

Ueber sternförmige Erosionssculpturen auf Wüstengeröllen.

Von Dr. O. Abel.

Mit einer Lichtdrucktafel (Nr. II) und einer Zinkotypie im Text.

Einleitung.

Zu den bezeichnendsten Erosionsformen der Wüste gehören die karrenförmigen Sandschliffe auf der Oberfläche freiliegender Gesteine und sie sind wiederholt, am ausführlichsten in den neueren Publicationen über die Denudation der Wüstengebiete von J. Walther¹⁾, A. Baltzer²⁾ und W. Obrutschew³⁾ beschrieben und abgebildet worden. Diese Sandschliffe, welche hauptsächlich an Kalk- und Sandsteingeröllen deutlich ausgebildet sind, treten theils als parallele, hohlkehlenartige Vertiefungen, theils als hieroglyphenartige Sculpturen auf, welche keine Spur von Regelmässigkeit erkennen lassen. Die Furchen sind matt, die hervorragende Rippe auf ihrem Kamme wie abgeschmolzen und von dunklerer Farbe als die Vertiefungen. Mitunter erscheinen, wie A. Baltzer berichtet, feine Gruben, welche der Oberfläche ein pockennarbiges Aussehen verleihen; sie werden nach der Meinung dieses Beobachters durch den directen Aufprall der Sandtheilchen erzeugt.

Regelmässig angeordnete, mehr oder weniger parallele Striemen, die durch Sandgebläse erzeugt worden sind, finden wir bei J. Walther (l. c. Fig. 54, pag. 441, Taf. IV, Fig. 1), bei A. Baltzer (l. c. Taf. III, Fig. 18), bei W. Obrutschew (l. c. Taf. IV, Fig. 2, Taf. VI, Fig. 5); ferner bei M. Neumayr (Erdgeschichte, 2. Aufl., pag. 580 u. 581) abgebildet. Neuestens hat F. E. Suess in seiner inhaltsreichen Abhandlung über den kosmischen Ursprung der Moldavite auch den Wüstensteinen seine Aufmerksamkeit zugewendet und ein im Besitze des

¹⁾ J. Walther: Die Denudation in der Wüste und ihre geologische Bedeutung. Abh. d. math.-phys. Cl. d. kgl. sächs. Akad. d. Wiss., Leipzig, XVI. Bd., 1891, pag. 847—570, m. 8 Tafeln und 99 Zinkätzungen.

²⁾ A. Baltzer: Vom Rande der Wüste. Mitth. d. naturf. Ges. in Bern, 1895, pag. 18—36, mit 3 Tafeln.

³⁾ W. Obrutschew: Ueber die Prozesse der Verwitterung und Deflation in Centralasien. Verh. d. russ. mineral. Ges. in St. Petersburg, XXXIII. Bd., 1895, pag. 229. Referat im Neuen Jahrbuche 1897, II. Bd., pag. 469.

Dr. F. v. Kerner befindliches Gesteinsstück von Djebel Bou Selion, westlich von der Oase Laghouat (Nordrand der algerischen Sahara) pag. 442, Fig. 48, abgebildet¹⁾. Die parallele Anordnung der durch schärfere Kämme getrennten Gruben oder Einbohrungen auf dem genannten Stücke bezeichnet F. E. Suess als die den Moldavit-sculpturen noch am ehesten zu vergleichende Bildung, fügt jedoch hinzu, „dass in der Mehrzahl der Fälle die Anlage der Rippen zwischen den Gruben in dem Materiale, vielleicht in Form härterer Adern im Gesteine vorbereitet war, und dass die Zertheilung der Kraftwirkung in einzelne Angriffspunkte nicht, wie man es für einzelne Meteoriten und Moldavite wird annehmen müssen, ausschliesslich durch ein rein dynamisches Moment bedingt wird“

F. Suess musste daher zu der Ueberzeugung gelangen, dass die Erscheinung der Sternsculpturen auf den Moldaviten, wobei für die meisten der flachscheibenförmigen Körper die Gleichartigkeit der Sternzeichnung auf beiden Flächen höchst charakteristisch ist, auf einem Vorgange beruht, für welchen unter den bisher bekannten Vorgängen in der Natur kein Analogon besteht und dass auch die Wüstenerosion nicht zum Vergleiche herangezogen werden kann.

Bei meiner Anwesenheit in Brüssel hatte ich Gelegenheit, im botanischen Institute der Universität eine Reihe von Wüstengeröllern zu sehen, welche Herr Professor J. Massart auf seiner im Frühjahr 1898 im Vereine mit Professor Lameere in die Sahara unternommenen Expedition aufsamelte. Herr Professor J. Massart überliess mir diese interessanten Objecte in bereitwilligster Weise, wofür ich ihm noch an dieser Stelle meinen wärmsten Dank ausspreche.

Beschreibung der Gerölle.

Die vorliegenden Gerölle stammen zum Theile aus der Umgebung von Biskra, zum anderen Theile von der Oase Laghouat in der algerischen Sahara. Drei derselben fallen sofort dadurch auf, dass sie bei flach scheibenförmiger Gestalt auf beiden Flächen eine vollkommen regelmässige, bei einem Stücke sehr scharf ausgeprägte sternförmige Sculptur besitzen, welche jener einzelner Moldavite ausserordentlich ähnlich erscheint.

1. (Taf. II, Fig. 1 *a—e*). Das erste der vorliegenden Gerölle wurde bei der Oase von Laghouat gefunden. Es besteht aus einem sehr feinkörnigen Sandstein, und stellt eine langgestreckte, beinahe regelmässig zu nennende, elliptische Linse dar; die untere Fläche ist fast eben und nur in ihrem breitesten oberen Theile schwach gewölbt, während die Oberseite eine ziemlich starke Wölbung besitzt.

¹⁾ F. E. Suess: Die Herkunft der Moldavite und verwandter Gläser. Jahrb. d. k. k. geol. R.-A. 1900, 50. Bd., 2. Heft, pag. 193—382, Taf. XI (I) bis XVIII (VIII) und 60 Zinkotyrien.

Das ganze Stück ist mit tiefen Rinnen bedeckt, welche auf beiden Flächen von einer länglichen, excentrisch gelegenen Gruppe von kleineren Erhöhungen auslaufen, in fast gerader Richtung den Rand schneiden und in gleicher Schärfe auf die andere Fläche fortsetzen, so dass dadurch auf beiden Seiten eine gleichsinnig angeordnete Sternzeichnung entsteht, welche durch den Rand nicht unterbrochen erscheint, da die Rinnen, wie hier nochmals hervorgehoben werden soll, ohne Unterbrechung von einer Seite auf die andere fortsetzen und somit die beiden Sterne vollkommen verbinden (Taf. II, Fig. 1 *c—e*).

Die Verbindungslinie der Mittelpunkte jener beiderseitigen excentrischen Gebiete, von denen die radialen Rinnen ausstrahlen, trifft ungefähr den Schwerpunkt des Gerölles; der Querschnitt durch das letztere bildet beiläufig ein Dreieck, da die beiden sternförmig gezeichneten Flächen auf der einen Längsseite in einem spitzen Winkel zusammenstossen, auf der anderen durch eine breitere, von der Oberseite zur Unterseite fast senkrecht abfallende Fläche verbunden sind (Taf. II, Fig. 1 *c*).

