

## Salzgletscher in Persien.

Von George Martin Lees (London).

Die wohlbekannte große Ausbreitung der persischen Salzlagerstätten wird höchstwahrscheinlich von keinem anderen ähnlichen Vorkommen auf der Erde übertroffen. Die einzelnen Salzstöcke bilden zahlreiche Inseln im persischen Golfe und erscheinen wieder am Festland sowohl von Arabien als auch von Persien als große intrusive Massen. Die größte Zahl dieser Stöcke liegt in der unmittelbaren Nähe des Golfes, vereinzelt Vorkommen aber sind von Ardekan und von Pul i Gudar, südwestlich von Ispahan, bekannt geworden. Wenn alle diese Stöcke einer ursprünglich zusammenhängenden Formation angehören, wie es der Fall zu sein scheint, dürfte ihr Gebiet mindestens 300.000 km<sup>2</sup> umfassen.

Einzelheiten über diese höchst sonderbaren Naturerscheinungen sind neuerdings der Gegenstand einer Arbeit von Richardson<sup>1)</sup> gewesen. Über das Alter der salzführenden Formation war zu dieser Zeit nichts näheres bekannt, nur wußte man, daß sie älter als Cenoman sei und Krejci<sup>2)</sup> hat darauf die Meinung ausgesprochen, daß vielleicht die persischen Verhältnisse mit denjenigen Rumäniens zu vergleichen seien und das Salz in Wirklichkeit ein miozänes Alter habe und die Kreide und Tertiär-Gesteine überschoben seien. Wenn Krejci sich die Mühe gegeben hätte, die vorhandene Literatur und geologischen Karten über das Gebiet (3, 4) vorher zu lesen, würde es ihm klar geworden sein, daß es überhaupt keinen Anhaltspunkt für eine solche Auffassung gäbe. Das Gebiet hat nämlich einen ausgesprochen leicht gefalteten, autochthonen Charakter, und von großen Überschiebungen kann daher keine Rede sein. Auch setzt er voraus, daß das rumänische Salz in der Tat Miozän sei, was meiner Meinung nach noch gar nicht bewiesen worden ist.

In der letzten Zeit hat Richardson<sup>5)</sup> auf die Arbeit Krejci erwidert und bei dieser Gelegenheit die Frage des Alters des Salzes ausführlicher auseinandergesetzt. Während einer Reise im Jahre 1925 im Dienste der Anglo Persian Oil Company zu-

sammen mit H. v. Böckh, S. Lister James und anderen Kollegen ist es mir in diesem Gebiete geglückt, kambrische Fossilien in der salzführenden Formation zu finden. Es handelt sich um einige trilobitenführende, zwischen Dolomit, Gips und Sandsteinen mit »Salzpseudomorphosen« eingeschaltete Kalke. Diese Gesteine sind durch das Salz emporgebracht worden; demnach ist das Salz entweder kambrisch oder noch älter. Da die kambrischen Gesteine auf eine salzige Fazies hindeuten, ist anzunehmen, daß das Salz ihnen zugehört. Die Schichtreihe wurde von Pilgrim Hormuz-Series genannt.

Eine zweite gips- und salzführende Formation, und zwar von untermiozänem Alter, ist allerdings in Persien ebenfalls vorhanden. Sie bildet auch stellenweise Anhäufungen und sogar intrusive Massen, wie zum Beispiel bei Ambal am Karun-Fluß, doch sind die beiden Salzhorizonte leicht voneinander zu unterscheiden. Die Begleitgesteine des kambrischen Salzes sind Dolomite, Anthracolithe, Sandsteine, verschiedene Eruptivgesteine usw. mit dem Gepräge höheren Alters, dagegen sind mit dem jüngeren Salze stets Schichten oder Linsen von weichem, rotem oder grünem Tone verfalset.

Wegen des höchst trockensten Klimas bilden die Salzstöcke in der Nähe des persischen Golfes oft große Berge bis 1000 oder 1200 m Höhe. Diese großen, weißen Kuppeln, von der Ferne wie Schneeberge aussehend, bilden eine auffallende und eindrucksvolle Erscheinung. Das Salz tritt in der Regel in den Scheitelzonen der Antiklinalen zutage und in einigen Fällen, wie zum Beispiel bei Kuh-i-Namak (Dashtistan), bildet es den höchsten Gipfel über der Umgebung, ein sicherer Beweis, daß es in jüngster Zeit herausgepreßt worden ist. In anderen Fällen hat das Salz die Erdoberfläche viel früher erreicht und infolgedessen wurde die Salzmasse vollkommen abgetragen und an seine Stelle ist nur ein verworrenes Haufwerk von den verschiedenen unlöslichen Begleitgesteinen zu sehen. In einem Fall, und zwar bei Kushk-Kuh, liefern die Konglomerate den Beweis, daß die Hormuz-Serie schon im Miozän eine Insel im damaligen Meer war.

