# Sitzungsberichte

der

## mathematisch-physikalischen Klasse

der

## K. B. Akademie der Wissenschaften

zu München.

Band XXXVII. Jahrgang 1907.

LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CHICAGO

**München**
Verlag der K. B. Akademie der Wissenschaften
1908.

In Kommission des G. Franz'schen Verlags (J. Roth).

Digitized by Google

# Ein Naturmodell der Dünenbildung.

Von **Siegmund Günther.**

(*Eingelaufen 8. Juni.*)

Die Lehre von den Kontinentaldünen, die scheinbar in einem gewissen Gegensatze zu den weit länger bekannten und eingehender studierten Küstendünen stehen, ist erst in neuerer Zeit zum Gegenstande tiefer eindringender Betrachtung gemacht worden. F. v. Richthofen[1]) und N. A. Sokolów[2]) haben das Beobachtungsmaterial, welches überwiegend zentralasiatischen, zum geringeren Teile auch afrikanischen Gebieten entstammt, kritisch gesichtet und daraus Theorien abgeleitet, welche im wesentlichen auch von der gesamten Wissenschaft angenommen wurden, und zwar mit gutem Grunde. Fassen wir, minder belangreiche Momente außer acht lassend, die besonders hervortretenden Gesichtspunkte zusammen, so kann das wohl in einer These geschehen, welcher der folgende Wortlaut zu geben wäre: Dem für die Meeresküsten charakteristischen Dünentypus, dieses Wort im engeren Sinne genommen, steht im abflußlosen Steppen- und Wüstenlande der sogenannte Barchantypus gegenüber. Spricht doch Penck,[3]) auf eine große Anzahl beglaubigter Mitteilungen sich stützend, direkt den Satz aus:

---

[1]) v. Richthofen, Führer für Forschungsreisende. Hannover 1901, S. 432 ff.

[2]) Sokolów-Arzruni, Die Dünen; Bildung, Entwicklung und innerer Bau. Berlin 1894.

[3]) Penck, Morphologie der Erdoberfläche, 2. Teil. Stuttgart 1894. S. 38 ff.

Digitized by Google

„Die Grundform der Kontinentaldünen sind die Barchane, in der Sahara Siuf (Sing. Sif), in Südamerika Médanos genannt“ (s. u.).

Die Verschiedenheit beider Typen läßt sich ohne viele Worte durch eine schematische Profilzeichnung kennzeichnen. In Fig. 1 ist ein Längsdurchschnitt durch eine normale Stranddüne, in Fig. 2 ein ebensolcher durch einen Barchan dargestellt. Man sieht, daß für die Luvseite keinerlei Abweichung obwaltet und daß in beiden Fällen auch der Steilabfall im Windschatten gleichmäßig vorhanden ist. Die Barchane weisen hier aber eine Nische auf, welche den gewöhnlichen Dünen fehlt. In Arabien gestalten sich, wie schon frühere Reiseschriftsteller berichteten, und wie Euting[1]) ganz besonders hervorgehoben hat, diese Ausschnitte ungemein großartig.

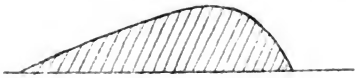

Fig. 1.

Fig. 2.

Man kann nun die Frage aufwerfen, ob die Barchane nicht nur in der Regel, sondern ausschließlich die den kontinentalen Steppen eigentümliche Form der Sandanwehung repräsentieren. Gewöhnlich scheint das letztere (s. o.) vorausgesetzt zu werden, aber einer der gründlichsten Kenner Innerasiens, Muschketow,[2]) drückt sich doch nach dieser Seite

[1]) Euting, Über eine Reise in Innerarabien. Verhandl. d. Gesellsch. f. Erdk. z. Berlin, 1886, S. 266 ff.

[2]) Muschketow-Merena, Die Kontinentalsanddünen oder Barchane. Deutsche Rundschau f. Geogr. u. Stat., 12. Jahrgang, S. 148.

Digitized by Google

hin etwas vorsichtiger aus, indem er den niedrigen Hufeisenhügel nur als „die verbreitetste und am meisten charakteristische Form für alle Wüsten bezeichnet". In dieser Fassung darf die Angabe gewiß als unbedingt zutreffend angesehen werden. Wenngleich über die Art der Entstehung einer wie immer beschaffenen Düne in der Hauptsache Übereinstimmung herrscht, so scheint die Frage, weshalb die Leeseite so auffallende Abweichungen aufweisen könne, doch noch nicht hinlänglich geklärt zu sein. Drei Ursachen müssen, wie feststeht, vorhanden sein: Eine großenteils konstante Windrichtung, ein den Sand fixierendes Hindernis und dieser Sand selbst, entstamme er nun dem Grunde einer größeren, nicht allzu weit entfernten Wasseransammlung oder einer benachbarten, dem Zerstörungsprozesse unterworfenen Gesteinsoberfläche. Weder das erste noch das zweite der drei hier aufgeführten Elemente vermag die Art und Größe der Leeböschung irgendwie maßgebend zu bestimmen; es muß folglich die Beschaffenheit des Sandes von ausschlaggebender Bedeutung sein.

