus Tertiär-

sedimenten (Mio-Pliocaen) in Litoralfacies entwickelt, bestehend zuerst aus bunten Konglomeraten und Agglomeraten, dann blassrosaroten, sandig-tonigen Schichten, bis 3 m mächtigen Muschelkalksandsteinen und sandigen Mergeln. Die Konglomerate und Agglomerate sind teilweise sehr grob, sind fest verkittet und erinnern an diluviale Schotterbänke. Am Rand der Ebene nur flach einfallend, werden die Tertiärschichten nach dem Gebirge hin immer steiler und stossen schliesslich in senkrechter oder überkippter Stellung gegen ebenfalls steilstehende, verkieselte Tuffe (Quarzporphyrtuffe?). Weiter bergeinwärts folgt darunter ein schönschichtiges, allgemein steilaufgerichtetes System braungelber, plattiger Sandsteine, Tonschiefer, weinrote bis violette splittrige Tone, wechsellagernd mit grünlichgrauen, z. T. konglomeratischen Bändern, tuffoiden Schichten, braunroten Anhydritbändern, dunkeln bis rostroten Kalken, neben Gips-Anhydritschichten. Auffallend sind schön gebankte, graue bis braungraue, grünschwarzstrahlige Dolomitkalke (Stinkkalke) mit Spuren von Fossilien. Dieses ganze Sedimentsystem darf, wie im Salzstock Bustaneh, zum Cambrium gerechnet werden, da hier (s. GREGORY, p. 69) durch Dr. G. M. LEES die ersten cambrischen Trilobiten gefunden wurden. GREGORY (p. 77) berichtet ferner von Al Buza über „purple sandstones", „platey sandstones with ripple marks" und sog. „salt pseudomorphs", ferner über sandigen, dunkel gefärbten Dolomitkalk mit Trilobiten und Steinkernen von Anneliden. Diese Angaben von GREGORY werden hier zum Vergleich zu ähnlichen cambrischen Sedimenten in der Salt Range von Indien gemacht, worauf unten noch zurückgekommen wird.

Noch weiter bergeinwärts folgt, wie im Massiv Bustaneh, eine mächtige bunte Zone der mehr oder weniger salzigen Ton-Anhydrit-Gipsformation mit eingelagerten Sandsteinen und Konglomeraten, die genau wie dort vollständig durchknetet und verworfen ist. In dieser tektonisch aussergewöhnlich hergenommenen Zone erscheinen zwei grosse, hunderte Meter messende, offenbar entwurzelte Felsgräte aus frischem Quarzporphyr und Gabbro bis Gabbrodiorit, letzterer reichlich von Epidot durchzogen. Beide Eruptivmassen sind stark von metallisch glänzendem, grobkristallinem Hämatit imprägniert. Nach GREGORY (p. 77) ist der Aufschluss von Salz bei Al Buza sehr begrenzt und das Salz sei teilweise von Gesteinsserien des Mittel- und Obercambriums überlagert. Geologische Detailaufnahmen in den Salzstockmassiven von Bustaneh und Al Buza müssten noch zu aussergewöhnlich interessanten Resultaten führen. In beiden Massiven liegen in den Agglomeraten und Konglomeraten die Anzeichen cambrischer Erosionsperioden.

IV. Zusammenfassende Schlußbetrachtungen über die Salzstockmassive der Golfregion

In den Salzstockmassiven der Golfregion tritt uns ein Bild grosser Mannigfaltigkeit entgegen, das die wechselvollen Auswirkungen der Faktoren wiederspiegelt, die zu ihrer Entstehung führten.

Zu den ausschlaggebenden Faktoren gehörten neben den tektonischen Kräften die Mächtigkeit der Salzbildung und der Anhydrit-, Gips- und Tonschichten, die das Salz begleiten, ferner die Mächtigkeit der obern Gruppe der Hormuz series und der Kreide- und Tertiärsedimente, welche die plastisch-mobil werdenden Massen überlagern. In der Genese der Salzstöcke und deren örtliches Auftreten waren auch noch die in der Tiefe zu vermutenden alten, starren Widerstandsblöcke und „Trends of Palaeocoic Movements" mitbestimmend. (Vulkanische Kräfte kommen für die Salzaufbrüche nicht in Frage, trotz den vielen Eruptivgesteinen, die emporgepresst wurden.) Entsprechend dem jeweiligen Einfluss eines dieser Faktoren ändern sich die geologischen Erscheinungsformen der Salzstockmassive. Dann hat aber auch noch der Faktor Zeit sich im Antlitz dieser Massive eingegraben. Denn in verschiedenen Faltenzonen sind die tektonischen Kräfte zu verschiedenen Zeiten und in verschiedenem Ausmass in Bewegung gekommen. Aus den bisherigen Beobachtungen darf geschlossen werden, dass kein Salzstock vor der obern Kreide an die Oberfläche drang. Verschiedene Salzstöcke sind schon im Eocaen durchgebrochen, wovon einige auch bereits im Miocaen zum Stillstand kamen. Eine grosse Zahl, es betrifft die auf dem Festland, ist im Pliocaen zur Entfaltung gelangt und manche unter ihnen waren noch im Pleistocaen in Bewegung und sind teilweise noch jetzt nicht zur Ruhe gekommen. Im Pliocaen wurden viele ältere Salzstöcke aufs Neue von tektonischen Bewegungen erfasst.

