

Werk

Label: Chapter

Jahr: 1927

PURL: https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?251726223_0012|log10

Kontakt/Contact

[Digizeitschriften e.V.](#)
SUB Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen

✉ info@digizeitschriften.de

Lage und Abgrenzung des chilenischen Wüstengebietes. Allgemeines.

Die nordchilenische Wüste nimmt das gesamte Gebiet westlich der Andenkordillere bis zum Pazifischen Ozean ein, und zwar von 28° südl. Breite bis zur Nordgrenze Chiles, also ungefähr 18° südl. Breite. Die Längserstreckung beträgt demnach ungefähr 1100 km.

Das Wüstengebiet läßt sich bezüglich der Abtragungsbedingungen und der Formen deutlich in zwei Zonen trennen. Im Westen haben wir rein wüstenhafte Verhältnisse; im Osten, in den höheren Lagen, nehmen hochgebirgshafte Verhältnisse bereits einen größeren Raum ein und verdecken zum Teil die rein wüstenhaften Vorgänge. Die Grenze zwischen diesen beiden Hauptgebieten ist recht deutlich erkennbar. Sie befindet sich in der Nähe von 3000 bis 3500 m Meereshöhe. Wir wollen im Folgenden nur die Zone als chilenisches Wüstengebiet bezeichnen und einer Betrachtung unterziehen, in welcher hochgebirgshafte Kräfte fehlen¹⁾. Die Breite dieses Wüstenstreifens beträgt im Durchschnitt 100—200 km.

Die Andenkordillere fällt nicht unmittelbar ins Meer ab. Zwischen der eigentlichen Kordillere und der Küste befindet sich eine N-S verlaufende Ebene, die wiederum von der Küste durch einen deutlichen Gebirgszug, die Küstenkordillere, getrennt ist. Die zwischen Küstenkordillere und Hochkordillere liegende Ebene wird gewöhnlich „Großes Längstal“ (valle lonjitudinal) genannt. Wir wollen sie, da das Wort Tal nicht sehr glücklich ist, fernerhin als „Große Längsebene“ oder kurz „Längsebene“ bezeichnen.

Die Küstenkordillere steigt überall unmittelbar vom Meere auf und erreicht eine Höhe von 1200—1500 m, ja über 2000 m. Im Südteil unseres Gebietes steigt das Gelände, nachdem es diese Höhe erreicht hat, im Ganzen recht allmählich, im Einzelnen allerdings durch Bergzüge und Talungen gegliedert, gegen die Hochkordillere an, in die es bezüglich der Großformen ohne scharfe Grenze übergeht. Die Längsebene fehlt hier also, und wir haben das West-

1) Über den Formenschatz der chilenischen Hochwüste, insbesondere auch die morphologische Abgrenzung zwischen Hochwüste und normaler Wüste in Chile, soll an anderer Stelle gehandelt werden.

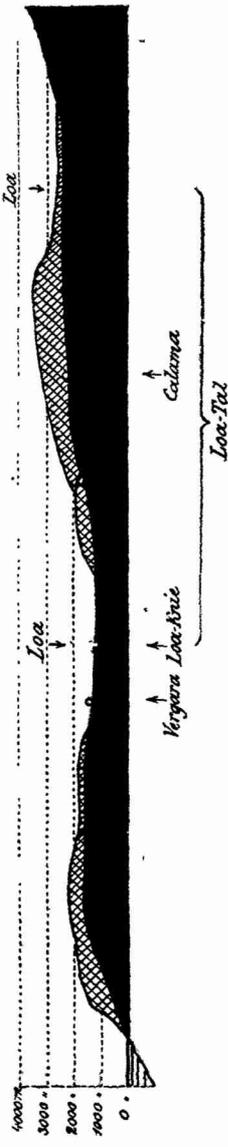


Fig. 3.
Querschnitt in
ungef. $22\frac{1}{2}^{\circ}$ S
(Loa-Knie).