In der Mittelregion der Oberseite ist eine Anzahl isolirter Erhebungen vorhanden, welche langsam in ebenfalls vereinzelte, aber bereits radial ausstrahlende Kämmen übergehen, die sich mannigfaltig knicken und verzweigen, gegen die Ränder aber immer schärfer und höher werden, so dass die Rinnen der Randregion am tiefsten erscheinen. Auf der Unterseite ist der Unterschied der Mittelregion von der Randregion noch schärfer, indem fast alle centralen Erhebungen eine halbkugelförmige Gestalt annehmen, während auf der Oberseite diese knopfförmigen isolirten Erhöhungen gegen kurze Kämmen fast ganz zurücktreten und nur an der breitesten Stelle deutlicher ausgeprägt sind.

Die Farbe der Vertiefungen ist ein liches mattes Ockergelb, die der Kämmen ein lackglänzendes Braun, ein Gegensatz in der Färbung, welche den durch Sandgebläse erodirten Wüstensteinen eigen ist (A. Baltzer, l. c. pag. 28). Ausdrücklich muss auch hervorgehoben werden, dass sowohl Ober- als Unterseite durchaus gleichartig gefärbt sind, und dass keine Spuren davon wahrzunehmen sind, dass die eine oder andere Seite länger jener zerstörenden Wirkung ausgesetzt war, welche die sternförmigen Rinnen erzeugte, da die Kämmen auf beiden Seiten in derselben Stärke und Schärfe vorhanden sind.

Das Gewicht des Gerölles beträgt 16·816 *g*, das spec. Gewicht = 2·710¹⁾.

2. (Taf. II, Fig. 2 *a—c*). Das zweite Gerölle aus der Umgebung von Biskra besteht ebenfalls aus einem sehr feinkörnigen Sandstein und ist von unregelmässig gerundeter, flach scheibenförmiger Gestalt. Auch auf diesem Stücke ist beiderseits eine sternförmige Zeichnung wahrzunehmen, so zwar, dass in der Mitte jeder Fläche

¹⁾ Meinem Freunde C. F. Eichleiter, welcher die Bestimmung des spec. Gewichtes der drei Gerölle durchführte, sage ich hierfür meinen besten Dank.

isolirte, unregelmässig verstreute Erhöhungen erkennbar sind, welche gegen den Rand in radiale Kämme übergehen; die letzteren sind bei weitem nicht so scharf, wie auf dem zuerst beschriebenen Stücke, sind jedoch auch hier in der Randregion schärfer als in den centralen Partien.

Auf dem zweiten Gerölle aber ist, nicht so wie bei dem ersten, eine deutliche Scheidung von Ober- und Unterseite wahrzunehmen. Die Vertiefungen der Oberseite zeigen ein dunkles Ockergelb, die Erhöhungen ein dunkles Braun; der auf den Kämmen sonst wahrzunehmende Lackglanz fehlt. Auf der Unterseite ist ein Contrast in der Färbung der erhöhten und vertieften Partien ebenfalls zu beobachten; die randlichen Partien zeigen jedoch eine dunklere Nuancirung als die allgemeine Färbung der Oberseite, während die mittleren Partien ganz verschieden gefärbt sind. Gegen die Mitte der Unterseite zu nehmen nämlich die vertieften Stellen eine schmutzig-graugelbe Färbung an, während die hervorstehenden Kämme ihre dunkelbraune Farbe beibehalten; die Mitte wird von einer schwachen Rinde sehr feinen Sandes gebildet, welcher zu einem weichen Sandsteine verkittet ist. Diese Erscheinung erklärt sich leicht durch die Imprägnation des Sandes mit kohlensäurehaltigem Wasser, und in der That findet man ferner Hitzesprünge, welche das Gerölle quer durchsetzen, mit Kalkspath ausgekleidet. Es wird diese auf die Circulation kohlensäurehaltigen Wassers weisende Erscheinung als Beweis dafür angesehen werden dürfen, dass die Bildung mancher Erosionsformen der Wüste zum Theile auch mit der lösenden Thätigkeit des Wassers zusammenhängt.

Das Gewicht des Gerölles beträgt 18·034 g, das spec. Gewicht = 2·753.

3. Das dritte abgebildete Gerölle (Taf. II, Fig. 3 a—c) von Biskra besteht aus einem sehr feinkörnigen, dünn gaschichteten Sandstein, welcher parallel zu den Schichtflächen in ein mässig dickes, trapezförmiges Stück zerbrochen ist. Auch dieses Stück ist sehr lehrreich, da es eine Kreuzung zweier Sculptursysteme zeigt: des sternförmigen, welches der Gestalt des Gerölles angepasst ist, und eines zweiten, welches senkrecht zu diesem und unabhängig von der Gestalt den Schichtlinien folgt. Die Radialsculptur befindet sich noch im Anfangszustande. Auf den ersten Blick möchte man die gerundeten Wülste, welche insbesondere auf der Unterseite schön entwickelt sind, für die wieder im Zustande der Abtragung befindlichen scharfen Kämme halten, welche das Endproduct des Sandgebläses vorstellen. Dass dies jedoch nicht der Fall ist, beweist die Beschaffenheit der vertieften Rinnen. Am Grunde derselben zeigt sich überall ein feiner aber scharfer, wie mit einer Nadel gezogener Riss im Gestein, welcher den Weg der vom Winde über das Geröll getriebenen Sandkörner bezeichnet und zeigt, dass die Sculptur erst im Entstehen begriffen ist.

Noch deutlicher als auf den beiden vorstehend beschriebenen Geröllern ist hier eine Scheidung in die centrale Region und die

Randregion wahrzunehmen. Die erstere enthält eine Gruppe von isolirten, knopfförmigen oder halbeiförmigen Erhöhungen, die zweite ist durch das Vorhandensein schärferer Kämme und tieferer Rinnen gekennzeichnet, welche am schärfsten am Rande selbst ausgebildet sind, von wo sie, die Seitenflächen senkrecht durchschneidend, auf die andere Seite fortsetzen. Die grössere Fläche, welche wir als Unterseite bezeichnen wollen, ist regelmässiger gezeichnet als die Oberseite, wenn auch auf dieser eine radiale Anordnung der Rinnen beobachtet werden kann.

Wie schon früher erwähnt wurde, läuft parallel zu den beiden grossen Flächen des Gerölles über die Seitenflächen ein zweites System von Rinnen, welche den Schichtlinien des sehr dünn-schichtigen Sandsteines folgen und die härteren Lagen desselben herausmodelliren. Diese Rinnen schneiden die von den Hauptflächen über die Seiten herabziehenden Rinnen in rechtem Winkel, so dass ein sehr zierliches Gitter entsteht (Taf. II, Fig. 3 c). Die knopfförmigen Erhöhungen, welche an den Kreuzungsstellen zweier Rinnen entstehen, sind glänzend dunkelbraun, während die Zwischenräume und Vertiefungen matt ziegelroth gefärbt sind; die in Bildung begriffenen Kämme der Hauptflächen sind etwas dunkler als die Vertiefungen, zeigen jedoch keinen Glanz wie die seitlichen Erhöhungen und sind auch von hellerer Farbe als diese.