Im vorliegenden Gebiet sind die tektonischen Bewegungen recht klar in den Sedimenten zu erkennen. In der obern Kreide, im Eocaen und Oligocaen sind über ausgedehnte Gebiete hinweg mächtige Mergel, Kalkmergel und Kalke zur Ablagerung gekommen, nur lokal, im untern Eocaen, von schwachen konglomeratischen und sandigen Bildungen unterbrochen. Die verbreiteten, mächtigen Kalkbildungen im Oligocaen tragen zu einem grossen Teil ausgesprochen litoralen Charakter. Merkwürdigerweise zeigt die stratigraphische Tafel VII von GREGORY (l. c.) im untern Teil der obern Kreide nochmals eine mächtige Gips-Dolomit-Bildung, die möglicherweise direkt auf dem Palaeocoicum liegt. Im Mio-Pliocaen spiegeln sich die regen tektonischen Bewegungen in

einem entsprechend regen Facieswechsel (in allen Richtungen) wieder. Dass aber die orogenetischen Bewegungen weder immer kontinuierlich noch gleichsinnig vor sich gingen, sondern periodischen Schwankungen unterworfen waren, ergibt sich vor allem aus den vielen Diskordanzen innerhalb den mio-pliocaenen Sedimenten, besonders in der Nähe der Salzstöcke.

Im Gegensatz also zu der weiträumig-gleichförmigen, rein marinen Sedimentation in der obern Kreide, im Eocaen und Oligocaen, stehen die petrographisch und faciell wechselvollen Sedimente des Mio-Pliocaen, hauptsächlich abgelagert in Bittermeeren (Gips, Dolomit, Salz), an Meeresküsten (Kalke und Mergel, sandig, mit reicher Strandfauna), in Lagunen (marin-lagunär, oft bituminöse, gipsige, salzige, sandige Mergel etc.) und in Süsswasser (fluviatile Festlandbildungen, Sandsteine, Konglomerate, mergelige Tone etc.). Die letztern Bildungen kennzeichnen das Pliocaen und Pleistocaen, wo auch in der Golfregion die tektonischen Bewegungen Höhepunkte erreichten und viele Salzstöcke entstehen liessen.

In der eng gefalteten Küstenzone zwischen Bandar Abbas und Bushire, wo die Mehrzahl der Salzstöcke liegen, erreichen die Sedimente der obern Kreide und des Tertiärs zusammen eine Mächtigkeit von 4000 bis 5000 m und mehr. Hier gehören die ältesten von den Hormuz series durchbrochenen Schichten der mittlern bis obern Kreide an. Wenigstens diese Schichtmächtigkeit musste bei den jüngsten Salzstöcken von der Salzmasse und den sie begleitenden Hormuz-Gesteinen durchbrochen werden.

In den Erosionserscheinungen (d. h. deren Stadien) an den Salzstockmassiven kommt der zeitlich-uneinheitliche Durchbruch der Salzstöcke besonders klar zum Ausdruck. Bei den einen Salzstockmassiven ist eine gewaltige, bis 1000 m über die Ebene aufgetürmte, noch in Bewegung befindliche Salzmasse da, umschlossen von den ältesten durchbrochenen Schichten (s. Fig. 1a und 1b), bei andern dagegen ist die Salzmasse schon bis zur Alluvialebene hinab abgetragen und mehr und mehr ragen die früher in der Tiefe zurückgebliebenen Hormuz series als Gebirgskranz oder als Einzelrelikte empor, umschlossen von jüngern, posteocaenen, transgressiv angelagerten Schichten. Die letztern sind durch spätere tektonische Bewegungen aufgerichtet, gegen die Hormuz series angepresst und oft von Verwerfungen durchsetzt worden. Zu den Salzstöcken der letztern Gruppe gehören z. B. die der Inseln Qishm, Henjam, Larak und die auf dem Festlande stehenden Puhal, Bustaneh, Al Buza, wo nur tertiäre Schichten von den Hormuz series durchbrochen erscheinen,

während bei mehr landeinwärts gelegenen Salzstöcken (Anguru, Tarum, Khamir etc.) auch noch die tiefsten von den Hormuz series durchbrochenen Sedimente (mittlere bis obere Kreide) erhalten sind. Auf der Salzstockinsel Hormuz sind neben den Hormuz series nur rezente Bildungen anzutreffen. Vermutlich sind auf vielen Salzstockinseln im Golf ähnliche Verhältnisse wie auf der Hormuz und den andern soeben genannten Inseln vorhanden.

