

Prof. Dr. Johannes Walther: Vergleichende Wüstenstudien in Transkaspien und Buchara.

(8. Januar 1898.)

In dem System der Klima-Zonen der Erde unterscheidet man gewöhnlich den breiten Gürtel des regenreichen Tropenlandes, das wechselnde Klima der gemäßigten Zone und die lebensfeindlichen Flächen der Polargebiete. Aber damit sind unseres Erachtens die großen tellurischen Klima-Bezirke nicht vollständig aufgezählt. Denn auf beiden Halbkugeln schiebt sich zwischen Tropenland und gemäßigte Zone ein Gürtel von Wüsten und Steppen mit einem durch Regenmangel ausgezeichneten, ariden Klima ein. Der wichtigste Charakter dieser Wüsten ist ihre Abflußlosigkeit; und wenn man in der Regel den atmosphärischen Kreislauf des Wassers als einen einzigen universellen Ring schildert, so ist das nicht richtig. Denn in dieser Hinsicht führt jede Wüste ein besonderes Leben, und von dem süßen Bächlein, das die Oase Feiran am Sinai tränkt, bis zu dem $1\frac{1}{2}$ Mill. qkm großen Flußgebiet der Wolga giebt es zahllose Wasseradern, die in den Wüsten versiegen.

Da die Wüsten keine klimatischen Ausnahmen, sondern notwendige Erscheinungen in der harmonischen Anordnung der Klima-Zonen darstellen, muß es auch in früheren Erdperioden abflußlose Gebiete auf dem Festland gegeben haben, und das Studium der recenten Wüsten wird zu einem methodischen Hilfsmittel für die historische Geologie.

Ich hatte in den Jahren 1888 und 1892 die Ehre, Ihnen an dieser Stelle von Untersuchungen zu berichten, die ich in den Wüsten von Nord-Afrika und Nord-Amerika angestellt habe, und Sie werden es mir nachfühlen, wie ich seit jener Zeit den lebhaften Wunsch hegte, den Kreis meiner Wüstenstudien auf der nördlichen Halbkugel dadurch zu schließen, daß ich auch die centralasiatischen Wüsten kennen lernte.

Die VII. Tagung des Internationalen Geologen-Kongresses in St. Petersburg bot mir hierzu willkommene Gelegenheit. Nach den hochinteressanten Exkursionen durch Ural und Kaukasus, reiste ich

nach Transkaspien, studierte auf vielen Seiten-Exkursionen die von der transkaspischen Bahn durchschnittenen Wüsten, und in der Zauberwelt von Samarkand fand meine Reise einen unvergeßlichen Abschluss. Besonderen Dank schulde ich in erster Linie Sr. Excellenz dem General-Lieutenant von Kuropatkin, General-Gouverneur in Transkaspien, der lebhaftes Interesse an meinen Arbeiten nahm, und dessen Beamte wetteiferten, mich zu unterstützen und durch Mitteilung wertvoller Profile, Sammlungen und Erfahrungen meine Studien zu fördern. Herzlichen Dank schulde ich auch Herrn Telegraphen-Inspektor Ahnger in Askabad, der mich und meinen Reisegefährten, Professor Dr. Böhm aus Freiburg, wochenlang begleitete und in aufopfernder Weise für uns sorgte.

Wenn ich auf meiner Reise unbekannte Gebiete zum ersten Mal betreten oder gefährliche Abenteuer erlebt hätte, so würde ich Ihnen gern davon erzählen. Aber weder Menschen noch Tiere haben mir etwas zu leid gethan, und meine Reise längs einer 1400 km langen Bahnlinie kann man nicht gerade als eine geographische Leistung betrachten. Das Einzige, was ich Ihnen bieten kann, ist eine Vergleichung der asiatischen Wüsten mit denen in Afrika und Nord-Amerika; und so will ich versuchen aus der Mannigfaltigkeit der Erscheinungen das Gesetzmäßige herauszuheben.

Aus den regenreichen Wäldern des Ural und aus den Waldebeneben des centralen Rufslands strömen zahllose Flüsse und Wasseradern der Wolga zu und schütten ihre Wassermassen in den heiligen Strom. Wie prächtig windet sich der gewaltige Fluß durch die bewaldeten Berge bei Samara, wie majestätisch erscheinen seine gelben Fluten von dem Steilufer bei Kaschpur, wenn große Seegelboote, erfüllt mit rotgekleideten Menschen, die breite Wasserfläche beleben, wenn das westliche Ufer in weiter Ferne sich mit der ebenen Steppe vermählt. — Und diese ganze Wassermasse verdampft in der central-asiatischen Wüste, verschwindet in dem Kaspischen Binnensee.

Kommen wir sodann hinüber nach den fruchtbaren Oasen von Merw, Buchara und Samarkand, so sind es wiederum verdampfende Flüsse, deren letzte Adern sich im Sande der Karakum verlieren. Und überschreiten wir auf der 5 km langen Holzbrücke die schlammigen Fluten des Amu-darja, so ist es abermals ein verdampfender Fluß, der im Binnensee des Aral sein frühes Ende findet.