Wenn die Sandkörner völlig trockene Partikeln von angenähert gleicher Größe und Gestalt sind, so muß sich auf der vom Winde abgekehrten Seite, wo jene fast ausschließlich nur von der Schwerkraft beeinflußt sind, die Profilkurve den Gesetzen anpassen, die für eine aus losen Teilchen zusammengesetzte Masse maßgebend sind. Es treten die gleichen Verhältnisse ein, wie sie auch für Stratovulkane bestehen, und jene Kurve erscheint als eine gegen außen konkav verlaufende Linie. Auf ein rechtwinkliges Koordinatensystem bezogen, als dessen Abszissenachse die Projektion der Windrichtung auf die Horizontalebene gewählt wird, erhält die Kurve nach Milne[1]) die Gleichung $x = a \times \log (by)$, unter $a$ und $b$ für den Einzelfall konstante Größen verstanden. Man hat es sonach mit einer logarithmischen

[1]) Milne, On the Form of Volcanos. Geolog. Magaz., (2.) 5. Band, S. 337 ff.; Further Notes on the Form of Volcanos. Ebenda, (2.) 6. Band, S. 506 ff.

Digitized by Google

Linie zu tun. Wie dann die trichterförmige Aushöhlung des Sandhügels zustande kommt, ist bekannt; es geht eben die Vergrößerung des sozusagen im Rohbau fertigen Barchans an den Rändern rascher als in der Mitte vor sich. Und da bei Wüstensand die oben skizzierten Bedingungen meistenteils erfüllt sind, so kann es nicht fehlen, daß der Barchantypus gewöhnlich in die Erscheinung tritt.

Gesetzt aber, die Flugsandmasse habe mehr eine derjenigen des Meeressandes ähnelnde Zusammensetzung, so werden uns in der Struktur jeder einzelnen Binnenlanddüne auch im großen und ganzen die nämlichen Bildungsgesetze begegnen, welche uns von den Küstendünen her geläufig sind. Der Abfall in Lee erscheint unregelmäßiger, bald konkav, bald auch konvex oder ganz geradlinig verlaufend. Zu der Schwere und den Reibungswiderständen tritt eben jetzt noch eine gewisse Adhäsion der Körner hinzu, und alsdann hört der Barchancharakter auf maßgebend zu sein. Daß es am Meeresufer sich so verhält, weiß jedermann; daß jedoch auch im Binnenlande sich ein völlig analoger Sachverhalt ergeben kann, dürfte minder bekannt sein, und es mögen deshalb zunächst der Erdstelle, welche uns dieses Phänomen in seltener Reinheit vor Augen führt, einige Worte gewidmet sein. Dieselbe gehört der für die physikalische Geographie überhaupt eine Fülle interessanter Probleme darbietenden Steppenregion von Südkalifornien an, dem sogenannten Mohave Desert zwischen Salton im Osten und San Bernardino im Westen. Auf der Karte ist der in Frage kommende Landstrich, der indessen kein wirkliches Tal darstellt, als Coahuilla Valley bezeichnet.

Dem diese Strecke mit der Southern Pacific Railway Befahrenden drängt sich der merkwürdige, oft sehr abrupt sich vollziehende Wechsel zwischen verschiedenartigen Landschaftsbildern als eine Signatur der bei aller Einförmigkeit doch niemals langweiligen Gegend auf. Zu den merkwürdigsten Gebieten gehört nun eine weite, fast ebene und nur sehr spärlich von aufgesetzten Erhöhungen durchschwärmte Fläche, welche in Hunderten und Tausenden von Exemplaren das aufweist, was

Digitized by Google

in unserer Überschrift als Naturmodell der Dünenbildung bezeichnet wurde. Wohin sich im Verlaufe mehrerer Fahrtstunden das Auge des im Bahnzuge sich befindenden Beobachters richtet, weit mehr jedoch auf der südlichen als auf der nördlichen Seite der Bahnlinie, liegen diese meist kleinen Dünen regellos verstreut, in ihren geometrischen Verhältnissen eine ganz unverkennbare Ähnlichkeit zur Schau tragend. Man möchte vielleicht einwenden, ein auf eiliger Bahnfahrt gewonnener Totaleindruck berechtige noch nicht dazu, die morphographischen Beziehungen mit einiger Sicherheit festzulegen. Allein abgesehen davon, daß in der südwestlichen Union die Fortbewegung der Züge