Wo Salzberge von beträchtlicher Größe vorhanden sind, läßt sich eine überraschende und merkwürdige Erscheinung beobachten. Das Salz beginnt durch das eigene Gewicht in die Täler hinabzufließen. Als ich zuerst diese großartigen Naturerscheinungen wahrnahm, konnte ich diese naheliegende Lösung noch nicht glauben, doch mußte ich die Überzeugung gewinnen, daß hier tat-

sächlich förmliche »Salzgletscher« auftreten. Das Salz bleibt in festem Zustande und zeigt stets seine geschichtete Struktur und daher können Auflösung und Absatz gar nicht in Betracht kommen.

Die beiden Skizzen (Abb. 1, 2) und die Aufnahmen (Taf. 5) bieten Beispiele solcher Gletscher. In dem Fall Kuh-i-Anguru ist das Salz durch Cenoman in der Scheitelzone einer langen Antiklinale emporgestiegen. Die Antiklinale ist stark asymmetrisch. Durch Erosion ist ein großer, elliptischer kraterförmiger Kessel entstanden, auf der einen Seite davon bildet der Eozänkalk einen steilen Abhang, auf der andern eine Reihe zackiger Zähne. Das Salz ist, wie gesagt, durch den Cenomankalk hindurchgepreßt worden und dann über diesen niedrigeren Flügel hinabgeflossen, bis es die Ebene erreicht hat. Zwei Spitzen von Eozänkalk, deren Stelle und Neigung keinen Zweifel darüber läßt, daß sie dem durchziehenden Kalkzug angehören, durchspießen die Salzmasse. Wenn wir hier die Nomenklatur der Gletscherkunde verwenden wollen, dürfen wir sie Nunataker nennen.

Pilgrim gab ein Querprofil dieses Vorkommens in seiner Arbeit (4, S. 49). Er war aber der Meinung, daß das Salz längs zahlreicher Querspalten emporgestiegen sei und zwar noch vor der Erosionsperiode. Durch Abtragung der darüberliegenden Schichten sei die gegenwärtige Gestalt der Salzmasse entstanden. Diese Auffassung ist aber nicht stichhaltig. Wenn man annimmt, daß die Erosion imstande war, die auflagernden Kalke und Mergel zu entfernen, so bleibt es unverständlich, warum das leicht lösliche Salz in diesem Ausmaß erhalten geblieben ist.

Der Kuh-i-Namak (das heißt Salzberg) in Dashtistan bietet eine noch auffallendere Erscheinung dar. Die schneeweiße Salzkuppel bildet den höchsten Gipfel (etwa 1200 m) des ganzen Gebietes und ist weithin sichtbar. Wie in dem eben erwähnten Falle hat das Salz in der Scheitelzone einer Antiklinale die Oberfläche erreicht und ist von steilstehenden Kreidekalken unmittelbar umgeben. Das Salz ist auch hier nach allen Richtungen hinabgeflossen und hat stellenweise den Zug von Kreidekalk umhüllt, von dem abgesonderte Zacken wieder als Nunataker hervorragen. Allerdings haben die Gletscher hier geringere Ausdehnung als bei Kuh-i-Anguru.

Die Aufnahme von Kuh-i-Namak (nördlich von Ginao, etwa 25 km weit von Bandar Abbas) zeigt ähnliche Verhältnisse wie bei Kuh-i-Anguru. Im Hintergrunde rechts sieht man den flach-



Abb. 1. Kuh-i-Namak (Dashtistan).

*a* = Pliozän und Miozän; *b* = Eozänkalk; *c* und *d* = Kreidekalk; *e* = Alluvium der Ebene; *s* = Steinsalz.

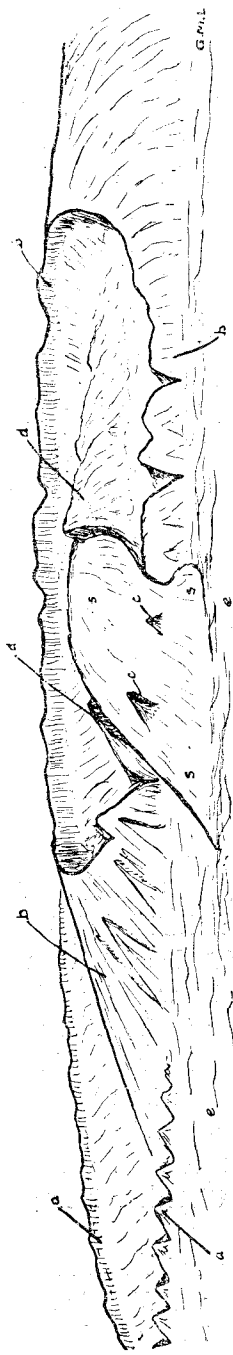


Abb. 2. Kuh-i-Anguru.

*a* = Miozänkalk; *b* = Eozänkalk; *c* = Kreidekalk; *d* = Alluvium der Ebene; *s* = Steinsalz.