Am 25. Mai 1897 wurde bei Kisilarwat der Bahndamm durch das meterhoch heranbrausende Wasser eines Gewitterregens auf eine Länge von 400 Meter weggerissen, das ganze umliegende Land war von Wasserfluten überschwemmt, — aber alles versiegte und verdampfte, kein Tropfen erreichte das Meer.

So wirkt das Wasser in den abflusslosen Regionen des Festlandes abtragend und transportierend. Aber während in unserem Klima jedes Sandkörnchen nach langer Wanderung endlich dem Meer zugeführt, jedes gelöste Salzteilchen, dem Salzgehalt des Oceans hinzugefügt wird, — sammeln sich in den Depressionen der Wüste alle diese mechanischen und chemischen Massen an, tiefe Thalmulden füllen sich mit Konglomeraten, weite Ebenen bedecken sich mit Flugsand, flache Becken füllen sich mit Gips und Salzlagern. Geschichtete und ungeschichtete Ablagerungen häufen sich an, und wir glauben, die Sedimente eines Meeres vor uns zu sehen, während wir die Gesteine studieren, die in einem festländischen Wüstengebiet gebildet worden sind.

Die transkaspische Bahn beginnt am Fufs der senkrechten Felswände des Kuba-dagh bei Krasnowodsk, und auf mehreren Exkursionen lernte ich die Felsenwüste kennen. Überall sah ich Felsenformen, die mir von Afrika und Nord-Amerika her vertraut waren. Hier liegt ein Felsblock, dessen Inneres eine große Höhlung zeigt, und der nur aus einer handbreiten Rinde besteht; dort überragt eine weit vorspringende Felsbank eine tiefe schattige Felsenbucht, und wie Eiszapfen hängen gebräunte groteske Felsenzacken von ihrer Kante herab. Hier ist eine Felsenwand durch eine Reihe von länglichen Öffnungen durchbrochen, die sich zu einem inneren Gang verbinden; dort erhebt sich ein riesiger Felsenpilz über seinem verengten Fufs. Kieselreiche Spongien in einem gelben Kalkstein sind mit dunkelbraunem Wüstenlack überzogen, herumliegende Kiesel sind durch den Sandwind rundgeschliffen, oder ein klaffender Spalt trennt sie in zwei nebeneinander liegende Hälften.

Wenn so dieselben Phänomene, wie sie die afrikanischen und amerikanischen Wüsten bieten, auch in Central-Asien auftreten, so müssen es hier wie dort dieselben Ursachen sein, die solche seltsame Wirkungen hervorrufen.

Von keiner Vegetation geschützt, ist in der Wüste der Erdboden den glühenden Sonnenstrahlen ausgesetzt, und wie der Spaltenfrost in unseren Breiten, so wirkt der Wechsel von mittägiger Hitze und nächtlicher Kälte in der Wüste auf die Gesteine ein.

Da bisher keine Reihen-Untersuchungen über die Temperatur der Wüstenfelsen gemacht worden waren, hatte ich dafür besondere Thermometer konstruiert (und unter freundlicher Hilfe der Herren Professoren Winkelmann und Straubel im Physikalischen Institut zu Jena Vorversuche gemacht, um deren Gang zu prüfen). Das Quecksilbergefäß bestand aus einer dünnwandigen Spirale, und mit Hilfe von Messingsand konnte ich zwischen der rauhen Felsoberfläche und

dem Instrument einen gut leitenden Kontakt herstellen. Ich beobachtete am 25. September 1897 stündlich von 5 Uhr morgens bis 10 Uhr nachts. Bei einer Lufttemperatur von 32° C. stieg die Temperatur eines olivgrünen Sandsteins um 2 Uhr auf $48,5^{\circ}$. Ein heftiger Wind bewirkte eine Abkühlung des Felsens um 5° , nach Sonnenuntergang sank seine Temperatur rasch von 38° auf 30° . Mein Freund Ahnger hat nach einem heftigen Gewitterregen eine Abkühlung der Luft von 50° auf 12° C. beobachtet: das dürfte einer Abkühlung der Felsen um mindestens 50° entsprechen.

Einer oft ausgesprochenen Annahme folgend, habe ich früher geglaubt, daß die Steine in der Wüste bei Erwärmung zerspringen. Zerspringende Lampencylinder und Kochgefäße mögen Anlaß zu dieser irrigen Meinung geben. Wenn ein kalter Stein durch die Sonnenstrahlen erwärmt wird, dann dehnt sich seine Oberflächenschicht aus und gerät in eine solche Spannung, daß sie sich wohl rindenartig abheben, aber niemals radial zerspringen kann. Wird aber ein erwärmter Stein abgekühlt, so schrumpft die Oberflächenschicht zusammen, und wird kleiner als der noch warme innere Kern. Somit scheint die in der Wüste so oft beobachtete Abschuppung oder Desquamation durch Erwärmung zu entstehen, während die Bildung klaffender Sprünge eine Folge der Abkühlung sein muß. Livingstone beschreibt auch, daß in Süd-Afrika nachts die Felsen krachend und polternd auseinander brechen, und in den texanischen Wüsten hat Professor von Streeruwitz dasselbe Phänomen mehrfach beobachtet.