Welches von den beiden Systemen das jüngere ist, ist nicht zu sagen; im Gegentheile sprechen alle Anzeichen dafür, dass die von zwei Richtungen wirkende Zerstörung entweder gleichzeitig vor sich gieng, oder dass die Richtung des Sandgebläses in kurzen Zwischenräumen wechselte, so dass keine von den beiden Rinnenbildungen an den Seitenflächen ein Uebergewicht über die senkrecht zu ihr stehende erlangen konnte. Die Vertiefungen der Seitenflächen erscheinen nämlich aus aneinandergereihten viereckigen Gruben zusammengesetzt, eine Erscheinung, die unmöglich bei dem Ueberwiegen der einen oder anderen Richtung des Gebläses eintreten kann.

Das Gewicht dieses Gerölles beträgt 19·834 g, das spec. Gewicht = 2·853.

Die übrigen, mir von Herrn Professor Massart übergebenen Gerölle aus der Sahara zeigen dieselben Erscheinungen, wie sie schon wiederholt beschrieben worden sind, und ich glaube daher, dieselben mit Stillschweigen übergehen zu können. Bemerkenswert ist nur die Oberfläche eines gelblichen krystallinischen Kalksteines, welche das Anfangsstadium der dunklen Schutzrinde erkennen lässt; über die rauhe, ockergelb gefärbte Oberfläche sind zahlreiche, sehr feine schwarze Punkte verstreut, welche mit freiem Auge kaum sichtbar sind. Unter der Lupe sieht die Gesteinsoberfläche wie von Nadelstichen durchlöchert aus, man erkennt jedoch, dass es schwarze kleine Flecken sind, welche vorwiegend in den feingrubigen Vertiefungen der Oberfläche haften und jedenfalls als die Anfänge der schwarzen Schutzrinde zu betrachten sind, welche schliesslich den ganzen Stein überzieht. Im Bruche ist der Kalkstein vollkommen

gleichmässig gefärbt, es kann also die schwarze Punktirung der Oberfläche nicht etwa auf eine ähnliche Färbung des ganzen Gesteines zurückgeführt werden. J. Walther bildet weiter vorge-schrittene Stadien der Berindung ab¹⁾.

Entstehung der Sternsculpturen.

Wir wissen, dass der Sand der Wüste in beständiger Bewegung ist und sowohl vom Winde in die Luft gehoben und weitergeführt als auch auf dem Boden in Strömen fortgewälzt wird; bei Staubwind werden sogar handgrosse Steine über den Sand gerollt. (Rohlf's, Die Sahara oder die grosse Wüste. Ausland 1872, pag. 1112.) Nach der Darstellung Walther's (l. c. pag. 474) bilden die auf dem Boden liegenden Kiesel ebenso viele Hindernisse und Widerstände für das Sandgerinne; die Sandströme theilen sich vor einem grösseren Kiesel, um sich hinter demselben wieder zu vereinigen. Durch diese Thätigkeit des bewegten Wüstensandes entstehen die bekannten Facettengeschiebe und die theils parallelen, theils unregelmässigen Rillen neben den anderen wiederholt beschriebenen Erosionsformen.

Nicht so einfach sind jedoch die regelmässigen, sternförmigen Sculpturen auf den beiden Flachseiten eines Gerölles zu erklären.

Zu allererst ist man versucht, die bekannten Karrenbildungen zum Vergleiche heranzuziehen, welche natürlich sehr häufig eine radiale Anordnung zeigen und auch in der Art der Verzweigung bei ihrem Divergiren eine gewisse Aehnlichkeit aufweisen. Herr Professor V. Uhlig hatte die Güte, mir ein Handstück eines neocomen Fleckenmergels vom Südabhang der „Fleischbänke“ in den Béler Kalkalpen (Hohe Tatra) zum Vergleiche mit den algerischen Wüstengeröllen zu überlassen. Dieses Stück ist vom grossen Interesse, da die Schärfe der Sculptur, die Tiefe und Breite der Rinnen annähernd dieselbe ist, wie auf dem Gerölle von Laghouat (Beispiel 1). Dennoch ist hier die Einwirkung des rieselnden Wassers nicht zu verkennen; härtere Gesteinsadern bedingen wesentlich die Sculpturform, was bei den Wüstengeröllen mit Sternzeichnung nicht der Fall ist.

Allerdings glaubt A. Baltzer (l. c. pag. 33), dass die klimatischen Verhältnisse der Wüste bei Biskra nicht derartige seien,

¹⁾ J. Walther: Die Denudation in der Wüste. Taf. VI, pag. 453.

Neuestens betrachtet G. Linck (Ueber die dunkelen Rinden der Gesteine der Wüsten, Jenaische Zeitschrift, XXXV. Bd., Jena 1901, pag. 329—336) die Rinde der Wüstengesteine als Product der chemischen Verwitterung unter den besonderen Verhältnissen des tropischen Wüstenklimas und zerlegt die Vorgänge folgendermassen:

1. Imprägnation der Gesteinsoberfläche mit Thauwasser;
2. Auflösung und Zersetzung vorhandener Mineralien unter der erhöhten Wüstentemperatur;
3. Oxydation der Lösung unter Beihilfe der im Wasser gelösten salzigen Bestandtheile der Luft (salpetersaures Ammoniak und Chlornatrium);
4. Anstrocknung und Krystallisation der neugebildeten Verbindungen durch die Sonne.

um die Möglichkeit von Wassererosion unbedingt auszuschliessen. „Rillen, Striemen, Sculptur etc. sind also vorwiegend durch rieselnden und aufprallenden Sand, untergeordnet durch Structur des Gesteins und Wasserwirkung bedingt und beeinflusst“ (l. c. pag. 29). Auch G. Linck (l. c. pag. 333) ist der Meinung, dass das Wasser, und zwar der Thau eine Hauptbedingung für die Bildung der dunklen Schutzrinne ist, eine Ansicht, welcher sich auch Professor J. Walther gegenwärtig anschliesst. Jedenfalls scheint die Wassererosion in der Wüste nicht die geringe Rolle zu spielen, welche man ihr gewöhnlich beilegt; zu der Entstehung von radialstrahligen Karren ist jedoch eine durch lange Zeit andauernde lösende Thätigkeit des Wassers erforderlich. In der Wüste aber verschwindet diese Wassererosion vor der weitaus stärkeren Wind- und Sanderosion und es ist kaum denkbar, dass die von den abfliessenden Wassertropfen entstehenden Furchen für die Abströmungslinien des heftig angeblasenen Sandes massgebend sein sollten. Im besten Falle lässt sich eine mäandrische Sculptur auf solche Weise entstanden denken, nie aber eine regelmässige Sternzeichnung. Dazu kommt die gleichartige Bearbeitung auf beiden Seiten der Gerölle, sowie der Zusammenhang der Zeichnungen auf der ganzen Oberfläche der Gerölle, eine Erscheinung, die sich durch Wassererosion nicht erklären lässt und zweifellos auf anderen Vorgängen beruhen muss.