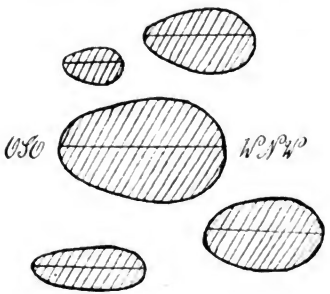


Fig. 3.

nichts weniger denn rapid ist, und daß die gute amerikanische Sitte, Aussichtswagen beizugeben, den Horizont des Reisenden ansehnlich erweitert, gewährt die Ausdehnung des Dünenbezirkes die bequeme Möglichkeit, die gemachten Wahrnehmungen immer wieder zu revidieren. So kann leicht die Gewähr dafür übernommen werden, daß die Aussagen über das Gesehene die vollste Zuverlässigkeit besitzen. In Fig. 3 wird ein Stück des Geländes wiedergegeben, so wie es aus der Vogelperspektive erblickt würde.

Durchweg ist die Luvseite jedes Dünenindividuums genau ebenso vollständig wie die Leeseite ausgebildet, indem nur der

Digitized by Google

Neigungswinkel auf der letzteren beträchtlich größer ist. Die elliptische Basis zeigt sich allenthalben konvex nach außen, und Einschnitte fehlen gänzlich. Da die Profillinien von Geraden nur wenig abweichen, so ruft jede einzelne Düne ganz und gar den Eindruck eines schiefen elliptischen Kegels hervor. Der Umstand, daß dessen Mantelfläche nicht glatt, sondern gerippt erscheint, muß noch zum Gegenstande einer besonderen Erörterung gemacht werden.

Was nun den Prozeß der Dünenbildung selbst anlangt, so hängt dieselbe selbstverständlich in erster Linie von dem Wehen eines konstanten Windes ab. Die großen Achsen der erwähnten Ovalkurven weisen eine Richtung von OSO gegen WNW auf, womit also, falls die gewöhnliche Vorstellung von der Entstehung isolierter Sandansammlungen der Wahrheit entspricht, die Windrichtung für mindestens einen großen Teil des Jahres gekennzeichnet wird. Und daß es sich in der Tat so verhält, darüber vergewissert uns einer der wenigen gewiegten Kenner dieser Landesteile, O. Loew,[1]) der die an Häufigkeit weitaus vorwiegenden Südostwinde als Ausläufer eines echten Monsuns anspricht. Es ist jedoch anzunehmen, daß diese Luftströmung die mitgeführte Feuchtigkeit da, wo sie das Coahuilla-Tal erreicht, bereits großenteils in heftigen Regengüssen abgegeben

---

[1]) Loew, Leutnant Wheelers Expedition durch das südliche Kalifornien im Jahre 1875. Petermanns Geogr. Mitteil., 1876, S. 410. „Es gibt jedenfalls nur wenige Gegenden auf der Erde, wo zwei gänzlich verschiedene Klimate durch eine einzige Bergkette getrennt werden, wie in Kalifornien, wo das gleichförmige Seeklima des Küstenstriches im markierten Kontrast zu dem Kontinental- und Wüstenklima der östlich von den riesigen, Mittel- und Südkalifornien durchziehenden Ketten liegenden Ländereien steht. . . . In bezug auf die Mohave-Wüste ist vor allem zu konstatieren, daß wir ein bedeutendes Vorherrschen der Südostwinde bemerkten; die Regelmäßigkeit, mit der dieser Wind blies, war uns schon nach kurzem Verweilen in jener Wüste aufgefallen. . . . Als ich später nach Fort Mohave kam, wurde diese Beobachtung auch vom dortigen Militärapotheker bestätigt, der dort seit drei Jahren meteorologische Beobachtungen angestellt hatte.“

Digitized by Google

hat,[1]) denn die Dünengegend muß als ein richtiges Trockengebiet gelten. Der Südostwind ist es also, dem die Verfrachtung der sich immer mehr verkleinernden Gesteinstrümmer und deren Aufschüttung zu kleinen Hügeln zuzuschreiben ist.