Bei weichen, marinen Sedimenten spielt aber, wie mein Meister Georg Schweinfurth mir gegenüber oft betont hat, der Salzgehalt des Gesteins noch eine wichtige Rolle. Die beschatteten Grotten unter überhängenden Felsen sind mit zahllosen dünnen Gesteinsplittern und Scherben bedeckt, die sich leicht ablösen lassen und den Boden der Grotte übersäen. Jeder dieser kleinen Splitter ist mit einer dünnen Salzkruste überzogen, die, in einer Kapillarspalte auskrystallisierend, das Bruchstück gelockert und abgelöst hat. So haben die Temperatur-Unterschiede vorgearbeitet und ein reiches Material zarter Gesteinsfragmente geschaffen, das der vorbeistürmende Wind aufheben und davontragen kann. Ich habe diese abhebende Thätigkeit bewegter Luft Deflation genannt, und als Deflations-Erscheinungen müssen wir die seltsamen Formen der Felswüste bezeichnen.

Die Wirkung der Deflation läßt sich bei uns aus zwei Gründen schwer studieren. Erstens ist Deutschland fast überall mit Vegetation überzogen, der nackte Felsboden wird von Rasen, Haide, Moos, Flechte und Wald gegen die Angriffe des Windes geschützt, und durch die elastischen Pflanzenteile wird seine Kraft überall gemildert. Dann

aber ist bei uns der Wind fast stets der Vorbote oder Begleiter des Regens.

In der Wüste liegt der Felsboden ungeschützt da, und bei schönstem Sonnenschein erheben sich die furchtbaren Glutwinde. Ihre Kraft ist unwiderstehlich, und alles lockere Material, das durch die Insolation auf ihren Weg ausgestreut wurde, deflatieren sie leicht und spielend. Am 27. September wanderte ich von der Station Peral nach Norden, um einen Einblick in den Usboi, das sogenannte „alte Oxus-Bett“, zu gewinnen. Es stürmte bei schönstem klarem Wetter ein Wind daher mit einer Geschwindigkeit von 300 m in der Minute. Auf der mit runden Kieseln übersäten Lehmwüste fegte er jedes Sandkörnchen, jedes lockere Splitterchen hinweg, und indem er gleichzeitig die über dem Boden ruhende, 46° heisse Luftschicht mit sich rifs, bildeten sich zahllose aufsteigende Luftwirbel, welche die deflatierten Staubmassen in die Luft trieben. Von einem hohen Barchan nach dem persischen Grenzgebirge blickend, konnte ich die Höhe dieser Staubzungen auf 300 m schätzen.

Im Oktober 1896 wurden erbsengroße Steinchen in solcher Menge gegen die Lokomotive der transkaspischen Bahn geschleudert, daß der Lacküberzug wie von Schrotten zerschossen erschien. In den Jahren 1885 bis 1896 wurde zwischen Aidin und Balaischem der 7 m hoch gespannte Telegraphendraht mit einem Querschnitt von 4 mm durch den Sandwind bis auf 2,5 mm abgewetzt und auf manchen Strecken sogar keilförmig zugeschliffen. Wenn nun auch der Wind keine nufs- oder faustgroßen Steine aufheben kann, so unterbläfst er doch den sandigen Boden, auf dem sie liegen, und ist auf diese Weise im stande, selbst grobes Geröll um wenige Millimeter zu rollen, und im Laufe langer Jahrhunderte selbst kiesbedeckte Ebenen in eine fließende Bewegung zu versetzen. Besonders aber arbeitet er dem Wasser vor, indem er alle oberflächlich liegenden Kiesel rundet und freibläst, so daß eine geringe Menge Wasser hinreicht, um weite Kiesflächen in Flufs zu bringen. Man muß diese Erscheinungen wohl im Auge behalten, wenn man das befremdende Landschaftsbild der asiatischen Kieswüsten recht verstehen will.

Viele Tage hatte ich die Kieswüsten Nord-Afrikas durchstreift und die flachdulierten Ebenen des Sserir studiert. Braune, rund geschliffene, speckig glänzende Kiesel bedecken dort, alle Unebenheiten des Untergrundes verhüllend, den anstehenden Felsen. Jahrtausendlang haben Insolation und Deflation ein mächtiges Schichtensystem zerstört und alles Weiche, Leichte davongetragen. Nur die härteren Bestandteile blieben zurück. Bald sehen wir 10 m lange versteinerte Holzstämmen zwischen den Kieseln des großen versteinerten Waldes, bald

reiten wir im Uadi Ssannûr über ein Pflaster thalergroßer Nummuliten, bald bedecken riesige Austern den Boden der Wüste bei Abu Roasch. In den Wüsten von Arizona, Neu-Mexico und Texas waren Kiesflächen weit verbreitet, aber nicht durch Abtragung, sondern durch Aufschüttung entstanden. Die riesige Ebene zwischen van Horn und der Sierra Diablo im Transpecos-Distrikt ist auch eine Kieswüste; aber beim Bohren eines Brunnens erreichte man in 1050' noch nicht den anstehenden Felsen; Kies und Sand bildeten die Ausfüllung eines großen, tiefen Beckens.