Der Angriffspunkt jener Kraft, welche die Zerstörung der Gesteinsoberfläche bewirkt, befindet sich offenbar bei den drei vorliegenden Geröllen nahezu im Mittelpunkte der grössten Flächen und scheint durch die Lage des Schwerpunktes entscheidend beeinflusst zu werden; besonders deutlich ist dies an dem ersten Gerölle zu beobachten. Die radiale Anordnung der Rippen ist zweifellos nicht auf dem Vorhandensein härterer Gesteinsadern begründet, wie dies für einen Theil der parallel gestriemten Gerölle gilt und auch von den verschiedenen Autoren, welche sich mit dieser Frage beschäftigt haben, angenommen wird (J. Walther, l. c. Fig. 9, pag. 437; A. Baltzer, l. c. Taf. III, Fig. 18, pag. 29, Fussnote; F. E. Suess, l. c., Fig. 48, pag. 342). Auch jene radialen Insolationssprünge, von welchen J. Walther und A. Baltzer sprechen¹⁾ und welche neben den concentrischen Abschuppungsringen die Zertrümmerung der Wüstengerölle beschleunigen, sind nicht für die Entstehung der Sternsculpturen massgebend, da man an dem Beispiele 2 und 3 die Unabhängigkeit der relativ regelmässigen Sternzeichnung von den sich unregelmässig kreuzenden Insolationssprüngen deutlich beobachten kann.

Inwieferne die Insolationssprünge oder Gesteinsadern für die Ausbildung der Oberflächensculptur von Bedeutung sind, lehrt die von V. Goldschmidt²⁾ (Taf. IV, Fig. 8, pag. 135) gegebene Abbildung und Beschreibung eines Kalksteines von Biskra. Nach Gold-

¹⁾ J. Walther: l. c. pag. 365 und 450; A. Baltzer, l. c. pag. 29, Taf. III, Fig. 18 und 14.

²⁾ V. Goldschmidt: Ueber Wüstensteine und Meteoriten. Tschermak's Mittheilungen, XIV. Band, 1895, pag. 131—141, Taf. III—IV.

schmidt entstehen diese cascadenartig angeordneten rundlichen Vertiefungen auf folgende Weise: „Stösst ein Luftstrom gegen eine Wand, so bilden sich Wirbel, die Theile aus der Wand herauszuführen und Löcher zu bohren streben. Vermehrt wird die Bohrwirkung durch feste Theile, die der Luftstrom mitführt, besonders wenn solche scharfkantig und härter sind als die Wand. So arbeitet der mit Sand beladene Wüstenwind gegen die Gesteine der Gebäude und Felsen, so auch gegen die kleineren, am Boden liegenden Steine. Besonders heftig bohrt sich der Quarzsand in die Kalksteine. Prof. Becke gebrauchte im Gespräch hierüber den treffenden Ausdruck »Frontangriff«.“

Wenn wir uns vorstellen, dass ein Luftstrom, welcher mit Sand beladen ist, gegen eine kugelige Fläche wirkt und wenn die Richtung des Angriffes durch das Centrum der Kugel geht, so wird sich die Oberfläche der kugeligen Fläche (etwa bei einem Kalksteine) mit radialstrahligen Rinnen bedecken, welche die Abströmungslinien des Sandes und der herausgeblasenen Gesteinstheilchen vorstellen und in jenem Punkte der Kugeloberfläche zusammentreffen, welcher dem Ausgangspunkte des Gebläses am nächsten liegt. In diesem Falle werden sich in der Mitte der Sternzeichnung Wirbel bilden, die entfernteren Partien der Kugeloberfläche aber werden sich mit tieferen Rinnen bedecken.

Ändert dagegen der Luftstrom seine Richtung, so dass dieselbe nicht mehr durch das Centrum des angenommenen kugeligen Gerölles geht, so wird an jener Stelle, die früher den Mittelpunkt der Sternzeichnung gebildet hat, das Sandgebläse in anderem Sinne wirken und kein Stern entstehen, sondern der Sand wird in einem einseitigen, auf der Leeseite gelegenen Rinnebüschel abgeblasen.

Für ebene Flächen gilt in dem Falle, dass der Luftstrom senkrecht auf die Fläche wirkt, dasselbe wie für Kugelflächen, welche von einem Luftstrom getroffen werden, dessen Richtung durch das Kugelcentrum geht; es entsteht eine regelmässige Sternzeichnung. Anders aber, wenn die ebene Fläche in schräger Richtung getroffen wird: dann entstehen parallele Rinnen, wie wir sie z. B. an dem von F. E. Suess (l. c. pag. 342, Fig. 48) abgebildeten Gesteinsstücke wahrnehmen, ohne dass wir unbedingt das Vorhandensein härterer Gesteinsadern anzunehmen brauchen.

Daraus geht hervor, dass die Sternzeichnung der flach gewölbten Seiten eines Wüstengerölles unter der Voraussetzung, dass das Gerölle ruhig liegt, nur dann möglich ist, wenn das Sandgebläse gegen das Centrum der von der Geröllfläche gebildeten Kugelcalotte wirkt. Erfolgt dagegen das Gebläse in schräger Richtung, so entstehen mit der Zeit die bekannten Facettengerölle, deren Flächen manchmal vollkommen glatt und mit einer glänzenden Schutzrinde bedeckt erscheinen, während in anderen Fällen Rillen auf den Flächen den Weg des Sandgebläses bezeichnen.

Bei dieser Art der Sanderosion kann sich ebenfalls eine radialstrahlige Sculptur bilden und es liegt mir ein Dreikanter vor, welcher diese Erscheinung in ausgezeichneter Weise zeigt (Taf. II, Fig. 4). Derselbe ist von Dr. F. Kossmat auf der von der k. Akademie

der Wissenschaften entsendeten Expedition nach Südarabien bei der Rückkehr von 'Azzân auf der Schotterebene zwischen Gol eš Šeh und 'Ain ba Maabet gesammelt worden und wurde mir von Dr. Kossamat in freundschaftlichster Weise zur Verfügung gestellt.

Die grösste Facette des Dreikanter, welcher aus einem eocänen Kalksteine mit vielen Foraminiferen besteht, zeigt eine grosse Anzahl von Rinnen, welche sich mehrmals verzweigen, im ganzen aber parallel sind. An dem Längskamme schneiden diese Rinnen scharf ab; jenseits dieses Kammes, also auf der zweitgrössten Facette, sind zwei Rinnensysteme vorhanden. Das eine ist am stärksten längs der Kante entwickelt und dieser parallel, steht also fast senkrecht auf die Richtung der Rinnen auf der grössten Facette; das zweite System bildet eine Reihe von Strahlen, welche nicht parallel verlaufen, sondern, der Wölbung des Gerölles angepasst, radial vom Längskamme gegen den Rand des Dreikanter herabziehen. Durch das Kreuzen der beiden Systeme entsteht in der Nähe der Längskante eine gitterartige Sculptur. Wir sehen hier, wie sich die Wirkung des Sandgebläses auf einer offenbar durch längere Zeit unbeweglich gebliebenen Gesteinsoberfläche äussert und wie verschieden diese Art der Erosion von jener ist, welche wir an den drei Geröllen mit sternförmigen Sculpturen kennen gelernt haben.