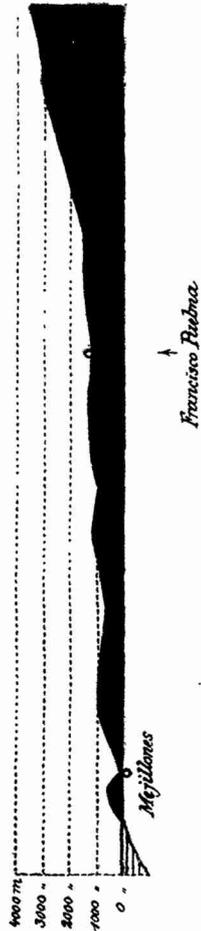


Fig. 2.
Querschnitt von westl. Mejillones über
Francisco Puelma nach Osten
($23\frac{1}{2}^{\circ}$ S).

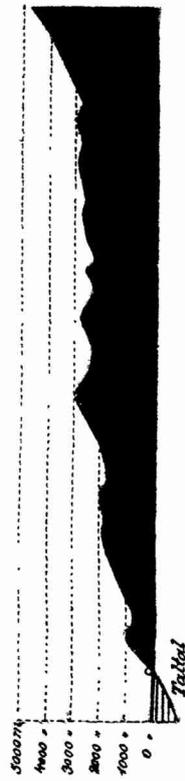


Fig. 1.
Querschnitt von Taltal nach Osten ($25\frac{1}{2}^{\circ}$ S).

Figuren 1—7. Querschnitte durch das chilenische Wüstengebiet. Längenmaßstab 1:1500000; Höhenmaßstab 1:800000. Figur 1 vereinfacht nach Darapsky (vgl. Zitat unten Abschnitt Taltal-Wüste); Figuren 2—7 entworfen nach der Mapa de Chile, Escala de 1:500000. Publicado por la Oficina de Mensura de Tierras. Die Höhen sind bis auf einige unmittelbar der Karte entnommene oder selbst gemessene nur geschätzt. Die Profile sind also nicht ganz genau, sondern sollen nur einen richtigen Eindruck von der orographischen Gliederung geben. Die schraffierten Flächen stellen Berge dar, die zwar vor oder hinter der eigentlichen Profilinie liegen, jedoch zur Charakterisierung des orographischen Bildes nicht fehlen durften.

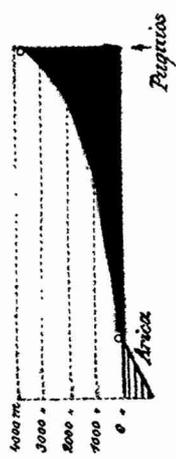


Fig. 7.
Querschnitt von Arica nach Nordosten.



Fig. 6.
Querschnitt von Pisagua nach Osten
(19½° S).

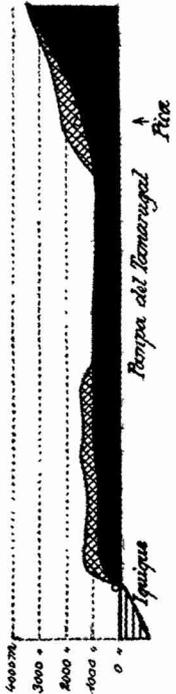


Fig. 5.
Querschnitt von Iquique nach Pica (20° S).



Fig. 4.
Querschnitt von Tacapilla nach Osten
(22° S).

Ost-Profil, wie es Fig. 1 zeigt. In der Gegend von Antofagasta sind die Verhältnisse noch ganz ähnlich (Fig. 2). Unmittelbar nördlich der Breite von Antofagasta beginnt das Längstal sich zu entwickeln und ist dann sofort sehr deutlich. Weniger als 100 km nördlich des in Fig. 2 dargestellten Profils ist infolgedessen das Profil bereits ein ganz anderes (Fig. 3).