Die Kieswüsten Transkaspiens sind ebenfalls solche ausgefüllte Wannen, und zahllose Aufschlüsse gaben mir Gelegenheit, ihre Struktur genau zu studieren.

Die Station Dschebel liegt von sandigen Hügeln umgeben, einsam in der weiten Pforte zwischen dem Großen und dem Kleinen Balchan. Eine Ausschachtung, die ich am Bahnhof anlegen liefs, ergab 2 m tief feinen Sand. Ein weißgekleideter Kirghise wartete mit seiner kleinen Karawane, um uns nach dem Großen Balchan zu geleiten, der in einer Entfernung von 20 km mit 1000 m hohen senkrechten Steilwänden aus der sanft ansteigenden Kieswüste emporragte. Die Ebene war ziemlich reich bewachsen. Wohl waren die niedrigen Wüstenkräuter dürr und standen nur vereinzelt, wohl trafen wir mitten darin gänzlich pflanzenfreie Flächen; aber wenn man vom Rücken des Dromedars seinen Blick frei über die weite, vollkommen ungegliederte Fläche schweifen liefs, so war es doch die düstere braune Farbe der verdorrten Kräuter, die das Landschaftsbild beherrschte.

Der sandige Boden an der Bahnlinie veränderte zusehends seine lithologische Beschaffenheit. Immer zahlreicher wurden die runden Steine, und gröberes Geröll bildete langgestreckte flache Felder zwischen feinerem Kies. Die Sonne stieg immer höher, und bald beleuchteten ihre Strahlen die Steilwand des Gebirges. Schmale, tiefe Schluchten zerschnitten die Felsenmauer, und aus jedem dieser Täler drang, wie ein Gletscher, ein mächtiger Steinstrom hervor. An der Mündung der Schlucht quollen die Schuttmassen zu einem riesigen Delta empor, dann gabelte sich der Schuttkegel wie ein breiter Fächer, seine zerfurchten Kiesrippen verflachten sich zusehends und flossen wie ein weicher Teig in die breite, ebene Kieswüste unmerklich hinüber.

Je mehr wir uns dem Gebirge näherten, desto größer wurde das Durchschnittsmaß der Gerölle, und die Wassergräben der Kirghisen, ebenso wie eine neuangelegte russische Wasserleitung boten reichliche Gelegenheit, um die innere Struktur der Kieswüste zu studieren. Von wohlgeschichteten Sanden bis zu ungeschichteten Kieslagern fand

ich alle Übergänge, und mancher Durchschnitt hätte einen eifrigen Glacialisten an Moränen erinnern können. Gelbe Sandschichten enthielten Schnüre von kleinem Geröll, mächtige Lehmlager wechselten mit groben Kiesbänken. Lange Zungen von gerundeten oder entkanteten Steinen keilten zwischen sandigen Thonen aus, und ihre Querschnitte bildeten seltsame Linsen mitten in feinkörnigen Sedimenten.

Um die prächtig aufblühende Hauptstadt Askabad mit gutem Wasser zu versorgen, hat man am Fuß der nahen Gebirge eine Brunnenbohrung angelegt. — Leider in der Kieswüste! 660 m tief reicht die Bohrung, ohne anstehendes Gestein gefunden zu haben. Das mir in der liebenswürdigsten Weise von Herrn Chef-Ingenieur Uspenski anvertraute Profil zeigt einen beständigen Wechsel von Kies, Sand und Lehm, und es ist zu befürchten, daß auch eine Weiterführung der Bohrung nur von wissenschaftlichem Wert sein wird.

Regenwasser und Wind führen den Schutt des Gebirges aus den felsigen Schluchten heraus, breiten ihn über die Ebene, und je mehr wir uns von dem Fuß der Gebirge entfernen, desto mehr löst der Wind das Wasser ab, desto mehr verwandelt sich die Kieswüste in die Sandwüste. Ein breites Band von Lehmwüste bildet eine vermittelnde Übergangszone.

Da, wo die periodisch oder dauernd fließenden Wasser versiegen, lagern sich die feinsten Schlammteilchen und die chemisch gelösten Salze ab; deshalb sind Lehmwüste und Salzsteppe auf das engste verbunden. In dem Maße, wie der Salzgehalt des Bodens zunimmt, verschwindet die Vegetation, und endlich entstehen jene seltsamen Takyrböden, die längs der transkaspischen Bahn mit ihrer silbergrauen Fläche jedem Reisenden in die Augen fallen. Im Frühjahr, wenn der Schnee im Gebirge schmilzt, wenn heftige Regengüsse die Ebenen tränken, da spriest und blüht eine reiche Flora auf der Lehmsteppe empor. Tulpen und Schwertlilien, *Colchicum*, *Bongardia*, *Leontice*, farbenprächtige Mohne und elegante Delphinien prangen im herrlichsten Blütenschmuck. Schwärme von Zugvögeln beleben die Steppe, und die Herden der Turkmenen finden reiche Nahrung. Dann kommt der Sommer mit seiner Hitze, und matt und dürr sinken die Blüten zusammen. Der dürre Lehmboden tritt wieder zu Tage, und nur grau-grüne Artemisien erfüllen die trockene Luft mit ihrem balsamischen Duft, und *Alhagi camelorum* bringt etwas Abwechslung in die eintönige Färbung des Bodens.