Der Dreikanter aus dem südarabischen Sserir ist offenbar von einem grösseren Kalkstücke infolge der Insolation abgesplittert, da die Unterseite eine noch fast frische Sprungfläche zeigt, welche nur an den Rändern bereits von einer hellgelben, lackglänzenden Schutzrinde überzogen ist.

Kleinere Gesteinssplitter, die infolge der Insolation und Deflation von dem anstehenden Felsen abgetrennt werden, verändern jedoch bei den häufigen Sandstürmen der Wüste wiederholt ihre Lage und sind als wirkliche Gerölle zu bezeichnen. Nach der oben citirten Mittheilung von Rohlf's wissen wir, dass bis handgrosse Steine über den Sand gerollt werden, und es tritt nun die Frage auf, ob nicht die eigenthümlichen, sternförmigen Sculpturen eine Folge der geringen Grösse des Gerölles und somit der rollenden Bewegung auf dem Wüstensande sind, wobei naturgemäss andere Erosionssculpturen als bei ruhig liegenden Steinen entstehen müssen.

Wechselt ein derartiges Wüstengerölle in kürzeren Zwischenräumen seine Lage, so wird die Färbung und Schärfe der Sculptur an allen Seiten nahezu gleich stark sein; ein Unterschied wird aber dann wahrzunehmen sein, wenn die Veränderung der Lage in grösseren Zwischenräumen erfolgt.

Das letztere ist beispielsweise bei dem an zweiter Stelle beschriebenen Gerölle von Biskra der Fall, wo auf der Mitte der Unterseite der Wüstensand zu einem weichen Sandsteine verkittet ist, eine Erscheinung, die sich auf die auflösende und absetzende Thätigkeit des kohlenensäurehaltigen Thauwassers zurückführen lässt. Ferner steht die Schärfe der Sculptur wesentlich hinter jener der Oberseite zurück und, wie wir schon oben bei der Beschreibung erwähnt haben, ist auch die Färbung der Ober- und Unterseite ganz verschieden. Auch ist die eine Hälfte des Randes zu einer scharfen

Kante zugeschliffen, welche die beiderseitigen Sternzeichnungen trennt, so dass dieselben nur auf einer Seite zusammenhängen.

Bei dem Gerölle von Laghouat (Beispiel 1) ist aber keine derartige Scheidung einer jüngeren und älteren Sculptur wahrzunehmen, da beide Flachseiten gleich scharfe Kämme und Rinnen besitzen, beide Seiten vollkommen gleich gefärbt sind und längs des ganzen Randes die Sternzeichnungen beider Seiten zusammenhängen. Es müssen sonach alle Seiten dieses Gerölles gleichzeitig oder sehr rasch hintereinander dem zerstörenden Vorgange ausgesetzt gewesen sein.

Das letztere kann der Fall sein, wenn das auf dem Sande liegende Gerölle vom Sandsturme über die Sandfläche geschleift wird, wobei bald die untere, bald die obere Seite dem Sandgebläse ausgesetzt ist; das erstere aber — eine gleichzeitige Bearbeitung aller Seiten des Gerölles — kann nur eintreten, wenn dasselbe vom Sturme in die Höhe gehoben und fortgetragen wird, wie dies bei der geringen Grösse der Gerölle leicht möglich erscheint.

Es entsteht aber nun die Frage, ob auf einem bewegten Gerölle mit gewölbter oder flachseitiger Oberfläche eine sternförmige Sculptur entstehen kann.

Wir haben gesehen, dass auf einem unbewegten Gerölle eine regelmässige Sternzeichnung nur dann entsteht, wenn der Luftstrom, beziehungsweise das Sandgebläse bei einer gewölbten Fläche oder Kugelcalotte in der Richtung des Centrums wirkt, bei einer ebenen Fläche aber dann, wenn die Richtung des Sandgebläses senkrecht auf die Fläche steht.

In welcher Weise sich die Oberflächensculpturen bei rotirenden Körpern gestalten, haben sehr lehrreiche Versuche gezeigt, welche F. E. Suess an Colophoniumkuchen ausgeführt hat, wobei ein Dampfstrahl von ca. 8 Atmosphären und ca. 300° C in verschiedenen Richtungen und aus verschiedener Entfernung auf mehrere mit wechselnder Geschwindigkeit gedrehte Scheiben einwirkte (l. c. pag. 347—356).

Da es wahrscheinlich schien, dass die Moldavite nicht einem flächenweisen Angriffe ausgesetzt waren, sondern den Luftraum mit der Kante voran in fortwährender Rotation wie ein Discus durchflogen, so wurde geprüft, ob ein in sehr schräger Richtung auf eine rotirende Colophoniumscheibe wirkender Luftstrom eine Sternzeichnung zu erzeugen im Stande sei. Sowohl in diesem Falle als auch bei dem Versuche, den Dampfstrahl parallel zu den Hauptflächen eines rotirenden linsenförmigen Körpers wirken zu lassen, entstanden Sternzeichnungen auf den Flächen, und zwar war die Zeichnung am Rande gröber und deutlicher in der radialstrahligen Anordnung und gegen die Mitte zu bildete die Schmelzkante ein unregelmässiges Netzwerk. Genau so verhielten sich halbkugelige Körper, bei welchen der Angriff parallel zu der ebenen Fläche erfolgte: sowohl auf dieser wie auf der Kugelfläche entstand eine Sternzeichnung mit senkrechtem Verlauf der Rippen gegen die Kante und vollkommen gleichartiger Ausbildung der Sculptur auf beiderlei Flächen.

Diese Versuche erklären auf das vollkommenste die Entstehung der beiderseitigen Sternsculpturen auf den Saharageröllen, von denen wir das erstgenannte als Typus aufgestellt haben. Wir konnten die gleichartige Schärfe der Sculptur auf beiden Seiten, die Regelmässigkeit der Sterne, das Fortsetzen der Rinnen und Kämme in senkrechter Richtung über den Rand des Gerölles, sowie die ganz gleichartige Färbung und Schutzrinde auf allen Seiten nicht durch ein einförmiges, auf das ruhende Gesteinsstück wirkendes Sandgebläse erklären. Wir haben gesehen, dass zur Entstehung von Sternzeichnungen auf kugeligen oder ebenen Flächen bei ruhiger Lage eine ganz bestimmte Richtung des Gebläses nothwendig ist, und dass bei einem langsam nach einander stattfindenden Richtungswechsel Facettengeschleife oder Mäandersculpturen, nie aber Sternzeichnungen entstehen können.