Zuerst wurde durch PILGRIM auf die merkwürdige Einheitlichkeit in den Gesteinen der Hormuz series hingewiesen, unter Betonung der oft grossen Abstände zwischen den Salzstöcken und des engen Areals, innerhalb dem die genannten series aufgeschlossen sind. Diese petrographische Einheitlichkeit gilt sowohl für die Sedimente wie für die Eruptivgesteine. Und auch die Mineralisation in den Hormuz series, besonders durch Hämatit und Schwefel, ist an den vielen beobachteten Vorkommen immer von derselben Art. Diese Mineralisation ist ohne Zweifel hydrothermal-vulkanischen Ursprungs. Auffallend ist das Fehlen von sulfidischen Erzen und Magnetit. Nur Spuren der erstern wurden beobachtet. Oben ist auf die Salt range of India hingewiesen worden, deren cambrische Salzformation (Salz und Begleitsedimente) weitgehend mit der in den Hormuz series auftretenden übereinstimmt. Da nun in den Salzstockmassiven von Bustaneh, Al Buza, Kuh-i-Namak (Dashti) etc. in den bunten, den basalen Salzkomplex überlagernden Sedimenten cambrische Fossilien (Trilobiten, Billingsella sp. etc.) gefunden wurden, kann an einem cambrischen Alter der Hormuz-Salzformation nicht mehr gezweifelt werden. Einwände: in den durchfalteten und verworfenen Salzstockmassiven sei eine stratigraphische Gliederung nicht mehr möglich, oder es lägen Überschiebungen von alten Schichten vor, kommen für den Geologen, der die Massive von Bustaneh und Al Buza gesehen hat, nicht mehr in Frage. Die in den Salzstockmassiven bisweilen angetroffenen kristallinen Schiefer, Phyllite, Gneise und zertrümmerten Eruptivgesteine (Bustaneh, Al Buza, Khamir) dürften als prä-Hormuz aufzufassen sein, als Schollen, die von den empordrängenden Hormuz series mitgerissen wurden. Über das Alter der die Hormuz series charakterisierenden Eruptivgesteine (Decken-, Gang- und Tiefengesteine) lässt sich noch nichts Bestimmtes aussagen. Teilweise sind sie als Durchbrüche in den Hormuz series beobachtet worden. Jedenfalls sind sie älter als obere Kreide, denn im Gebiet der Salzstöcke der Golfregion sind in der Kreide (älteste anstehende Formation) und im Tertiär keine eruptiven Durchbrüche

beobachtet worden. Nach den Angaben von GREGORY (s. Tafel I und II und p. 62, 63, 67, 84) sollten westlich und südlich vom Golf, auf dem arabischen Festland (Vorland), die Hormuz series anstehend zu finden sein. Dort könnte eventuell der Schleier gelüftet werden, der über den Hormuz series in den Salzstockmassiven liegt.

Die sozusagen fremdartigen, exotischen Hormuz series, das Fehlen von Sedimenten jünger als Cambrium unter den in den Salzstockmassiven emporgepressten Blöcken und Schollen, legen die Vermutung nahe, dass das durch die Salzstöcke der Golfregion gekennzeichnete Gebiet zwischen Cambrium und Kreide geologisch eine Sonderstellung einnahm gegenüber den Gebieten, die im NW, N und E von ihm liegen. Es scheint, dass das erstere Gebiet vor der Kreidezeit noch zur „arabischen Tafel" (Festland) gehörte und erst durch die grosse Transgression während der Kreide in die Geosynklinale und deren Faltenbau einbezogen wurde. Die Salzstöcke wären also Indikatoren für die subterrane Ausbildung der arabischen Tafel. In der obern Gruppe der Hormuz series auftretende Residualmassen (Gips, Dolomit, Lavadecken, Eruptivblöcke, Tuffe etc.), Sandsteine, Konglomerate usw. weisen auf eine langdauernde Festlandperiode hin. Die heutige „arabische Tafel" trägt seit dem Cambrium keine Anzeichen von orogenetischen Bewegungen. Ferner darf nicht unerwähnt bleiben, dass die Hormuz series in den Salzstockmassiven auffallend geringe oder keine druck- oder dynamometamorphen Veränderungen tragen, dass sie also nie oder doch nie lange unter hohem Druck und hoher Temperatur gestanden haben können. Dies müsste aber u. a. der Fall sein, so auch noch die mächtigen Schichten von Silur bis Jura etc., wie solche z. B. im nahen Oman-Gebirge auftreten, über den Hormuz series gelagert hätten.

Über das Alter des persischen Golfs bemerkt GREGORY, p. 68, l. c.: there is no doubt that the Persian Golf is of very recent origin. In der Küstenzone zwischen Bandar Abbas und Bushire weisen zahllose Verwerfungen und Steilabstürze der Gebirge auf grössere, junge Einbrüche hin.

In den Salzaufbrüchen der Golfregion treten uns Probleme von grösster geologischer Bedeutung entgegen. Die bisherigen Forschungen haben diese nur teilweise und unbefriedigend gelöst. Erst wenn Detailkartierung der meisten Salzstöcke sowie der an den Golf grenzenden „arabischen Tafel" durchgeführt sein wird, kann an die Aufzeichnung der geologischen Geschichte dieses Gebiets, das zu den interessantesten unseres Planeten gehört, herangetreten werden.

Nachtrag

Das Manuskript zu obiger Arbeit war schon an unsere Redaktion eingesandt, als Verfasser die wichtige Veröffentlichung von JOHN VERNON HARRISON, The Geology of some Salt-Plugs in Laristan (Southern Persia), Quart. Journ. Geol. Soc., London, Vol. 86, 1930, erreichte, die nun hier als Nachtrag berücksichtigt werden soll.

Die oben gemachten Darlegungen werden durch diese Publikation nicht korrekturbedürftig, sondern ergänzt.

Die schöne Arbeit von HARRISON umfasst folgende Kapitel: Stratigraphie, Beschreibung der einzelnen Salzstöcke, Petrographie der Hormuz series, Morphologie der Salzstöcke, Allgemeine Bemerkungen. In letztern wird behandelt: Verteilung der Salzstöcke, Alter der Salzstöcke, Vergleich mit Salzintrusionen anderer Regionen, die Hormuz series, die Salt Range of India, Entstehung der persischen Salzstöcke, Bibliographie.