Die Küstenkordillere erreicht hier eine Höhe von über 2000 m, während die Längsebene durchschnittlich 1300 m hoch liegt. Die Längsebene bleibt bis fast zum äußersten Norden sehr deutlich, während ihr Niveau sich langsam, aber ziemlich stetig nach Norden zu senkt. Erst nördlich von Pisagua beginnt die Längsebene in eine von der Hochkordillere auf das Meer zu abfallende Ebene überzugehen.

Bei Toco hat demnach die Längsebene bereits an Höhe verloren, während die Küstenkordillere ihre Höhe noch behält (Fig. 4).

Bei Iquique haben wir das durch Fig. 5 dargestellte Bild.

In der Gegend von Pisagua hat auch die Küstenkordillere an Höhe verloren; das Bild ist jedoch grundsätzlich immer noch das gleiche wie vorher (Fig. 6).

Demgegenüber ist das Profil bei Arica etwas anders (Fig. 7).

Einen ungefähren Überblick über die Verteilung der Großformen gibt die Lageskizze der untersuchten Wüstengebiete (Fig. 8).

Die klimatischen Verhältnisse, deren Behandlung an dieser Stelle vielleicht erwartet werden könnte, sollen erst am Schlusse der Arbeit besprochen werden. Nur soviel sei hier gesagt, daß das gesamte in Rede stehende Gebiet, mit Ausnahme einiger engbegrenzter, lokal bedingter Gebiete am Westhange der Küstenkordillere, sowohl klimatisch als auch pflanzengeographisch als absolute Wüste bezeichnet werden muß, wenn man der bisherigen Nomenklatur folgt. Ich gedenke im Laufe der Arbeit zu zeigen, daß die bisherige Nomenklatur in Chile wenigstens der Verfeinerung bedürftig ist.

In der für die Untersuchung der chilenischen Wüstengebiete zur Verfügung stehenden Zeit war es nicht möglich, die gesamte Wüste zu durchreisen. Es wurden daher nur einzelne Gebiete, die in hinreichend gleichmäßigen Abständen voneinander liegen, genauer untersucht, insgesamt sieben verschiedene Gebiete (vgl. Fig. 8). Für die Untersuchung jedes einzelnen Gebietes standen knapp zwei Wochen zur Verfügung. Diese Durchschnittszeit genügte, um die räumlich eng begrenzten Gebiete so weit kennen zu lernen, wie es für die beabsichtigten Untersuchungen nötig erschien. Von den zwischen den genauer untersuchten Gegenden liegenden Teilen der