Wäre die Ebene absolut flach, so würde sie, wie das in Hochasien geschehen ist, mit gleichmäßigen Staubschichten überdeckt werden, und es würde sich eine äolische Formation von ganz anderem Wesen herausbilden, als dies tatsächlich der Fall gewesen ist. Die Ebene ist aber besetzt mit einer unzähligen Menge kleiner und kleinster Hindernisse der Luftbewegung, mit gewissen Pflanzen, und jede von diesen hat als ein Ansatzpunkt der Dünenbildung gedient. Die früher beliebte Definition der Wüste als eines gänzlich vegetationslosen Teiles der Landoberfläche wird in der Gegenwart nicht mehr als richtig anerkannt; der Gegensatz zwischen ihr und der Steppe ist kein absoluter, qualitativer, sondern lediglich darin ist der Unterschied zu suchen, daß die Gewächse in der Wüste noch ärmlicher und spärlicher nach Arten- und Individuenzahl auftreten, als bei der anderen, minder monotonen Bodenform.

---

[1]) Daß dem so sei, beweisen wiederum die Mitteilungen Loews in Verbindung mit der Autopsie. Östlich von der Dünenregion zieht sich nämlich ein Landstrich hin, dessen Natur von derjenigen jener ersteren in der entschiedensten Weise abweicht. Die äußerst tiefen, cañonartigen Regenrisse, welche sich allerorts finden und kein unbeträchtliches Verkehrshindernis abgeben, sind nach Loew durch die gewaltigen Wolkenbrüche ausgefurcht worden, die durch die Südostwinde bedingt zu sein pflegen. Weiter oben im Gebirge dienen diese „Dry Washes“ umgekehrt der Verkehrserleichterung, weil man in denselben immer noch leichter als auf den steilen Felshängen vorwärts kommen kann. Ohne eine Zone von Zwischenformen geht diese Erosionslandschaft im Westen unvermittelt in die Dünenlandschaft über, die natürlich auch durch die Horizontalität ihres Bodens der Zerstörung durch die meteorischen Gewässer viel weniger Angriffspunkte bot, die aber zweifellos auch an und für sich ungleich trockener als die östlich angrenzenden Gebiete sein muß. Auch die im Winter häufigen, mit viel geringerer Intensität wehenden Nordwestwinde haben beim Überschreiten der Küstenkordillere den aus dem Stillen Ozean mitgebrachten Wasserdampf zum größten Teile ausgeschieden.

Digitized by Google

„Arizona und Neu-Mexiko besitzen," so äußert sich Drude,[1]) „mehr Steppenphysiognomie, welche im südöstlichen Kalifornien zur Mohave- und Gilawüste von trauriger Einöde ausgeprägt ist." Die Charakterpflanze dieser bei aller Starrheit doch durchaus nicht eigentlich unschönen Landschaft, die sich auch durch häufige Sandtromben und durch das nicht seltene Auftreten der Fata Morgana (Mirage) als richtige Wüste zu erkennen gibt, ist die graugrüne Artemisia tridentata, welcher von den Amerikanern der recht treffende Name Sage Brush[2]) beigelegt worden ist. Mit ihren rauhen, verfilzten Ästen dem Winde in den Weg gestellt, hat diese niedrige Staude, die niemals Gruppen bildet, sondern immer nur ganz vereinzelt wächst, alle Eigenschaften eines Sandfanges. Sie wirkt ganz ebenso, wie dies anderwärts, wenn Sand- oder Schneedünen (Sastrugi) gebildet werden, kleine Bodenwarzen, Felsblöcke, Zäune tun, und ragt sehr häufig aus dem sie überdeckenden Sandhügel hervor, dessen höchste Stelle markierend.

Über zwei der Voraussetzungen, von denen das Zustandekommen der Dünen abhängt, sind wir jetzt zur Klarheit gelangt. Auch das Vorhandensein des Sandes, der den Baustoff liefert, braucht nicht erst bewiesen zu werden, und nur dessen Beschaffenheit nötigt uns eine besondere Erörterung auf, indem eben ermittelt werden soll, aus welchem Grunde die an sich zu erwartende Barchangestalt vermißt wird. Da ist nun anscheinend nicht belanglos die Frage, ob die Mohavedünen von jeher dort, wo man sie jetzt vorfindet, existiert haben, oder ob nicht vielleicht in ihnen eine mehr oder weniger ephemere Bildung zu erblicken ist. Auffallen

[1]) Drude, Handbuch der Pflanzengeographie. Stuttgart 1890, S. 445.