Aus diesem Inhalt von HARRISONS Arbeit soll nun einiges zur Ergänzung der vorangehenden Studie herausgegriffen werden.

Stratigraphisches. In dem grossen Knie, das NE von Bandar Abbas durch den Verlauf der Deckenfrontlinie gebildet wird, verzeichnet die geologische Skizze von HARRISON das Auftreten von silurischen bis jurassischen Sedimenten (ohne Eruptivgesteine), gebunden an eine relativ schmale Zone von stark gestörten Faltenzügen, innerhalb der autochthonen Zone der Golfregion. In Südpersien sind diese Sedimente sonst nirgends angetroffen worden. Wichtig ist die Erscheinung, dass diese Sedimentvorkommen nicht mit Salzstöcken in Beziehung stehen. HARRISON bemerkt, dass diese (exotischen) Sedimente im Kern des „great overthrust fold of Furgun" (Furgun ist ein hoher Gebirgsrücken N von Bandar Abbas) vorkommen. Diese Überschiebungsfaltenzüge, die maximal 40 km von der Frontlinie der eigentlichen Deckenzone entfernt liegen, könnten mithin als vorausgeschobene Stirnfalten angesehen werden, deren Relikte nun wie Klippen auf dem autochthonen Tertiär schwimmen und mit letzterem später mitgefaltet wurden. Denn wären diese silurischen bis jurassischen Sedimente autochthon, müssten sie auch noch anderweitig in der autochthonen Golfregion, vor allem in den Salzstockmassiven, zum Vorschein kommen. Dass dies nicht der Fall ist, wurde oben schon gesagt. Die tiefsten von den Salzstöcken durchbrochenen Horizonte entsprechen der mittlern Kreide, während neben den Salzmassen keine Sedimente jünger als die Hormuz series (Cambrium) zum Aufbruch gelangten. Es wäre nur noch denkbar, dass die in Frage

stehenden Formationen nach Westen hin rasch auskeilen und verschwinden. Die im Bereich der Überschiebungen liegenden Salzstöcke, insbesondere die nahe der Deckenfrontlinie auftretenden, sollen nach HARRISON durch die Schubbewegungen und Überschiebungen stark mitgenommen und in ihrer ursprünglichen Gestaltung weitgehend verändert sein. Bei der Beschreibung der einzelnen Salzstöcke durch HARRISON ist auch dem von Puhal eingehendere Betrachtung gewidmet worden. Wertvoll ist die geologisch-topographische Skizze. Das Salz durchbricht mitteleocaene bis mio-pliocaene Schichten auf dem absinkenden Ende einer langen Antiklinale. Die höchste Erhebung auf dem Salzrücken erreicht 2190 Fuss. An Eruptivgesteinen werden genannt: grobkörniger Granitporphyr (wohl besser porphyrischer Granit zu nennen), reichlich auftretender Quarzkeratophyr und schlackiger Keratophyr und stark verwitterter Basalt, mit Quarz- und Epidotadern. Der oben beim Salzstock Puhal erwähnte Quarzporphyr könnte ein Übergang zum Quarzkeratophyr sein. Die Bezeichnung Basalt dürfte kaum richtig sein, zumal es sich um ein palaeocoisches Gestein handelt. Auch die an ihm zu beobachtenden Verwitterungserscheinungen sprechen nicht für einen Basalt. In einem Salzstock NE von Bandar Abbas (Kuh-i-Shu) wird als tiefste von den Hormuz series durchbrochene Schichten untere Kreide angegeben. Es wird sich aber da um mittlere Kreide handeln. Dass die Hormuz series Schichten vom Silur bis hinauf zu den recenten Sedimenten durchbrechen, kann nicht zutreffend sein, weil ja die ältesten beobachteten Sedimente, die von den Hormuz series durchbrochen sind, der mittlern Kreide angehören. Weiteres darüber siehe oben. Die Hormuz-Gesteine werden als „chance assemblage" bezeichnet, was aber beispielsweise für die Salzstöcke Bustaneh, Al Buza und Puhal keine zutreffende Bezeichnung ist. Dort kommen die Hormuz series in gewaltigen, zusammenhängenden Schichtenkomplexen vor. Immerhin sind auch dort wegen intensiven tektonischen Störungen stratigraphische Profile nicht konstruierbar und muss man sich mit der weiter oben für die Hormuz series gegebenen Dreiteilung abfinden. Von folgenden Eruptivgesteinen der Hormuz series sind mikroskopische Beschreibungen gegeben: „Soda-granite-porphyry", „Quartz-biotite-porphyry", Keratophyr und Quarzkeratophyr, Felsit, Dolerit. Aus einem mittel- bis grobkörnigen Diabas wird kein Olivin erwähnt. Es wird bemerkt, dass durch den Kontakt mit dem Salz die Gesteine keine Anzeichen besonderer Veränderungen aufweisen. Das Alter der Hormuz-Eruptivgesteine wird von HARRISON als wahrscheinlich „pre-Ordovician to early Ordo-