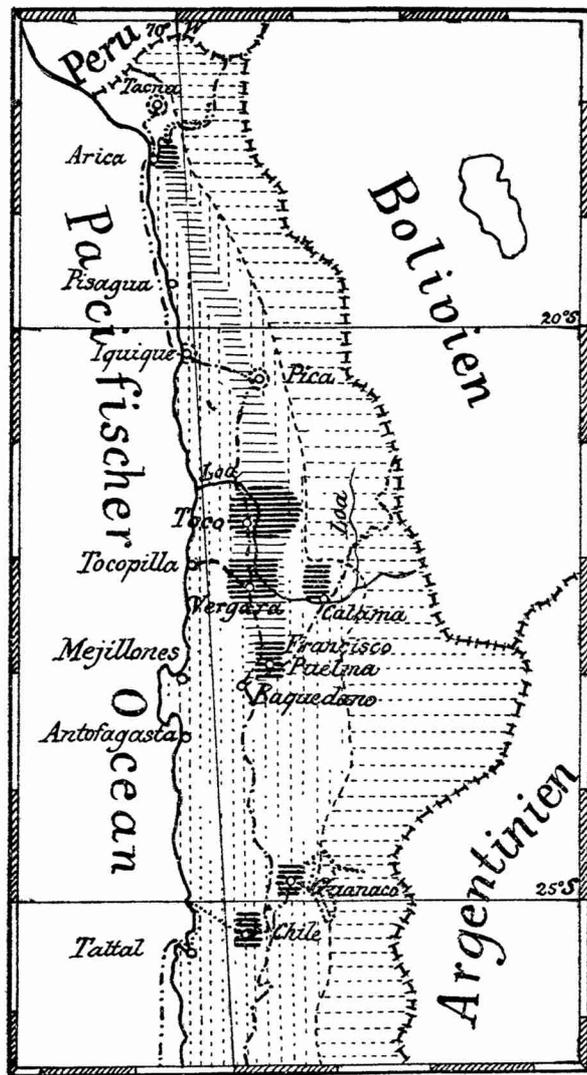


Fig. 8. Lageskizze der untersuchten Wüstengebiete. Maßstab 1:7500000.

- 
 Genauer untersucht.
- 
 Ausflug in die Umgebung.
- 
 Weg zu Fuß oder auf Reittier zurückgelegt.
- 
 Weg mit Auto zurückgelegt.
- 
 Eisenbahnfahrt.
- 
 Dampfer- oder Motorbootfahrt.
- 
 Westgrenze der Hochwüste bzw. -Steppe.
- 
 Große Längsebene.
- 
 Vorwiegend Hochwüste und -Steppe (einschließlich Hochgebirgswüste).
- 
 Bergzüge und Pampas abwechselnd.

Wüste gewann ich gelegentlich des mehrfachen Hin- und Herreisens einen wenigstens flüchtigen Eindruck. Daher konnten gewisse als typisch erkannte Formen in ihrem Wechsel von dem einen zum anderen Gebiet meist hinreichend gut verfolgt werden.

Im Verlaufe der Untersuchungen ergab sich, daß einige der chilenischen Wüstengebiete einen im Prinzip sehr übereinstimmenden Formenschatz aufwiesen, der sich auf das Wirken ganz gleichartiger Kräfte zurückführen ließ. Diese Gebiete sollen in der Darstellung als „Kernwüsten“ zu einer Gruppe zusammengefaßt werden. Es handelt sich um die mehr im Zentrum gelegenen Gebiete von Puelma (nordöstlich Antofagasta), Calama, Vergara (am Loa n. ö. Antofagasta, weiterhin als Paciencia-Wüste bezeichnet) und von Toco (östlich Tocopilla). Dazu kommt noch der Westabfall der Cordillera Domeyko östlich Taltal.

Die außerdem vom Verf. untersuchten Gebiete von Taltal (mit Ausnahme des oben ausgeschiedenen Teiles), von Iquique und von Tacna und Arica lassen sich wohl mit den küstennahen Gebirgswüsten zu einer Gruppe der Mittelwüsten zusammenfassen, sind jedoch untereinander immerhin so verschieden, daß ihre gesonderte Betrachtung ratsam erscheint. — Wir wollen jedoch, um Wiederholungen zu vermeiden, Formen, die in allen chilenischen Wüstengebieten die gleichen sind, nur an einer Stelle zusammenfassend beschreiben und dann, wo es nötig ist, nur darauf verweisen.

In der Puelma-Wüste wurde die Umgebung der Oficina Francisco Puelma untersucht ¹⁾. Diese Oficina liegt in einer breiten Talung, die von Nordosten kommend bei Baquedano in die dort kaum entwickelte Große Längsebene einmündet. Man kann die Talung, in der Francisco Puelma liegt, als eine Abzweigung der Großen Längsebene auffassen, von der sie ein verkleinertes Abbild ist. Die Meereshöhe der Oficina beträgt 1300 m.

Calama (Meereshöhe 2250 m) liegt 110 km nordöstlich von Francisco Puelma in einer Talung, die man ohne Zwang als Verlängerung der von Baquedano über Puelma verlaufenden Talung auffassen darf. Der Ort selbst liegt am Loa-Flusse, dessen perennierender Wasserführung er seine Existenz verdankt. Der Loa ist ein Fremdlingsfluß. Sein singulärer Formenschatz interessiert uns im Zusammenhange dieser Arbeit nicht. Die weitere, höher gelegene Umgebung hat einen der Puelma-Wüste ähnlichen Charakter.