[2]) Ebenda, S. 433. Auch Loew (a. a. O., S. 415) macht eine Anzahl von Pflanzentypen namhaft, welche auf trockenen Sandhügeln erwachsen und sicherlich, wenn erst einmal die Düne hergestellt ist, dazu beitragen, dieselbe zu „verankern" und am Fortschreiten zu hindern. Jene Larrea- und Cereusarten, welche man auf Drudes Schilderung hin auch in der Mohavewüste vermuten möchte, sind, wie es den Anschein hat, nicht so weit nach Westen vorgedrungen.

Digitized by Google

muß es, daß Loew derselben keine Erwähnung tut, obwohl er ohne allen Zweifel an Ort und Stelle gewesen ist und an keiner Naturmerkwürdigkeit achtlos vorübergeht. Wir befinden uns nun aber an einem Platze, der in der neuesten Zeit eines der großartigsten Naturschauspiele sich vollziehen sah, ein Schauspiel zugleich, welches den einschneidensten Einfluß auf die ganze Umgebung der Umgebung ausgeübt hat. Wir meinen die Entstehung des Salton Lake, eines länglichen Wasserbeckens, dessen Hauptachse wesentlich mit der für die Erbauung der Dünen bestimmend gewesenen Windrichtung übereinstimmt. Man weiß längst, daß Sand, der vom Ufer eines Meeresteiles oder eines größeren Binnensees stammt, nicht ohne weiteres mit dem Wüstensande auf die gleiche Stufe zu stellen ist, und so wäre es mithin sehr wohl denkbar, daß die subaërischen Bildungen des Coahuilla-Tales andere als vorher geworden sind, seitdem jener vielbesprochene See sich bemerklich zu machen begann.

Eine kurze Geschichte desselben kann hier nicht umgangen werden, indem wegen tieferen Eingehens auf die Genese des ziemlich einzig in seiner Art dastehenden Ereignisses das Studium einer Abhandlung des Chemikers H. Erdmann[1]) empfohlen werden darf. Die Geologie von Nord-Mexiko hatte längst darüber vergewissert, daß in vorgeschichtlicher Zeit der Kalifornische Golf viel weiter nach Norden reichte und durch die vom Rio Colorado herbeigeführten Detritusmassen auf eine weite Strecke hin zugeschüttet ward. Man glaubte dem wasserreichen Strome einen kleinen Teil seines Überflusses leicht entziehen zu können, um so eine bessere Bewässerung des bis zu 100 m unter den Meeresspiegel sich hinabsenkenden Depressionsgebietes von Mekka und Salton zu erzielen, und dieser Zweck wurde denn auch fürs erste vollständig erreicht. Daß sich schon in den achtziger Jahren des vergangenen Jahr-

[1]) Erdmann, Die Katastrophe von Mansfeld und das Problem des Coloradoflusses. Ein Beitrag zur Geschichte der Salzseen und Salzsteppen. Petermanns Geogr. Mitteil., 1907, S. 42 ff.



Digitized by Google

hunderts ein See gebildet hatte, der als Dry Lake jedoch keine allzu großen Dimensionen annehmen zu wollen schien, interessierte wohl den Naturforscher, nur wenig aber die Bewohnerschaft der jungen Oase. Floß doch der Colorado nach wie vor in der Nähe von Fort Yuma in das Kalifornische Purpurmeer. Plötzlich aber zeigte sich, daß der Fluß sich immer tiefer in seine rechte Uferseite einschnitt und den Entwässerungskanal der Ingenieure mehr und mehr ausfüllte, bis endlich zu Anfang 1906 die alte Wasserader ganz versiegte und gigantische Wassermengen den Weg nach dem Salton Lake einschlugen, der nunmehr sich stetig vergrößerte und das angrenzende Terrain überflutete. Mehrmals schon mußte die Direktion der am Ufer hinführenden Süd-Pazifikbahn die Geleise landeinwärts verlegen, und noch ist kein Ende der Gefahr abzusehen, welche der bereits mehr denn 1200 qkm bedeckende — den Starnberger See an Areal demnach ungefähr zwanzigmal übertreffende — See durch seine unaufhaltsame Vergrößerung über diesen Teil von Kalifornien heraufbeschworen hat.

Da, wo See- und Kontinentaldünen sich räumlich miteinander vermengen, wie dies Muschketows Angaben[1]) zufolge in Turkestan keine Seltenheit ist, kann eine verwirrende Formenfülle die Folge sein. Im Coahuilla-Tale liegen die Dinge anders, denn wir halten dafür, daß die dortigen Dünen gar keine richtigen Binnenlandgebilde, sondern vielmehr in die Kategorie der Stranddünen zu versetzen sind, mag auch die Ostgrenze des Dünendistriktes von dem Nordwestende des neuen Sees noch eine gewisse Entfernung haben. Der Sand entbehrt, wenn diese unsere Annahme zutrifft, jener Trockenheit, welche den wahren Wüstensand charakterisiert, und dann ist wohl begreiflich, daß er sich auf der vom Winde abgekehrten Seite des Hügelchens nicht in einer fast asymptotisch gegen die Horizontale verlaufenden Kurve, sondern so ablagert, wie man dies von den Meeresdünen her gewohnt ist. Nunmehr ist denn

---

[1]) Muschketow-Merena, S. 148. Vgl. auch Sohncke, Gemeinverständliche Vorträge aus dem Gebiete der Physik. Jena 1892, S. 220 ff.