vician" bezeichnet. Es werden Vergleiche mit den Eruptivgesteinen von Oman und den Decken angestellt. An Mineralien aus den Salzstockmassiven werden erwähnt: Hämatit, Pyrit, Quarz, Calcit, Epidot, Anhydrit, Salz, Nontronit, Gedrit, Magnesiumhydrosilikat (Talkart?). Über die Verteilung der persischen Salzstöcke wird viel Beachtenswertes geboten. Ausser den 63 Salzstöcken, die von GREGORY (l. c.) erwähnt sind, werden durch HARRISON weitere 44 angeführt, wovon viele eingehend beschrieben und durch geologische Skizzen veranschaulicht sind. Die 44 hinzukommenden Salzstöcke konnten in Tafel A noch eingetragen werden. Es wird darauf hingewiesen, dass westlich vom 54° östlicher Länge sicherlich noch mehr Salzstöcke gefunden werden können. Dagegen seien NW der Linie Jebel Sanam-Do Pulan keine Salzstöcke mehr zu erwarten.

Die tektonische Lage der Salzstöcke besprechend, misst HARRISON den Verwerfungen nur geringe Bedeutung zu. Bei der grossen Zahl von Salzstöcken sei es möglich, verschiedene gerade Linien zu ziehen, von denen dann Gruppen von Salzstöcken geschnitten würden. Schlussfolgerungen, die aus solchem Zusammentreffen gezogen würden, könnten dann irreführend sein. Für die geradlinige Anordnung einer Salzstockreihe NW von Lingeh ist aber weiter oben, unter Hinweis auf GREGORY, eine andere Auffassung vertreten worden. Ohne Annahme einer Störungslinie, eventuell im Zusammenhang stehend mit paläozoischen Bewegungsrichtungen der starren Untergrundtafel (vergl. Verlauf der Oman-Küstenlinie), kann genannte geradlinige Anordnung kaum verständlich gemacht werden. Das gilt auch noch für andere Auffälligkeiten in der Anordnung von Salzstöcken. Das Alter der Salzstöcke betreffend meint HARRISON die ersten Salzdurchbrüche schon in die obere Kreide verlegen zu dürfen. Salzstöcke hätten im Miocaenmeer schon Inseln gebildet, wie sie es jetzt im Golf von Persien tun.

Bezüglich Entstehung der persischen Salzstöcke der Golfregion macht HARRISON verschiedene beachtenswerte Bemerkungen. Die Erhaltung so beweglicher Formationen wie Salz und Gips (bezw. Anhydrit) zeige an, dass sie auf einer relativ starren Masse lagerten, die lange Zeit den Deformationen widerstand und dass diese beweglichen Bildungen später zwischen einer starren Unterlage und einer relativ weniger starren Sedimentdecke gelegen hätten. Wichtig ist auch der Hinweis auf den Faktor Erosion, der sich in den auftauchenden Faltengewölben auswirkte, indem Erosion auf den Gewölben den Gegendruck auf das nach oben drängende

Salz verminderte, in den Synklinalgebieten dagegen der Druck durch die gleichzeitige Ablagerung des Erosionsmaterials erhöht wurde. Nach HARRISON hätten die kretazischen Salzstöcke wenigstens eine 9000 Fuss mächtige Sedimentdecke zu überwinden gehabt, die pliocaenen dagegen schon 18 000 bis 19 000 Fuss Überlagerung.

Erläuterungen zu den Tafeln

Bild 1. Im Salzstockmassiv Bustaneh, westlich der Küstenstadt Lingeh. Emporgepresste Gebirgsmassen der Hormuz series. Vordergrund und rechts im Bild völlig durchknetete und durchfaltete Schichten der bunten Dolomit-Anhydritformation (mittlere Gruppe der Hormuz series). Links hinten noch kompakt gebliebene, geschichtete, steil stehende Gebirgsschollen mit cambrischen Fossilien. Gipfelhöhen etwa 500 m über der Küstenebene.

Bild 2. Das kesselartige Innere des Salzstocks Khamir, WSW von Bandar Abbas. Das Salz kommt in der Schotterebene direkt hinter dem weissen Zeltlager zum Vorschein. Die ersten dunkeln Hügel hinter den Zelten sind obere Kreide. Die nächst höhern dahinter, rechts hohe, graue Abhänge und in der Fortsetzung nach links, reich modelliertes Gelände bildend, sind hauptsächlich Eocaen und der hohe, hellgebänderte Abhang im Hintergrund ist aus oligocaenen Schichten aufgebaut, mit Khamir-Kalkschichten auf dem Gipfel.

Bild 3. Salzstock Puhal, WSW von Bandar Abbas an der Golfküste. Blick von der Küste nordostwärts. Auch der zackige Rücken, der 500 bis 600 m hoch ist, besteht aus Salz.

Bild 4. SW-Flanke des Salzstocks Puhal.

T Mio-Pliocaen. Bunte, kalkige Sande und mürbe Sandsteine mit Fossilien (Litoralfauna).
Tn Untertertiär (Oligocaen) mit Nummuliten (niedere Hügelchen).
H_1 Hormuz series, Salz, Anhydrit (Gips).
H_2 „ „ Anhydrit (Gips), Hämatit etc.
H_3 „ „ Salz unten, oben Anhydrit (Gips).
H_4 „ „ plattige, harte Sandsteine, kalkig, dolomitisch, rötlichgrau und graubraun und sandige Kalke.
H_5 „ „ Salz, massig, gebändert.
H_6 „ „ Hauptsalzmasse (Salzstock) mit eingeschlossenen oder aufliegenden Schollen und Fetzen von andern Hormuz-Gesteinen.