1) Nach dieser Salitrera hat Verf. die von ihm dort untersuchte Gegend benannt. Der Name Puelma-Wüste ist in der Gegend selbst nicht bekannt; er soll nur zur Unterscheidung des vom Verf. dort untersuchten Gebietes von anderen Gebieten dienen.

Die Paciencia-Wüste wurde von der Oficina Vergara aus untersucht. Diese liegt ungefähr 100 km nordnordöstlich Baquedano etwas westlich der Stelle, wo der Loa, von Osten kommend, eine scharfe Biegung nach Norden macht („Loa-Knie“). Als „Llanos de Paciencia“ bezeichnet man eigentlich nur den in der Nähe des Loa-Knies gelegenen Teil der Großen Längsebene. Wir wollen hier die dortige Küstenkordillere, soweit sie zur Kernwüste gehört, mit in die Betrachtung einbeziehen. Die Meereshöhe der Oficina Vergara beträgt 1300 m.

Der Wüstenort Toco (Meereshöhe 1100 m) liegt ungefähr 60 km nördl. des Loa-Knies am Loa, der bei Toco genau die Längsachse der Großen Längsebene bildet. Die Längsebene wird hier im Osten nicht durch die Hochkordillere begrenzt, sondern durch die sog. Mittelkordillere, die von der Hochkordillere wiederum durch eine breite, von Calama nach Norden gehende Talung getrennt ist.

Den genannten Gebieten der Kernwüste ähnelt auffallenderweise ein Gebiet, das seiner geographischen Lage nach nicht zum Kern der chilenischen Wüste zu zählen ist, sondern eigentlich zur Taltal-Wüste gehören müßte. Es handelt sich um die höheren, am Westabhange der Cordillera Domeyko gelegenen Teile des Wüstengebietes östl. Taltal. Wir wollen dieses Gebiet, um Verwechslungen mit der eigentlichen Taltal-Wüste zu vermeiden, nach einer ziemlich in der Mitte gelegenen Wasserstelle Brea (3000 m) als Brea-Wüste bezeichnen. Die Gegend nahe dem Guanaco-Berg kann man gerade noch zur Brea-Wüste rechnen.

Als Zentrum der Taltal-Wüste, soweit sie von mir untersucht wurde, möchte ich die Oficina Chile der Compania Salitrera de Taltal nennen. Diese Oficina liegt in einer der breiten Talungen, die sich zwischen den verschiedenen Gebirgszügen befinden, in einer Meereshöhe von 1800 m.

Als Iquique-Wüste bezeichne ich das ganze Gebiet zwischen dem Kamm der Küstenkordillere bei Iquique über die Große Längsebene hinweg bis in die Gegend von Pica. Über die Höhenverhältnisse vgl. das Profil oben S. 7.

Die Umgrenzung der Tacna-, der küstennahen Gebirgs- und der Atacama-Wüste ist aus der Darstellung dieser Gebiete (vgl. die betreffenden Abschnitte) erkennbar ¹⁾.

1) Die Untersuchung der Mehrzahl der genannten Wüstengebiete wurde ermöglicht durch das Entgegenkommen und die lebhafte Unterstützung der verschiedenen Salpetercompanien bzw. Oficinen. Besonders nennen möchte ich die Herren Ingenieure Schütz und Michaelsen von der Compania de Salitres de Antofagasta, die uns den Aufenthalt auf den Oficinen Francisco Puelma und Vergara

So verschiedenartig die genannten Gebiete bezüglich der tektonischen Anlage auch sein mögen, so zeigen sie doch bezüglich der Ausgestaltung der Großformen eine weitgehende Übereinstimmung. Wie in vielen anderen Wüsten und sogar Halbwüsten und -steppen fallen drei Formengruppen als allein landschaftbeherrschend auf:

Die weiten, die Täler darstellenden Flächen, in Chile Pampas¹⁾ genannt, die auf beiden Seiten der Pampa befindlichen Berg- und Hügelzüge und, als drittes, landschaftlich gelegentlich etwas zurücktretendes Element, eine Anzahl von einzelnen Bergen und Hügeln, die sich wie Inseln aus der Pampa erheben. Abb. 1 gibt ein recht gutes Gesamtbild der Landschaft.