Wo aber das Salz im Boden sich anreichert, da gedeihen üppige Felder von *Salicornia herbacea*. Ihre zartgrünen oder fleischroten Blüten umkränzen mit heiteren Farben den silbergrauen Teppich des

Takyr, den scharfe Trockenrisse in polygonale Felder zerschneiden und dabei die ausgezeichnete Schichtung der ganzen Ablagerung enthüllen. Die Fußspuren der letzten Zugvögel bleiben die einzigen Zeichen des Lebens, und bald zaubert nur noch die Fata Morgana-trägerische Wasserspiegel auf die leblose Wüste.

Manche Wasseradern bringen nur wenig Schlamm, dafür aber chemisch gelöste Salze nach den flachen Senken der abfluslosen Gebiete. Hier entstehen Salzseen und Gipslager. Von hohen Sanddünen rings umgeben, liegt glatt und weiß wie eine frischbeschneite Eisfläche der Salzsee bei Mullahkara. Tausende von Zentnern Salz werden in jedem Jahr daraus gewonnen und durch lange Kamel-Karawanen nach der Bahn gebracht, aber immer ersetzt sich das Salz, immer wieder strömen salzige Zuflüsse der Wanne zu. Ein Kranz grünen Buschwerkes umzieht einen Teil des Ufers. Ginsterartige Ephedra-Bäume, Binsenbestände und stachelige Akazien bilden eine dichte Hecke; dazwischen erheben sich hellgrüne Tamarisken. Ihre elegant herabhängenden Äste tragen eine rote Blütentraube, fein und zart wie eine Marabufeder. Hier bedeckt schwarzer, nach Schwefelwasserstoff riechender Schlamm den Boden des Salzsees, an andern Stellen überzieht ihn eine blendendweiße Kruste schöner Salzkrystalle. Dichte Schwärme von *Artemia salina* treiben sich in der Mutterlauge herum, und bisweilen ist das Salz sogar rötlich gefärbt von den darin eingeschlossenen Krebschen. Ein zweiter Salzsee in der Nähe ist bedeckt mit einer dicken Salzdecke, blendend weiß wie frischgefallener Schnee. Unregelmäßige Öffnungen lassen an manchen Stellen erkennen, daß auch auf dem Boden Salzkrystalle ausgeschieden werden. Der graue Lehm Boden ist ganz gespickt mit eleganten Gipsdrusen, die wie das Salz immer aufs neue entstehen und plötzlich an einer Stelle erscheinen, wo man sie früher nicht bemerkt hat.

Nachdem wir so die neptunischen Ablagerungen in der Wüste geschildert haben, wenden wir uns dem Reiche des Aeolus zu, um die Sandwüsten und Lösgebiete von Turkestan zu betrachten.

Mit unglaublicher Kühnheit hat General Annenkoff die transkaspische Bahn zwischen Merw und Buchara 200 km lang mitten durch die Sandwüste gelegt. Und wenn man von dem langsam fahrenden Zug Tausende von gelben Sandbergen mustert oder von irgend einer der kleinen Stationen hinaus in die grofsartige Dünenwelt wandert, dann mischt sich zu dem wissenschaftlichen Interesse immer das Gefühl der Bewunderung für die grofse Kulturmission, die der russische Soldat in Central-Asien erfüllt hat.

Die Bilder aus v. Middendorf's Ferghana, Muschketow's Turkestan und Sokolow's Dünenwerk traten hier mir lebhaft vor die Augen, und

manche Notiz, die ich in diesen Büchern kaum beachtet hatte, gewann lebensvolle Gestalt, als ich rings von Barchanen umgeben war.

Während des ganzen Sommers weht über die Karakum ein von Norden kommender Wind. Sandwolken treibt er vor sich her, und wo sich am Boden ein kleines Hindernis findet, da bildet sich rasch ein flacher Sandhaufen. Ein alter Buchariot, der sein kleines Gütchen am Kasak Hanim-Kurgan bei Murgak bebaut, erzählte mir, dafs zu Lebzeiten seines Grofsvaters vor etwa 60 Jahren der erste Flugsand zwischen seinen Feldern erschienen sei. Jetzt legt sich eine lange Sandwehe von 2 m Höhe an die Gartenmauer, und nahe bei dem Gehöft liegen auf dem ebenen Lehmboden über 100 Sicheldünen in allen Stadien der Entwicklung, die ich (unter freundlicher Hilfe des Herrn Apotheker Reinhard aus Buchara) mafs und kartographisch aufnahm.