Durch die Suess'schen Versuche über die Moldavitsculpturen ist aber auch die Erklärung dieser sonderbaren Sculpturen auf Wüstengeröllen möglich geworden. Wir haben früher erwähnt, dass der Transport kleinerer Steine bei Wüstenstürmen eine häufige Erscheinung ist und dass Steine bis zu Faustgrösse über den Sand gerollt werden. Wird nun ein kleinerer Stein von einem derartigen heftigen Wirbelsturme erfasst und in die Luft geschleudert, so beginnt er zu rotiren. Für einen rotirenden Körper aber bleibt es sich gleich, in welcher Richtung und auf welche Seite die erodirende Kraft wirkt, sie kann sogar rasch nacheinander wechseln und es wird dennoch auf beiden Flächen eines linsenförmigen Gesteinsstückes eine Sternzeichnung entstehen. Ja, wir finden noch eine weitere Analogie zwischen der vom Dampfstrahle angeblasenen Colophoniumplatte und den sternförmig gezeichneten Wüstengeröllen: die Zeichnung wird am Rande gröber und deutlicher in der radialen Anordnung und in der Mitte entsteht ein unregelmässiges Netzwerk. Auch hier wie dort setzen die Rinnen senkrecht über die Ränder.

Wir kommen also zu dem Ergebnisse, dass die mit Sternzeichnungen bedeckten Wüstengerölle wiederholt Sandstürmen ausgesetzt waren, welche die relativ kleinen Gerölle in die Höhe hoben, wobei sie in Rotation versetzt und von dem feinen Wüstensande auf ihrer gesammten Oberfläche mit Rinnen in Form einer doppelten Sternzeichnung auf beiden Hauptflächen bedeckt wurden.

Es ist somit nachgewiesen, dass auch auf der Erde Vorgänge existiren, welche im Stande sind, Sculpturen zu erzeugen, wie solche einer Gruppe der „Tektite“ eigenthümlich sind, und dass diese Erscheinung ebenfalls ausschliesslich durch ein rein dynamisches Moment bedingt wird.

Vergleich der Wüstengerölle mit den Moldaviten.

Schon V. Goldschmidt war auf die Aehnlichkeit zwischen gewissen Wüstensteinen und Meteoriten aufmerksam geworden und hatte eine Reihe analoger Erscheinungen hervorgehoben. An den

ihm zur Verfügung stehenden Objecten fand er folgende übereinstimmende Oberflächenbildungen¹⁾:

1. Zerfall in eckige Stücke;
2. Bildung von Nöpfchen durch Auspringen von Schalen;
3. Bildung von Vertiefungen durch bohrende Wirbel;
4. Rundung der Ecken und Kanten, Poliren;
5. Rieselung durch abfließenden Sand, bei den Meteoriten durch Abblasen des Glases;
6. wechselnde Bearbeitung von verschiedenen Seiten (Frontwechsel);
7. Bildung der schwarzen Rinde.

Es ist sehr bemerkenswert, dass eine Reihe ähnlicher Erscheinungen bei Meteoriten und Wüstensteinen zu beobachten ist, wenn gleich die Entstehung der gleichartigen Oberflächensculpturen eine ganz verschiedene ist. In jüngster Zeit sind die Moldavite, welche lange Zeit als *Problematica* gegolten haben, in die Reihe der kosmischen Massen gestellt worden, und vor allem ist neben den Arbeiten von R. D. M. Verbeek²⁾, V. Streich³⁾ und A. W. Stelzner⁴⁾ die Abhandlung von F. E. Suess⁵⁾ über den kosmischen Ursprung der Moldavite als die eingehendste zu nennen, die bisher über diesen Gegenstand vorliegt. Was uns hier am meisten interessirt, ist das Vorhandensein von Sternsculpturen auf den beiden Flächen flach-scheibenförmiger Körper und es ist geradezu überraschend, wie weit diese Sculpturformen mit jenen übereinstimmen, die auf den Geröllen aus der algerischen Sahara zu beobachten sind.

Unter den Formentypen der Moldavite sind es in erster Reihe die von F. E. Suess als „selbständige Körper“ ausgeschiedenen Formen, welche eine radialstrahlige Anordnung der Oberflächenfurchung erkennen lassen. So gibt dem Stücke (Taf. II, Fig. 1), welches Suess als Beispiel Nr. 8 anführt, die deutlich radialstrahlige Anordnung der Kerben das bezeichnende Gepräge; das Centrum fällt nicht genau mit dem Mittelpunkte der Scheibe zusammen. Gegen den Rand zu wird die radiale Stellung der Furchen besonders deutlich und sie greifen am Aequator des Stückes von beiden Seiten fingerförmig ineinander und wo sie den Aequator selbst schneiden, stehen sie senkrecht zu diesem und parallel zur Axe des Stückes. Auf der zweiten Calotte ist der Mittelpunkt des Sternsystems in entgegengesetzter Richtung verschoben.

Das Bestreben der Furchen, die Aequatorialzone in senkrechter Richtung zu durchschneiden, finden wir auch bei dem nächsten Beispiele Nr. 9 (Taf. II, Fig. 2 *a—c*, pag. 269).

¹⁾ V. Goldschmidt: Ueber Wüstensteine und Meteoriten, l. c. pag. 132.

²⁾ R. D. M. Verbeek: *Glaskogels van Billiton. Jaarboek v. h. Mijnwesen in Nederlansh Oostindie. Amsterdam, XX. Jahrg., 1897, pag. 235.*

³⁾ V. Streich: *Transact. Roy. Soc. South Australia. Adelaide, Vol. XVI, Pt. II, pag. 84 und 106.*

⁴⁾ A. W. Stelzner: Ueber eigenthümliche Obsidianbomben aus Australien. *Zeitschr. d. Deutsch. geol. Ges. 1893, S. 299.*

⁵⁾ F. E. Suess: Die Herkunft der Moldavite und verwandter Gläser. *Jahrb. d. k. k. geol. R.-A. 1900, L. Band, pag. 198.*

Das in Fig. 15 abgebildete Stück von Mohelno ist mit Furchen bedeckt, welche ebenso wie bei dem Beispiele 9 angeordnet sind; „im centralen Theile der Scheibe labyrinthartig durcheinanderlaufend, oft auch streckenweise gebogen, graben sie sich, gegen den Rand zu strahlenförmig auseinanderstrebend, besonders tief ein. Am Rande stehen sie senkrecht man sieht schon hier, dass die Asymmetrie der Gestalt eine Störung der Regelmässigkeit der Sculptur zur Folge hat.“

Die gleiche radialstrahlige Anordnung der Furchen findet sich auch bei drei weiteren Gruppen, von denen Suess die Beispiele 10—12 anführt. Sehr beachtenswert ist die Zone mit paralleler Furchung bei dem Beispiele 12; „die Zone erstreckt sich gürtelförmig um das ganze Stück, von Pol zu Pol, in gewissem Sinne vergleichbar der Flächenzone eines Krystalles. Sie entspricht in sculptureller Hinsicht der äquatorialen Zone der scheibenförmigen Stücke und verbindet stets die Endpunkte der beiden grössten Axen eines Stückes.“

Daraus ergibt sich nach F. E. Suess folgende Regel (l. c. pag. 274): „Die Furchen folgen in ihrer Längsstreckung auf den convexen Flächen der stärksten Krümmung und auf den concaven Flächen in entgegengesetzter Weise der schwächsten Krümmung.“ Daraus folgt naturgemäss, dass an den Rändern flachscheibenförmiger Stücke oder bei seitlich comprimierten Ellipsoiden an der steileren Böschung die Furchen in der Richtung der stärksten Wölbung gestreckt sind, wodurch eine radialstrahlige Zeichnung, ein Stern entsteht.