Bild 5. Salzstock bei Tarum, NW von Bandar Abbas. Gibt ein typisches Bild der schönen, domartigen Salzstockmassive, die besonders NW von Bandar Abbas auftreten (vgl. die Textfig., Kuh-i-Anguru). Das im Kern des Gewölbes aufgebrochene Salz fliesst gletscherartig der Ebene zu.

Bild 6. Salzstock Kuh-i-Namak bei Qum, SW Teheran. Links verlängert sich der Salzdom spornartig nach E. Die weissen Flecken vorn sind Salz. Die Höhe des Salzdoms beträgt etwa 250 m.

Schweiz. Min.-Petrogr. Mittlgn.,
Bd. XXIV, Heft 1 u. 2, 1944

Tafel 1

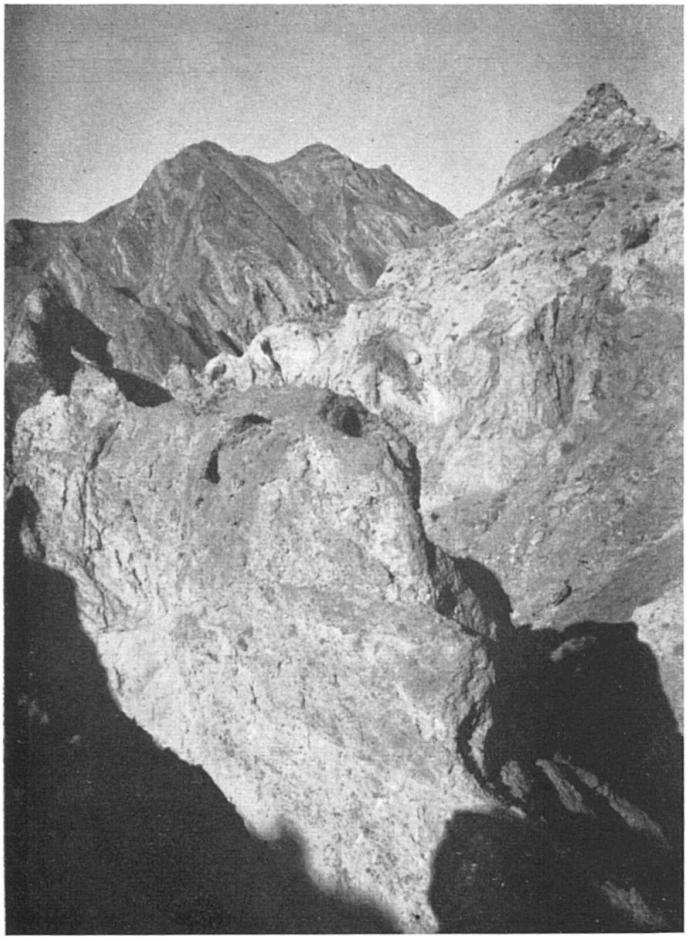


Bild 1

Bild 2

Leere Seite
Blank page
Page vide

Schweiz. Min.-Petrogr. Mittlgn.,