Digitized by Google

wohl die Frage als geklärt zu erachten, warum die Dünen im Mohave Desert nicht als leewärts geöffnete Barchane, sondern als typische Uferbildungen mitten in einer vom Meere ziemlich weit abstehenden Wüste auftreten. Gleichwohl wird man nicht soweit gehen dürfen, zu behaupten, daß die übliche Identifizierung von Barchan und Kontinentaldüne wieder in ihre vollen Rechte eingesetzt sei. Denn unsere Coahuilla-Hügel sind doch auf alle Fälle ächt kontinentale Bildungen, deren Baumaterial nur allerdings seinen wenigstens zum Teile wässerigen Ursprung nicht zu verleugnen vermag. Es verbleibt dabei, daß es auch in der Wüste regelrechte Dünen vom marinen Typus geben kann.

Man möchte geradezu wünschen, einige solche Exemplare in bequemer Nähe zu haben, um an ihnen bei Gelegenheit von Exkursionen die Gesetze der Dünenbildung erläutern zu können. Man weiß, daß es im allgemeinen nicht leicht ist, Einzeldünen von normaler Struktur aufzufinden, weil eben der Vorgang der Sandverwehung niemals rastet und infolgedessen eine sozusagen gerade fertig gewordene Düne nicht lange in dieser ihrer Eigenschaft sich erhält. Anlagerung und Überlagerung neuer Sandmassen verändert rasch die ursprüngliche Gestalt; das Individuum verschwindet in einem Dünengebirge von oft recht ansehnlicher Höhe, und auch dieses ist weit davon entfernt, stabil zu bleiben, weil ihm die Tendenz zur Wanderung innewohnt.[1]) Gerade die Barchane büßen, wenn diese progressive Tendenz bei dem einen mehr, bei dem anderen weniger ausgebildet ist, gar rasch die sie auszeichnende Gestalt ein.[2]) Die Dünenreihen gruppieren sich so unregelmäßig, daß

---

[1]) Obschon selbstverständlich an allen von Wanderdünen heimgesuchten Küsten deren Wesen von jeher gekannt und gefürchtet war, so stoßen wir doch in der Literatur erst verhältnismäßig spät auf eine entsprechende Würdigung der einschlägigen Probleme. Viel hat hiezu beigetragen Lyell (Principles of Geology, 1. Band. London 1872, S. 514 ff.)

[2]) Welch abenteuerlich bizarre Formen ein binnenländisches Dünengebirge anzunehmen imstande ist, darüber orientieren uns die Médanos (s. o.) des mexikanischen Staates Chihuahua (mit diesem Worte be-



Digitized by Google

in ihrer Anordnung die Richtung des Windes, der doch für die Ansammlung des Sandes verantwortlich zu machen ist, gar nicht mehr zur Geltung kommt. Da hört dann ganz von selbst der morphographische Unterschied zwischen Ufer- und Kontinentaldünen zu bestehen auf.[1])

Wenn nun aber in allen größeren Wüsten diese Verschmelzung der Einzeldünen zu einem Aggregate von solchen die Regel bildet, und wenn man in der Sahara ebenso wie im Tarymbecken und in Chiwa fast nur Dünenketten von sehr wechselndem Vertikaldurchschnitte zu beobachten Gelegenheit findet, so drängt sich ganz von selbst die Frage auf, wie es denn komme, daß im Mohave Desert dieses Zusammenwachsen so ganz unterblieben und jede Düne in der Gestalt erhalten worden ist, welche sie von allem Anfange an angenommen hatte. Es wird kaum möglich sein, auf diese Frage eine andere Antwort zu erteilen, als die, daß dem Dünenkerne, den niedrigen Sträuchern, eine besonders stark ausgeprägte Fähigkeit, den Flugsand zurückzuhalten, zugesprochen werden müsse. Bekanntlich hat sich die Technik der Dünenverfestigung[2]), welche in primitiver Form seit den ältesten Zeiten schon geübt wurde, in unseren Tagen ganz außerordentlich vervollkommnet, und man hat insbesondere namhaft verbesserte Erkenntnisse über die Natur derjenigen Gewächse sich erworben, welche auf den Böschungen des Sandhügels angepflanzt werden müssen, um durch Verfilzung ihrer Wurzeln Hemmnisse für das Vordringen der leicht beweglichen Körperchen zu bereiten. In unserem Falle sind