Die flache schildförmige Urdüne bildet wieder selbst ein Hindernis für den herantreibenden Sand, der da entlang läuft, wo er die wenigsten Widerstände zu überwinden hat. Demgemäfs wachsen am Vorderende des Sandhaufens zwei sich immer mehr verlängernde Sichelarme heraus. Der Sand rollt über den flachen Rücken entlang und fällt dann an dessen Kopf hinab. So bildet sich im Profil durch die windgetriebenen rollenden Sandkörner ein mit 10° flach ansteigender Rücken, durch die abfallenden Sande aber eine unter 35° scharf abgesetzte Stirn, und der Grundriß des flachen eiförmigen Sandhaufens verwandelt sich in eine 35 Schritt breite und 33 Schritt langgezogene Halbmondgestalt — die typische Sicheldüne, der turkestanische Barchan ist fertig. Oft kommen zwei benachbarte Barchane so nahe aneinander, dafs sie seitlich verschmelzen, und solche Zwilling- und Drillings-Barchane lagen überall zwischen den Einzeldünen.

Alle diese Barchane von modellartiger Figur waren durch einen Nordwind gebildet und öffneten ihre Sichelbucht nach Süden, als ein heftiger Süd Sturm sich erhob und ungeheure Sandmassen durch die Luft jagte. Auf 50 Schritt konnten wir uns zu Pferd nicht mehr sehen, heftig schmerzten Gesicht und Hände, und nachdem ich eine charakteristische Sicheldüne genau markiert hatte, suchten wir in dem nahen Gehöft Schutz vor dem Sandtreiben. Nach einer Stunde ritten wir wieder nach den Dünen. Noch immer war die Sonne verdunkelt, und lange muften wir suchen, ehe wir in dem wilden Sandsturm die markierte Düne wiedergefunden hatten. Jetzt war die Form der Sicheldüne vollkommen verändert, die scharfe Kante war verschwunden, die spitzen Sichelarme abgerundet, und eine kleine bandartige Abdachung, nach Norden gerichtet, schlang sich quer über den Sandhügel hinweg. Die Sichelarme hatten sich um 15 cm, die Mitte der Bucht um 10 cm

verschoben, der Dünenrücken aber war um 50 cm nach Norden gewandert.

Mit einem Male wurde mir jetzt eine Erscheinung klar, die ich bei meiner Fußwanderung durch die 48° heißen Dünen bei Perewal beobachtet hatte, ohne eine Erklärung dafür zu finden, und die in viel prächtigerer Weise einige Tage später das Sandmeer der Karakum zeigte.

Wenn man von einer hohen Sanddüne umherblickt über das gelbe Sandmeer, das bis zum fernen Horizont nach allen Seiten zu fluten scheint, wenn ein Dünenberg hinter dem andern auftaucht und das Auge wie auf hoher See nirgends einen Ruhepunkt findet, dann kann es dem Beobachter nicht entgehen, wie die Einzelform dieser unzähligen Sicheldünen auch im Gesamtbild der Dünenlandschaft zum Ausdruck kommt. Blickt man, dem herrschenden Wind entgegen, nach Norden, dann erscheinen in parallelen Zügen die seitlich verschmolzenen Zwillings-Barchane wie flachgewellte Bogenlinien hintereinander. Ihre Front stürzt steil zur Tiefe ab, und aus vielen dieser Sandthäler wachsen kleine grüne Oasen von *Ephedra*, *Calligonum*, *Anabasis*, *Ammodendron* empor. Schaut man nach Süden, dann glaubt man zahllose runde Sandkuppen zu sehen, eine taucht hinter der anderen auf, und alle Vegetation scheint verschwunden bis auf einzelne hellgrüne Büsche von *Aristida purgens* oder den dünnen Stamm eines *Ammodendron*, dessen zarte Zweige wie ein Springbrunnen auf den Sand herabhängen.

Am interessantesten aber erscheint das Sandmeer, wenn wir seine Konturen im Profil nach Osten oder Westen betrachten. Dann glaubt man ein in Bewegung befindliches Meer zu sehen. Wie breite, glatte Dünungswogen heben sich die schwerfälligen Sandwellen empor und branden in die Tiefe hinab, — eine durch Insolation zertrümmerte und durch Deflation flüssig gewordene Felsmasse.

Oft legen sich so viel Barchane seitlich aneinander, daß ein langer Wellenkamm entsteht, und wenn das ganze Jahr eine Windrichtung vorherrscht, dann verwandeln sich ohne Zweifel die Barchanreihen der Karakum in die regelmässigen langgestreckten Sandkämme wie sie aus der Libyschen Wüste bekannt sind. In der Karakum kommt es nicht dazu, denn im Oktober beginnt der Wind aus Süden zu wehen. Bei Murgak war ich Zeuge dieses Umschlagen des Windes gewesen und hatte mit eigenen Augen den Beginn der Formveränderung an den Barchanen studieren können. Bei der zweiten Durchfahrt durch die Sandwüste von Repetek war der Prozeß schon weiter vorgeschritten: die Dünen waren umgekrempelt, ihre Kante war nach Norden umgeschlagen, und als ich dann in Askabad Herrn Ingenieur

Paletzki kennen lernte, der seit Jahren an der Aufgabe arbeitet, die Dünen längs der transkaspischen Bahn festzulegen, erfuhr ich aus seinem Munde die Gesetzmäßigkeit der von mir beobachteten Erscheinungen.