1.  
Kuh-i-Namak, nō. von Ginao am Persischen Golf.  
Weiss: Salz, dunkler: Eozän-bis Miozänkalk.



2.  
Salzaufbruch von Oishm, Persischer Golf.  
Links oben Blöcke von kambrischem Dolomit.

Autor phot.

Lichtdruck v. Max Jaffé, Wien.

Mitteilungen der geologischen Gesellschaft in Wien, Band 20, 1927.

geneigten Kalk jenseits der Antiklinale und im Vordergrund dieselben Schichten steilgestellt und gegen den Beobachter fallend. In der Mitte des Bildes ist das Salz über diesen Kalkzug geflossen und hat die Ebene erreicht.

Interessant ist der Versuch, aus diesen Beobachtungen die Belastung zu berechnen, die nötig ist, um das Salz in fließende Bewegung zu bringen, obwohl hierüber genaue Daten nicht vorliegen. In dem Falle Kuh-i-Namak (Dashtistan) dürfte die Höhendifferenz vom höchsten Punkt, wo das Fließen des Salzes bemerkbar ist (das heißt bei den Nunatakern) bis zu dem Gipfel der Kuppel ungefähr 800 m betragen. Unbekannt ist das Ausmaß der Abtragung des Salzes. Wenn man auf der Skizze den Salzstock auf seine frühere Höhe ergänzt, unter der Voraussetzung, daß der Böschungswinkel nie größer gewesen ist als heute, scheint es höchst unwahrscheinlich, daß die Kuppe die jetzige Höhe jemals um mehr als 300 m überragt hätte. Vielleicht hat die Salzmasse ein Gleichgewichtsstadium erreicht, so daß stets eine der bei Abtragung entsprechende Menge von untenher nachgeschoben wird.

Wenn diese Annahmen gerechtfertigt sind und wir uns berechtigt erachten, eine Fehlergrenze von mehr als 50% auszuschließen, so stehen wir der Tatsache gegenüber, daß eine Belastung von etwa 1100 m auf die Salze genügt, um dieses Mineral in einen fließbaren Zustand zu bringen. Dies entspricht einem Druck von 220 kg/cm<sup>2</sup>.

In der neuesten Zeit hat Fulda <sup>6)</sup> die Ergebnisse seiner Untersuchungen über die Fließbarkeit von Salz veröffentlicht. Bei einer Temperatur von 25° gelangt farbloses Steinsalz erst unter einem Drucke von 7700 kg/cm<sup>2</sup> in den fließbaren Zustand. Der ungeheure Unterschied zwischen dieser Zahl und der vorhin gegebenen zeigt uns, daß es nicht möglich ist, die Verhältnisse in der Natur im Laboratorium nachzuahmen. Die unbekanntenen Faktoren, wie die Zeit und vielleicht auch der Wassergehalt, spielen eine wichtige Rolle, so daß Experimente, die innerhalb einiger Stunden oder selbst auch in einem Zeitraume von Monaten durchgeführt werden, den Verhältnissen in der Natur in keiner Weise entsprechen. Die weiteren Schlußfolgerungen Fuldas aus seinen Experimenten sind demgemäß unhaltbar.

In den übrigen Teilen Persiens finden sich unzählige Beispiele für Auspressungen von Salz oder wie im Miozän einer

solchen von Salz-Gips-Ton. Die Auspressung hat oft nach der Gestaltung der gegenwärtigen Morphologie stattgefunden und daher kann tangentialer Druck für die Auspressung nicht in Betracht kommen. Der Belastungsunterschied zwischen der Synklinale und der Antiklinale genügt, um diese plastischen Substanzen in allerdings äußerst langsame Bewegung zu bringen. Man ist daher gezwungen, den nötigen Druck als nicht allzugroß anzunehmen. Nirgends auf der Erde aber finden sich auffallendere und lehrreichere Beispiele der leichten Fließbarkeit des Salzes als bei diesen Salzgletschern.

### Literatur.

1. Richardson R. K.: Die Geologie und die Salzdome im südwestlichen Teile des persischen Golfes. Heidelberg 1926.
  2. Krejci K.: Zur Geologie des persischen Golfes. Zentralbl. f. Mineralogie 1927.
  3. Pilgrim G.: Geology of the Persian Gulf and the adjoining Portions of Persia and Arabia. Mem. Geol. Surv. India. XXXIV, Pt. 4. 1908.
  4. Pilgrim G.: The Geology of Parts of the Persian Provinces of Fars, Kirman and Laristan. Mem. Geol. Surv. India XLVIII, Pt. 1. 1924.
  5. Richardson R. K.: Weitere Bemerkungen zu der Geologie und den Salzaufbrüchen am persischen Golf. Zentralbl. f. Mineralogie 1928.
  6. Fulda E.: Salztektonik. Zeitschr. deutsch. geol. Ges., Bd. 79, 1927.
-