Die von A. Penck vorgenommene Unterscheidung in Flach- und Gebirgswüsten²⁾ ist für die im Folgenden behandelten Wüstengebiete nicht empfehlenswert, da die Ebenen und die Berg- und Hügelgebiete sehr stark ineinandergreifen und besonders betreffs ihrer klimatischen Verhältnisse oft schwer zu trennen wären.

ermöglichten. Herr Eduard Framm, Gerente der Compania Salitrera de Taltal, sicherte uns nicht nur die Unterstützung der ihm unterstellten Salitreren, sondern versah uns auch mit wertvollen Empfehlungsschreiben an andere Salpeter-Companieen. Die Compania Salitrera de Toco (Sloman) ermöglichte die Untersuchung der Toco-Wüste. Für die Bereisung der Iquique-Pampa waren die Mittel des Gildemeisterschen Salpeterunternehmens unentbehrlich. Allen diesen Herren und Stellen sei an dieser Stelle herzlichst gedankt. Damit ist die Reihe derjenigen, die uns in freundlichster Weise mit Rat und Tat unterstützt haben, noch bei weitem nicht erschöpft; insbesondere wurden wir von den Herrn Beamten der einzelnen Salitreren stets auf das Herzlichste aufgenommen. Leider muß ich es mir versagen, alle unsere Freunde namentlich aufzuführen. Unser Dank an sie ist deshalb nicht geringer.

1) Der Ausdruck „Pampa“ ist in Chile mehrdeutig. Einmal bezeichnet man alle baumlosen Ebenen, also auch die genannten Flächen in der Wüste, als Pampas; zum andern bezeichnet man die einzelnen Hauptsalpetergebiete als Pampas. Man spricht von einer Antofagasta-Pampa, von einer Toco- und von einer Taltal-Pampa und begreift dann in den Ausdruck natürlich auch die in diesen Gebieten liegenden Bergzüge mit ein. Um Mißverständnisse zu vermeiden, werde ich nur die Flächen als Pampa bezeichnen und sonst von „Wüste“ oder „Gebiet“ sprechen.

2) A. Penck, Die Morphologie der Wüste. Verhandlungen des XVII. Deutschen Geographentages zu Lübeck 1909. Berlin 1910 (S. 125 ff.)

I. Die Kernwüsten.

A. Die drei Hauptformengruppen. Problemstellung.

1. Die Berg- und Hügelzüge.

Es handelt sich mitunter um Ketten von recht geringer Länge, wenn man damit die für das Auge sichtbare Länge meint. Die Anlage und Richtung der Ketten läßt jedoch oft vermuten, daß sie sich unter dem Schutt der umgebenden Pampas (s. unten) fortsetzen. Unter Berücksichtigung dieser Tatsache lassen sich nicht selten derartige Ketten zu mehr oder minder gestaffelten längeren Gebirgszügen zusammenfassen. Längere, noch nicht durch Verschüttung oder Abtragung in einzelne Teile aufgelöste Ketten fehlen natürlich ebenfalls nicht.