Während des ganzen Sommers herrscht nämlich ein nach Osten abgelenkter Nordwind. Unter seinem Einfluß bilden sich die Tausende der nach Süden geöffneten Sieldünen. Viele verschmelzen seitlich mit einander und würden sich in lange Sandberge, ähnlich den Küstendünen verwandeln, wenn nicht Ende Oktober der Südwind einsetzte. Die Barchane krepeln sich um, und von November bis Ende Januar wandert der umgeschlagene Dünenkamm über seinen eigenen Rücken hinweg 12 m nach Norden. Würde der Winterwind dem Sommerwind genau parallel sein, so könnten die seitlich verschmolzenen Barchanreihen gemeinsam nach Norden wandern; aber die Windabweichung von 10° bedingt es, daß sich die Ketten trennen und im Januar neu gruppieren. Mit Februar setzt der Nordnordostwind ein und treibt den Dünenkamm wieder zurück. Da er stärker und länger weht, kann jetzt die Düne 18 m wandern, sodaß in jedem Jahr ein Überschufs von 6 m Sand von dem Bahndamm entfernt werden muß. Es ist zu erwarten, daß die jetzt begonnene Bepflanzung eines 5 km breiten Streifens neben der Bahn diesem gefährlichen und kostspieligen Sandtreiben Einhalt thut.

Zahllose Flüsse und Bäche versiegen im Sandmeer, und wenn sie schlammiges Wasser führen, bildet sich eine fruchtbare Oase mitten im Sande; enthalten sie gelöste Salze, dann entsteht dort ein Salzsee oder ein salzreicher grauer Takyrboden. Bei Repetek bilden sich aus dem gipshaltigen Grundwasser einer flachen Senke innerhalb des Sandmeeres prachtvolle Drusen fingerlanger Gipskrystalle, die immer wieder wachsen, wenn man den Boden von ihnen befreit hat, wie solches bei Anlage einer 2200 qm großen Pflanzschule von Paletzky beobachtet wurde.

Nur ein Fluß durchschneidet ungestraft die Karakum und findet erst im Aral-See sein frühes Ende. Der altberühmte Oxus oder Amudarja. Ich habe noch nie einen so unheimlichen Eindruck von einem Fluß gehabt, als bei der zweimaligen Fahrt über die niedrige lange Holzbrücke bei Tschardschui. In zahllosen Wirbeln strudelt und gurgelt das schlammige Wasser mit reifsender Geschwindigkeit. Feingeschichtete Schlammبانke im Strom verändern jedes Jahr ihre Gestalt, und bei Hochwasser drängt seine Flut so gewaltig an das rechte Ufer, daß bei Farab 8000 Menschen Tag und Nacht arbeiten mußten, um die gefährdeten Dämme zu schützen. Nach einer Mitteilung von Ingenieur Kikodze drängt der Fluß in 20 Jahren etwa 1 Werst nach rechts.

Diese Thatsache kann zwar nicht die vielbesprochene Hypothese beweisen, daß der Oxus in historischer Zeit in den Kaspi geflossen sei; denn um die 800 km breite Fläche von dort her zu durchwandern, würde er rund 15 000 Jahre gebraucht haben. Aber eine andere Erscheinung findet hierin ihre Erklärung: Das Sandmeer zwischen Merw und dem Oxus ist 200 km breit, rechts vom Fluß folgt abermals eine Sandzone von 100 km, und auf beiden Ufern hat der Sand dieselbe Beschaffenheit. Wenn der Sand jedes Jahr 6 m nach Süden wandert und gleichzeitig der Fluß nach Nordosten drängt, so muß der Sand in irgend einer Weise das Oxus-Bett überschreiten. Und da die Breite des Flusses ein direktes Hinüberfliegen des Sandes unmöglich macht, ist es unabweisbar, daß die am rechten Ufer losgerissenen Sandmassen eine Strecke lang stromabwärts getrieben und am linken Ufer wieder abgesetzt werden. Dort beginnt der Wind den unterbrochenen Transport aufs neue und treibt den gereinigten Sand wiederum in hohen Sieldünen nach Süden.

Man plant jetzt den Bau einer eisernen Brücke über den Amudarja und hat zur Untersuchung des Flußbettes 8 Tiefenbohrungen im Fluß angelegt. Herr Eisenbahn-Direktor Iwanowski hatte die Güte, mir das Originalprofil und die Bodenproben zur Untersuchung zu überlassen. In Verbindung mit den Resultaten anderer Bohrungen, die Herr Chef-Ingenieur Uspenski geleitet hat, und Ausschachtungen, die ich selbst angelegt habe, bin ich jetzt in der Lage, das vielbesprochene Oxus-Problem geologisch-empirisch zu diskutieren, und hoffe demnächst eine besondere Abhandlung darüber zu veröffentlichen.