Bd. XXIV, Heft 1 u. 2, 1944

Tafel 2

Bild 3

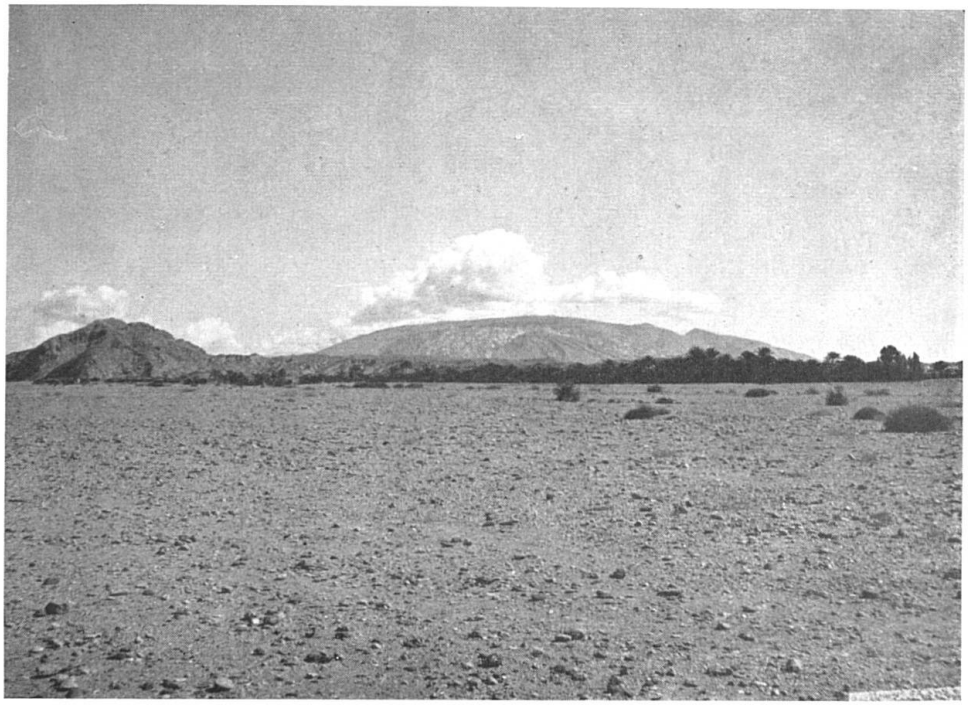


Bild 5

Leere Seite
Blank page
Page vide

Schweiz. Min.-Petrogr. Mittlgn.,
Bd. XXIV, Heft 1 u. 2, 1944

Tafel 3

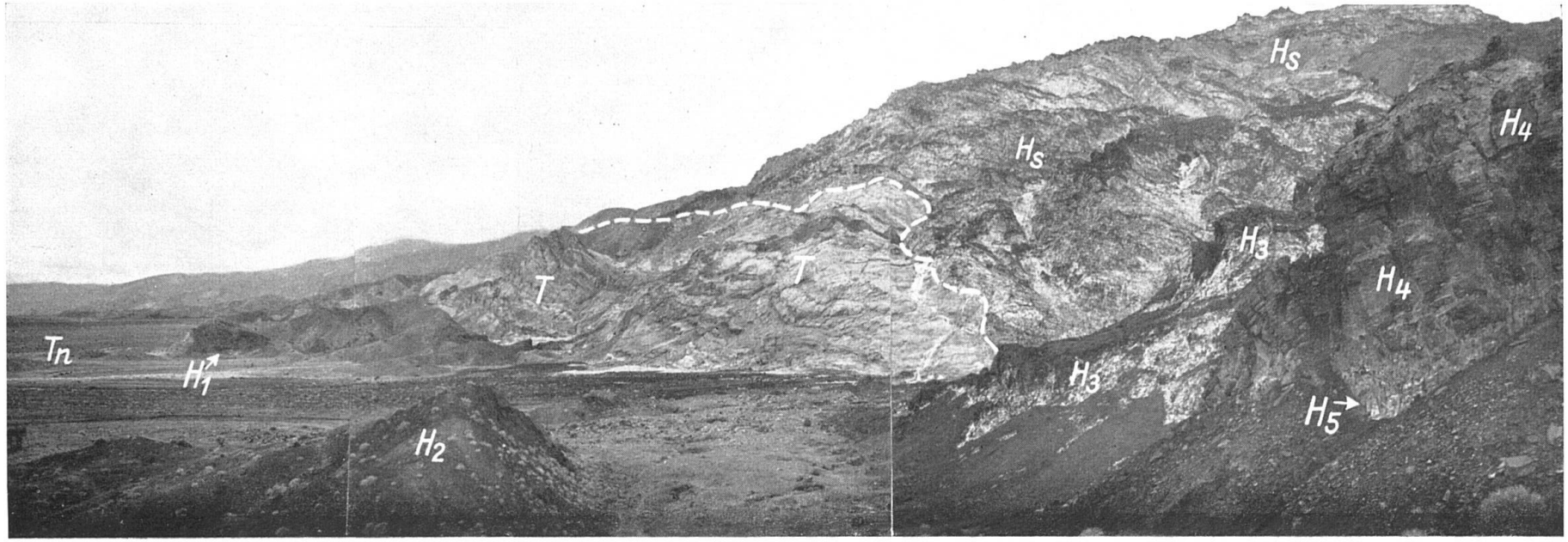


Bild 4

Leere Seite
Blank page
Page vide

Schweiz. Min.-Petrogr. Mittlgn.,
Bd. XXIV, Heft 1 u. 2, 1944

Tafel 4

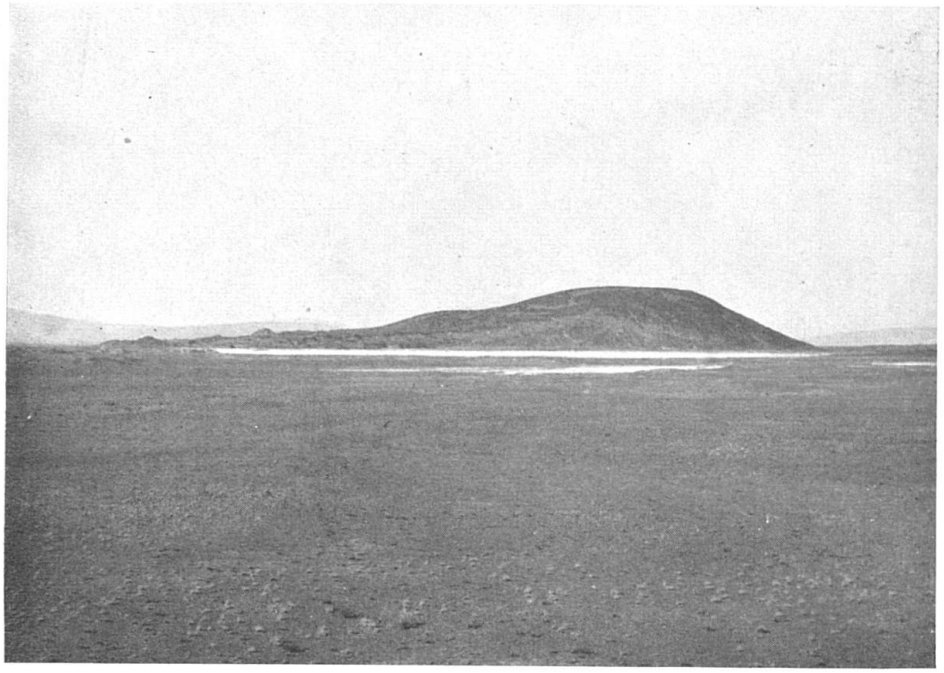


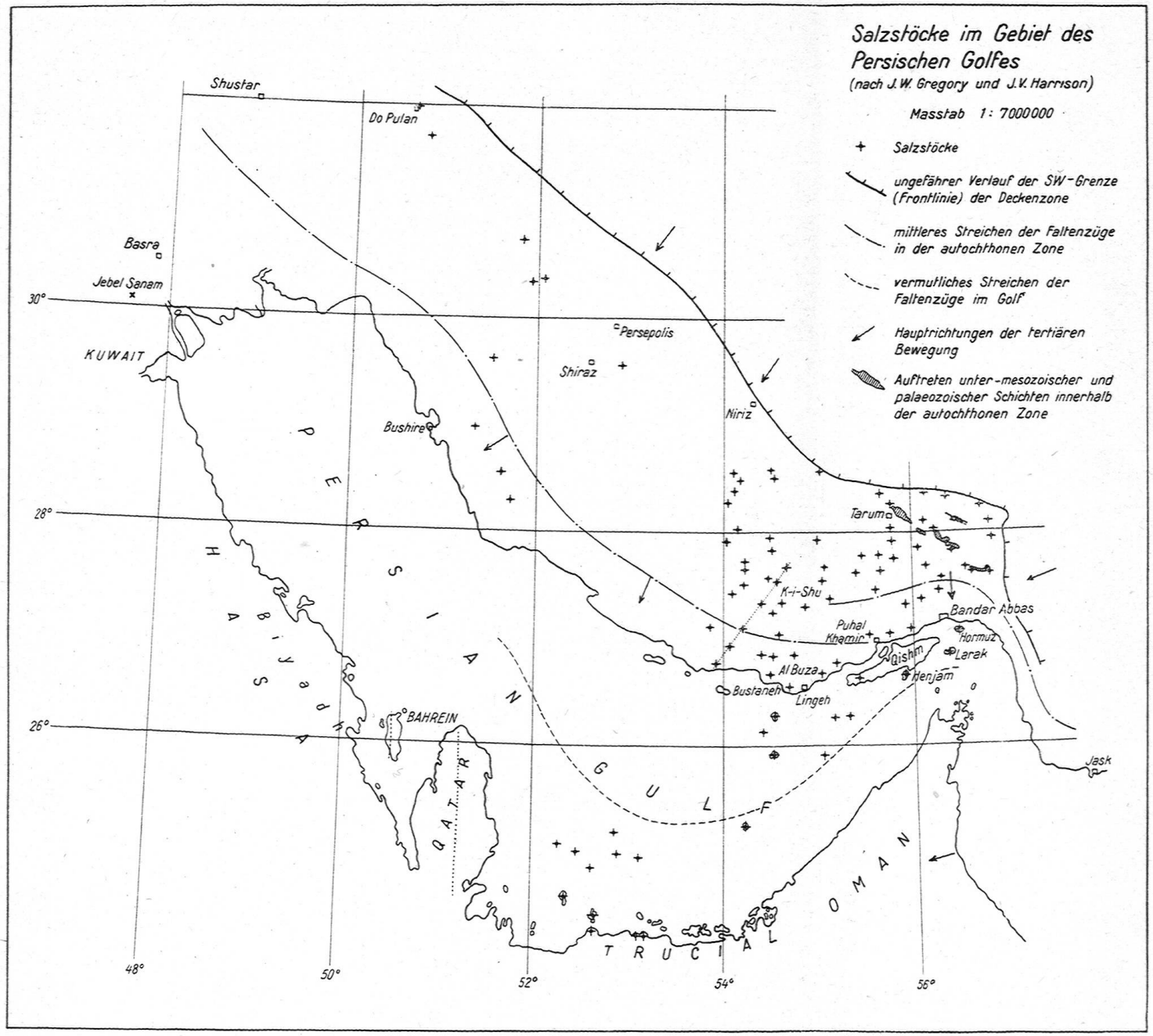
Bild 6

Bild 7

Leere Seite
Blank page
Page vide

Schweiz. Min. Petr. Mitt.
Bd. XXIV, 1944

Tafel 5



Leere Seite
Blank page
Page vide

Bild 7. Auf dem Gipfel des Salzdoms Kuh-i-Namak. Blick ostwärts nach dem Pilgerort Qum, der rechts in der Ferne liegt. Die Salzoberfläche zeigt die scharfen, bis mehrere Meter tiefen Erosionsformen ähnlich denen auf Gletschern und Kalkkarrenfeldern. Das Salz ist allgemein von einer dunkelroten Hämatitkruste bedeckt, als Rückstände bei der Salzauflösung. Rechts im Bild der spornartige Vorsprung des Salzstocks nach ESE hin, wo das massive Salz steinbruchartig abgebaut wird. Das Viereck auf der Salzebene zeigt den Ort einer früheren Fehlbohrung nach Petroleum. Die niedern, bogenförmig verlaufenden Hügel hinter der Salzwüste sind obermiocaene Sandsteinkulissen der nach ESE abfallenden, grossen Aufwölbung (Antiklinale) von Qum.

Eingegangen: 22. März 1944.