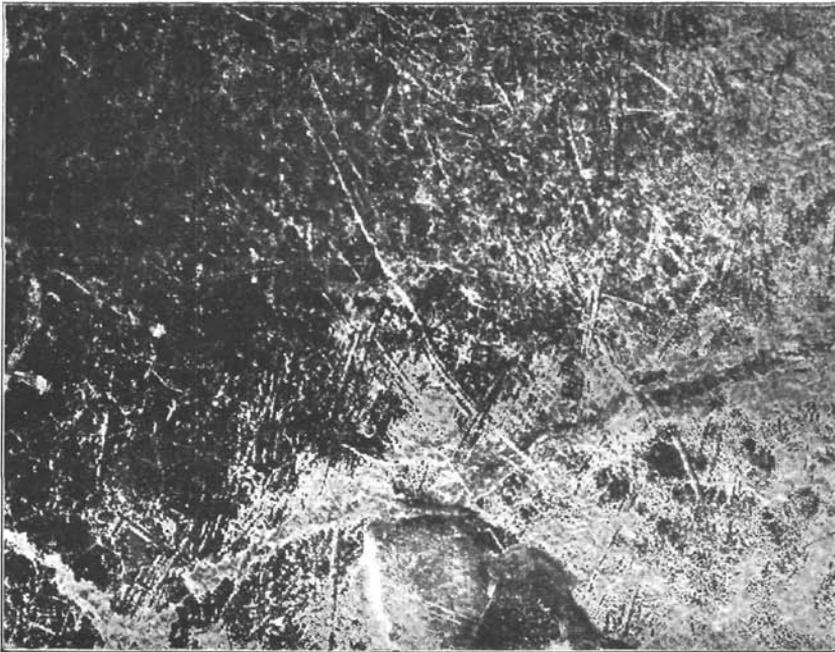
Die angeführten Beispiele werden genügen, um die vollständige Uebereinstimmung in der Anlage des Furchensternes auf Moldaviten einerseits und auf Wüstengeröllen andererseits darzuthun. Bei beiden Gruppen folgen die Furchen auf convexen Flächen der stärksten Krümmung (Gerölle von Laghouat, Beispiel 1), auf concaven Flächen der schwächsten Krümmung (Gerölle von Biskra, Beispiel 3). Daher laufen auch die Furchen senkrecht über die Ränder von flachscheibenförmigen Geröllen und die Zone, in welcher die Furchen parallel laufen, erstreckt sich gürtelförmig um das ganze Stück und verbindet die Endpunkte der grössten Axen desselben (F. E. Suess, Beispiel 12, pag. 273, unser Beispiel 1). Die Sculptur ist in den randlichen Partien am schärfsten ausgeprägt und deutlich radialstrahlig, in der Mitte der Flächen bildet sie in der Regel eine unregelmässige, netzförmige Zeichnung.

Die Furchung und Kerbung der Moldavitenoberfläche, insbesondere die Sternform, ist nach Suess höchst bezeichnend. Die Sculptur steht unzweifelhaft mit der Herkunft der Stücke im Zusammenhange und bildet nach der Ansicht von Suess den entscheidenden Beweisgrund für den ausserirdischen Ursprung (l. c. pag. 373).

Das Vorhandensein der Sternsculpturen auf den Wüstengeröllen ist zwar ein Beweis, dass die Sternformen nicht auf Körper kosmischen Ursprunges beschränkt sind, ist aber meiner Ansicht nach kein Gegenbeweis für die Suess'sche Theorie, sondern vielmehr

eine Bestätigung derselben. Wir haben die Entstehung der Doppelsterne auf den Wüstengeröllen nicht durch Wassererosion und Sandgebläse in der Richtung von radialen Insolationssprüngen erklären können, und für die Entstehung der Sternsculptur auf der Oberfläche eines ruhenden Gerölles ist es notwendig, dass die erodirende Kraft in einer mathematisch genau bestimmten Richtung wirkt. Ausserdem wäre auch im letzten Falle die Entstehung der Doppelsterne ganz unverständlich. Wir mussten sohin zu der Annahme gelangen, dass das Sandgebläse zwar der ausschliesslich erodirende Factor ist,

Fig. 1.



Glasscherben aus den Dünen von Coxyde in Belgien mit Sanderosionen.

Vergrößerung: 3:1.

dass aber die Gerölle rotirten, wodurch allein die Entstehung der Doppelsterne und die gleichmässige Ausbildung der Sculptur auf der ganzen Oberfläche verständlich erscheinen.

Die Wüstenerosion, beziehungsweise das Sandgebläse kann ohne Rotation eines Gerölles auf dasselbe niemals eine gleiche Wirkung wie bei den vorliegenden Saharageröllen oder den Moldaviten hervorbringen. Wie verschieden die Oberfläche angewitterter Gläser von der Oberfläche der Moldaviten ist, hat schon Suess gezeigt (l. c. pag. 252—254, Fig. 5); ebenso ist die Wirkung angeblasenen Sandes auf die Oberfläche eines Glases ganz verschieden.

Herr Professor J. Massart sammelte in den Dünen von Coxyde in Belgien Glasscherben, um die Wirkung des schleifenden Sandes auf Glas zu prüfen und Vergleiche mit den oben beschriebenen Wüstengeröllen anzustellen. Mehrere Scherben eines grünen Glases (Flaschenglases) zeigen eine Unzahl von feinen rundlichen Grübchen neben grösseren ovalen, schüsselförmigen Vertiefungen, welche als Verwitterungserscheinungen anzusehen sind. Zwischen diesen grubigen Vertiefungen oder über dieselben hinweglaufend, bedecken zahlreiche geradlinige Furchen die Glasplatte und es ist kein Zweifel, dass dieselben als die Spuren des fegenden Sandes der Dünen zu betrachten sind (vergl. vorstehende Fig. 1).

Die Anordnung dieser Kratzer hat nichts mit der regelmässigen Sculptur der doppelsternigen Wüstengerölle oder Moldavite gemein. Selten laufen mehrere parallel, in der Regel schneiden sie sich ganz unregelmässig und selbst an den gewölbtesten Stellen, z. B. an dem Rande eines Glasscherbens, laufen einige Furchen parallel zum Rande und stehen, nicht wie bei den Wüstengeröllen und Moldaviten, senkrecht auf dem stärker gewölbten Rande. Mit einem Worte, es lässt sich aus der Art der Anordnung dieser Streifen kein Gesetz ableiten; sie sind durchaus unregelmässig vertheilt und mit den Oberflächensculpturen der Moldavite und Wüstengerölle ist keine Aehnlichkeit vorhanden.

Es ist kein Zweifel, dass die Oberflächensculptur der Moldavite nicht auf Verwitterung oder Sanderosion zurückgeführt werden kann. Regelmässige Sternzeichnungen, wie wir sie von den Moldaviten und nunmehr auch von Wüstengeröllen kennen, können nur durch den Luftwiderstand einerseits und die Einwirkung des mit Sand beladenen Wüstensturmes andererseits in Verbindung mit der Rotation der betreffenden Körper entstehen, mit anderen Worten, die Entstehung der doppelten Furchensterne ist durch ein rein dynamisches Moment bedingt.