Wie eine gelbe Stratuswolke verhüllte der Wüstenstaub tagelang den Horizont, Staubwolken lösten sich von der Steilwand des Kubadagh ab und wirbelten lustig hinaus über die blaue Meeresbucht, Staubnebel zogen wie flackernde Flammen über die Lehmsteppe bei Perewal, Staubtromben drehten sich langsam über die von der Mittags-sonne erhitzte Ebene. Am Fuß des Kopet-dagh und in der Umgebung von Samarkand sind die Staubmaterialien als 20 mm hohe Lößmassen aufgeschichtet und in zahllosen guten Aufschlüssen der Untersuchung zugänglich. Was Ferdinand von Richthofen von dem Osten Central-Asiens beschrieben hat, trifft Wort für Wort auf Turkestan zu. Ungeschichtete gelbe Lehmwände, von vertikalen Klüften durchzogen, von senkrechten engen Thalschluchten zerschnitten, sind oft so fest diagenetisch verkittet, daß das Gestein mit muscheligen Bruch unter dem Hammer klingt. Lößschnecken fand ich nicht, Wurzelröhrchen sind häufig, und lange Zungen von Geröll keilten sich bei der Ruinenstadt Chiviabad, nahe der persischen Grenze, im ungeschichteten Löß aus.

Nur ein Problem beschäftigt mich oft, und das wenige, was ich darüber beobachten konnte, möchte ich hier zur Sprache bringen: Dafs der Löfs durch Deflation von den Felsen abgetragen, dafs er äolisch abgelagert wird, ist heute nicht mehr Gegenstand der Diskussion. Aber unter welchen Umständen erfolgt der Niederschlag des Staubes? Sinkt er nur durch seine Schwere zu Boden, ist Regen und Tau dabei wirksam, wird dieser Vorgang durch die meteorologischen Umstände beschleunigt oder verlangsamt? Mehrfach war mir erzählt worden, dafs am frühen Morgen die stauberfüllte Luft klar und durchsichtig werde, und nachdem ich zwei Sonnenuntergänge auf einem 50 m hohen Minaret am Registan zu Samarkand beobachtend zugebracht und von dem 20 km entfernten Turkestan-Gebirge nur eine kaum erkennbare Kontur gesehen hatte, wanderte ich eines Morgens um 5 Uhr von der russischen Kolonie nach der Stadt Tamerlan's hinüber.

Die mit hohen Silberpappeln bepflanzte Strafe war tot und leer, hell glänzten die Sterne durch die Kronen der Bäume. Jenseits des Thales erschien die sartische Stadt in scharfem Umrifs auf dem lichten Morgenhimmel, die Bauwerke Timur's überragten mit ihren säulenartigen Flankentürmen die niedrigen Lehmhäuser der Sarten. Still und ruhig lag der Registan, der Schauplatz welthistorischer Ereignisse, das tägliche Theater für eine bunte orientalische Volksmenge. Rechts erhebt sich die mit blauen, weissen und gelben emaillierten Ziegeln herrlich geschmückte Medressee Schir dar, vor uns liegt die berühmte Universität Tilljah kari, links, nicht minder schön und altberühmt, Ulug Beg, von Timur's gleichnamigem Enkel erbaut. In bunten Mustern umkleiden Emailleziegeln die breite Fassade und die beiden Säulentürme, auf deren einen ich auf schmaler dunkler Treppe hinaufstieg. Rings lag die klassische Stadt zu meinen Füfsen; Tausende von viereckigen gelben Lehmhäusern, wie ein riesiges Mosaik gefügt, dazwischen dunkelgrüne Baumgruppen malerisch verteilt, die endlich im geschlossenen Kranz die ganze Stadt umgeben. Eine orientalische Stadt im Grünen, das ist der Zauber Samarkands. Aus einigen Häusern stieg der bläuliche Rauch des Morgenfeuers in die klare Luft, und der klagende Gesang des Mueddins rief die Mullahs zum Gebet. Auf dem Hof der Moschee zu meinen Füfsen sammelten sich die würdigen Greise an der Gebetsnische, und feierlich tönte die Stimme des Vorbeters.

Doch als ich mein Auge nach Südosten wandte, wo ich am gestrigen Abend kaum eine schwache Bergkontur erkannt hatte, da erhoben sich, durch einen dünnen Staubschleier nur wenig verhüllt, die schneeigen Gipfel des Turkestan-Gebirges. Trotz und scharf gezeich-

net wie die Kurfürsten am Walen-See umrahmten sie das herrliche Städtebild, das die aufgehende Sonne mit goldenem Glanze überstrahlte. Auf dem Registan wurde es lebendig. Und wie hier aus den Schatten der Nacht überall buntes fröhliches Leben erwachte, so erkannte ich in den sich senkenden Staubnebeln der centralasiatischen Steppe den Anfang jener Vorgänge, die am Rand der lebensfeindlichen Wüste blühende Oasen und fruchtbares Gartenland erzeugen.