zeichnen die Neuspanier alle Sandanhäufungen sowohl in Mexiko, wie auch namentlich in Argentinien). Von den ersteren ist leider noch sehr wenig bekannt. „Merkwürdig sind die scharfen Kanten, Spitzen und Grate, welche der Wind diesen flüchtigen Sandbergen gegeben, und die steilen Rinnen und Schluchten, ähnlich jenen, die man häufig bei großen, vom Sturme zusammengeblasenen Schneemassen antrifft“ (v. Hesse-Wartegg, Mexiko, Land und Leute. Wien-Olmütz 1890, S. 25).

[1]) Sokolów-Arzruni, a. a. O., S. 178ff.; Rolland, Sur les grandes dunes du sable du Sahara. Bull. de la soc. géol. de France, 1882, S. 32 ff.

[2]) Vgl. Gerhardt, Handbuch des Dünenbaus. Berlin 1898.

Digitized by Google

die über die Ebene verteilten Büsche offenbar von Hause aus dazu geeignet, den Sand festzuhalten und am Wandern zu hindern. Vergessen darf aber freilich auch nicht werden, daß, wofern unsere Hypothese das Richtige trifft, die Dünen des Coahuilla-Tales sehr jugendliche Gebilde sind, und daß, wer nach einigen Lustren oder Jahrzehnten die Gegend aufs neue in Augenschein nimmt, sehr wohl ganz anders gearteten Verhältnissen dort begegnen kann. Vorläufig aber verdienen diese Flugsandhügel die oben ihnen beigelegte Bezeichnung; es sind Demonstrationsmodelle für die Grundgesetze der Dünenbildung.

Und zwar verdienen sie diese Benennung auch noch unter einem anderen Gesichtspunkte. Wir sprachen oben davon, daß über die Oberfläche sehr vieler dem Auge näher befindlicher Dünen gewisse Linien hinlaufen, sogenannte Ripple Marks nach englischer, besser Kräuselungsmarken nach deutscher Nomenklatur. Daß diese fast dekorativ wirkende Zugabe mit dem ganzen Prozesse der Dünenentstehung in sehr naher Beziehung steht, ist bekannt.[1]) Durch die Untersuchungen von Sokolów wurde dargetan,[2]) daß die Bildung der äolischen und vom bewegten Wasser bewirkten Rippungen einheitlichen Gesetzen unterliegt, und J. Walther[3]) durfte demzufolge mit Fug die Windkräuselungen für Miniaturdünen erklären. Als primäre Ursache dieser Bänderung des Dünenkegels haben wir den Umstand gelten zu lassen, daß die ein-

---

[1]) Wir verweisen nach dieser Seite hin auf die nachstehenden Veröffentlichungen: Cornish, On Kumatology. Geograph. Journal, 1899, S. 626 ff.; Baschin, Die Entstehung wellenförmiger Oberflächenformen. Ein Beitrag zur Kymatologie. Zeitschr. d. Gesellsch. f. Erdk. zu Berlin, 1899, S. 408 ff.); Bertololy, Kräuselungsmarken und Dünen. München 1900 (Münch. Geogr. Studien, Stück IX).

[2]) Sokolów-Arzruni, a. a. O., S. 210 ff. Auch in der vorerwähnten Schrift von Bertololy ist diesem Gegenstande volle Beachtung zugewendet worden (S. 99 ff.).

[3]) Walther, Die Denudation in der Wüste und ihre geologische Bedeutung. Abhandl. der K. Sächs. Gesellsch. d. Wissensch., math.-phys. Klasse, 16. Band.