Das Vorhandensein der Moldavitsculpturen auf Wüstengeröllen verleitet allerdings unwillkürlich zu dem Schlusse, dass wir in den Moldaviten Glaskörper vor uns haben, welche längere Zeit einem Wüstenklima ausgesetzt gewesen sind. Die übereinstimmende Grösse der „selbständigen“ Moldavitkörper und der vorliegenden Wüstengerölle würde dafür sprechen und die Lagerung in Schichten, welche möglicherweise sämmtlich dem Diluvium zufallen, ebenfalls eine derartige Annahme nicht ausschliessen. Auch die Härte der Moldavite, welche nach den Untersuchungen A. Rosiwal's¹⁾ circa 30⁰/₀₀ Korundhärten beträgt, während jene des Quarzes 117⁰/₀₀ K ausmacht, würde die Erosion durch ein Quarzsandgebläse ermöglichen.

Dennoch bliebe auch bei der Annahme, dass die sternförmigen Furchen auf den Moldaviten auf die Rotation in Wüstenstürmen zurückzuführen sind, die Herkunft der Tektite ins Dunkel gehüllt, da sie schwerlich als Auswürflinge von irdischen Vulkanen zu betrachten

¹⁾ Mittheilung an F. E. Suess, Jahrb. d. k. k. geol. R.-A. 1900, L. Bd., pag. 246.

sind. F. E. Suess hat ausführlich begründet, dass diese Annahme sehr geringe Wahrscheinlichkeit besitzt (l. c. pag. 362—366).

Mit demselben Rechte könnte man auch die Uebereinstimmung der Oberflächensculpturen gewisser Meteoriten und Wüstensteine als einen Beweis für den tellurischen Ursprung der Meteoriten ins Treffen führen und aus diesem Grunde kann der Hypothese, welche den kosmischen Ursprung der Moldavite vertheidigt, der Boden keineswegs entzogen werden.

Tafel II.

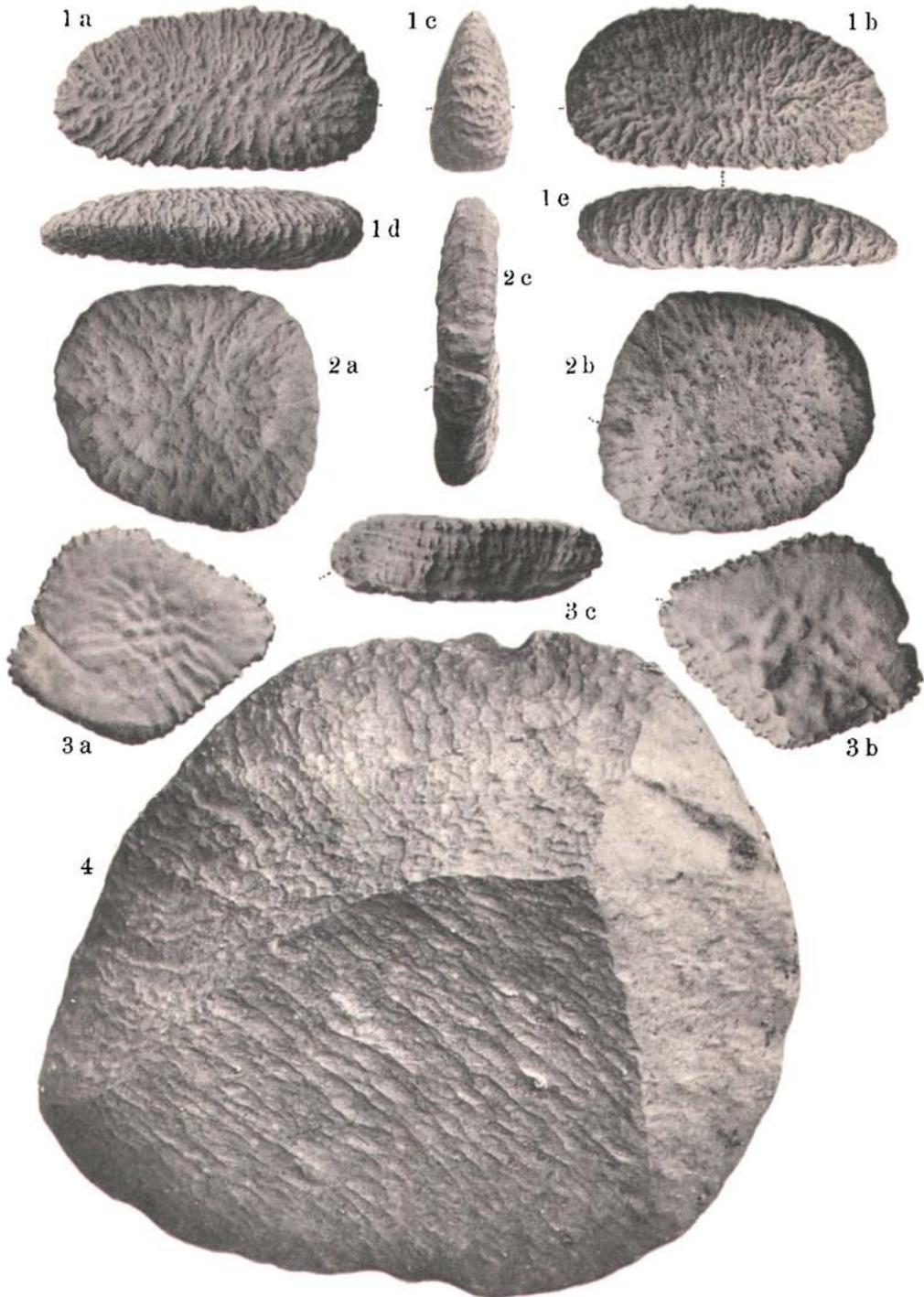
Ueber sternförmige Erosionssculpturen auf Wüstengeröllen.



Erklärung zu Tafel II.

- Fig. 1 *a—e*. Sandsteingerölle aus der algierischen Sahara (Oase Laghouat), gesammelt von Prof. J. Massart 1898.
- Fig. 2 *a—c*. Sandsteingerölle aus der algierischen Sahara (bei Biskra), gesammelt von Prof. J. Massart 1898.
- Fig. 3 *a—c*. Sandsteingerölle aus der algierischen Sahara (bei Biskra), gesammelt von Prof. J. Massart 1898.
- Fig. 4. Dreikanter (eocäner Kalkstein) von der Schotterebene zwischen Gol es Sch^h und 'Ain ba Maabet (Südarabien), gesammelt von Dr. F. Kossmat 1900.

(Alle Figuren in natürlicher Grösse.)



Lichtdruck von Max Jaffé, Wien.

Jahrbuch der k. k. geologischen Reichsanstalt, Bd. LI, 1901.

Verlag der k. k. geologischen Reichsanstalt, Wien, III., Rasumoffskygasse 23.