Digitized by Google

zelnen Sandkörner nicht, wie man bei summarischer Betrachtung zu glauben geneigt sein könnte, von gleicher Größe sind, und daß auch von einer gestaltlichen Identität keine Rede sein kann. „Es wäre", so lesen wir bei Sokolów,[1]) „irrig, anzunehmen, daß die Aufbereitung durch Wind den Sand vollkommen gleichmäßig gestaltet. Im Gegenteile, in jeder Handvoll Sand lassen sich gröbere und feinere Körner wahrnehmen. . . ." Scharfkantige und abgeschliffene Gesteinsplitter kommen in bunter Wechsellagerung vor. Schon ein winziger Unterschied in den Dimensionen kann ein bereits auf der Dünenoberfläche fest gewordenes Sandteilchen zu einem Ansatzkerne werden lassen, welches die Nachkömmlinge zu einer kleinen Erhöhung in Luv anstaut, der dann natürlich eine an sich ebenfalls minimale, mit der Zeit jedoch sich vertiefende Einsenkung zugehört. Eine genaue Verfolgung dieser zumeist symmetrisch auf den beiden Seiten[2]) der Luvfläche verteilten Kurvenzüge läßt erkennen, daß sie bald scharfkantig bald abgerundet sind; in dem hier vorliegenden Falle erscheinen sie jedoch durchweg als Linien ohne ausgezeichnete Punkte, und jene Verästelung, von der Walther (s. o.) spricht, ist hier nicht zu beobachten. Übrigens sind auch die Rippungen nicht an ihren augenblicklichen Platz gebannt, sondern unterliegen einer von der Geschwindigkeit und Konstanz des Windes abhängigen Verschiebung.

Es wäre gewiß äußerst wünschenswert, diese so merkwürdige Dünenregion noch näher erforscht zu sehen, ehe sie vielleicht in dieser ihrer Eigenart überhaupt zu bestehen aufgehört hat. Daß schon nach wenigen Jahren das Coahuilla-

[1]) Sokolów-Arzruni, S. 212.

[2]) Wiewohl von vornherein kein Zweifel obwalten kann, daß eine normal gebaute Düne eine stetig zusammenhängende Oberfläche besitzen muß, so hebt sich doch, aus passender Entfernung und unter dem richtigen Gesichtswinkel gesehen, die längste Seitenlinie des schiefen Kegels wie ein scharfer Grat, wie eine Kante heraus, und deshalb besteht auf dessen linker und rechter Seite Symmetrie. Eine exakte Bestimmung der wahren Oberflächengestalt unter gewissen, die Rechnung vereinfachenden Voraussetzungen würde nicht des Interesses entbehren.

Digitized by Google

Tal ein ganz anderes Gepräge zur Schau tragen kann, halten wir für nicht ausgeschlossen,[1]) und zwar um so mehr, weil ältere Schriften von diesem Naturspiele, das doch keinen in die Nähe Kommenden gleichgültig lassen kann, keine besondere Erwähnung tun.[2]) Für jetzt kam es nur darauf an, daß auch in Gegenden von recht namhafter Meeresdistanz echte Dünen, die nicht dem Barchantypus einzureihen sind, auftreten können; inwieweit deren Entstehung ein Folgephänomen der Bildung des neuen großen Salzsees sein mag, wofür erwähntermassen manche Anzeichen sprechen, muß einer späteren Durchforschung des noch viele wichtige Aufschlüsse verheißenden kalifornischen Wüstengebietes vorbehalten bleiben. Als ein unumstößliches Fazit aber leiten wir aus unserer Erörterung das folgende her: Die Lehre von den Kontinentaldünen kann selbst jetzt, so viele wichtige Beiträge auch von Zittel, Lenz, Duveyrier, Rolland, Schirmer, Walther, Sokolów und zahlreichen Aufnahmegeologen des russisch-asiatischen Dienstes geliefert worden sind, noch immer nicht als abgeschlossen gelten.

---

[1]) Zum Zerfalle der kleinen Sandhügel wirkt wesentlich ein Moment mit, auf dessen Bedeutung v. Bary (Sokolów-Arzruni, S. 204) aufmerksam gemacht hat. Der Strauch nämlich, dessen Vorhandensein die Sandstauung eingeleitet hat, stirbt allmählich ab, und dann nivelliert der Wind rasch die ihres Haltes beraubte Erhebung. So sind, von verschiedenen Standpunkten aus betrachtet, diese Inlanddünen nur erdgeschichtliche Momentanbildungen.

[2]) Zwei Werke, die vielleicht Anhaltspunkte geben würden, waren für den Verf. leider unzugänglich: Geological Reports of Mexican Boundary Survey, 1. Teil; Geological Reports on the Pacific Railroad, 5. Teil. Zumal dieser zweitgenannte Bericht könnte vielleicht für die Beurteilung und Vergleichung des vom Coahuilla-Tale einst und jetzt dargebotenen Landschaftsbildes in Frage kommen.

Digitized by Google

# ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Sitzungsberichte der mathematisch-physikalischen Klasse der Bayerischen Akademie der Wissenschaften München

Jahr/Year: 1907

Band/Volume: 1907

Autor(en)/Author(s): Günther Siegmund

Artikel/Article: Ein Naturmodell der Dünenbildung 139-153