Die Gesteinsverhältnisse der chilenischen Kernwüste wie auch der weiterhin zu betrachtenden Mittel- und Randwüsten sind nur an einzelnen Stellen genauer untersucht¹⁾. Sie mögen recht kompliziert sein. Im Großen betrachtet sind sie recht einfach. An Sedimentgesteinen finden wir vorwiegend jurassische Kalke, Mergel, Tone und Sandsteine, nicht selten stark gefaltet und verworfen. Zwischen diese lagern sich mesozoische Ergußgesteine von porphyrischem und porphyritischem Charakter. Tiefengesteine finden sich nicht selten, so in der Nähe der Hochkordillere Granite und Syenite. Auch Diorite habe ich unter alluvialem Geröll gefunden. Daneben finden sich in ungeheurer Verbreitung tertiäre Liparite und auch Andesite. Die Liparite fehlen in der Küstenkordillere. Dort treten nach der bisherigen Kenntnis nur Porphyre und Porphyrite neben den oben genannten Tiefen-

1) Vgl. die einschlägigen Angaben in dem von J. Brüggem geschriebenen Abschnitt „Geologische Zusammensetzung und geologische Vorgänge“ der Landeskunde von Chile (Martin), Hamburg 1923. Für mündliche Auskunft über die Gesteinsverhältnisse des chilenischen Wüstengebietes im ganzen bin ich Herrn Professor H. (J.) Brüggem-Santiago und Herrn Dr. Fritzsche-Santiago, beides ausgezeichneten Kennern der Geologie des chilenischen Wüstengebietes, zu großem Danke verpflichtet. Die vorläufige Bestimmung der mitgebrachten Gesteinsproben hat freundlicherweise Herr Privatdozent Dr. Brinkmann-Göttingen übernommen.

gesteinen auf. Besonders die Porphyre und Liparite zeigen oft eine große Ähnlichkeit und sind makroskopisch nicht selten überhaupt nicht zu unterscheiden, sondern nur nach der Lagerung zu datieren¹⁾.

Entsprechend der weiten Verbreitung gerade dieser beiden Gesteine macht das chilenische Wüstengebiet bezüglich der Gesteinsverhältnisse auf den ersten Anblick einen ungeheuer gleichförmigen Eindruck. — Einzelheiten der Gesteins- und Lagerungsverhältnisse sollen, soweit sie morphologisch von Bedeutung sind, an den in Betracht kommenden Stellen erwähnt werden.

Auffallend ist nun folgendes. Die Berg- und Hügelzüge sind nicht, wie man es in einer Wüste vielleicht erwarten könnte, glatt und ungegliedert, sondern sind weitgehend in einzelne Berggebilde aufgelöst. Auch die Hänge sind kräftig durch Erosionsrinnen zerschnitten (Abb. 2—6). Diese „Runsen“ sind oft überaus engständig angeordnet. Der gegenseitige Abstand beträgt oft nur 1—2 m. Die Anordnung ist nur dort lichter, wo, im ganzen seltener, die Hänge der Berge mit Blockschutt bedeckt sind. Die Runsen vereinigen sich, ganz wie in den feuchteren Gebieten, zu etwas größeren Gehängetälern und schließlich richtigen, die Berggebiete durchreifenden Tälern (Fig. 9). Die größeren dieser Erosionshohlformen sind es, die die Bergmassive so häufig in einzelne Hügelindividuen auflösen. Im ganzen haben wir in den Berg- und Hügelgebieten stets ein völlig lückenloses, kontinuierliches Entwässerungsnetz vor uns. Sogar eine richtige Anzapfung eines Trockentales durch ein anderes habe ich (bei Las Vegas in der Cordillera Domeyko) beobachtet.

Das Zusammenschließen der kleineren Runsen erfolgt auf mehrerlei Weise. In der Regel geschieht es auf schnellstem Wege, sodaß das uns aus den humiden Gebieten geläufige Bild entsteht.

Nicht so oft, aber doch auch wieder nicht allzu selten, laufen die Erosionsrinnen einfach den Hang abwärts, ohne sich unmittelbar zu vereinigen (vgl. Abb. 3, 4). An runden Kuppen verlaufen sie dann geradezu zentripetal (vgl. Abb. 5). Diese Art der Anordnung ist an den steileren Hängen die häufigere. Wir können die engständigen Runsen nach ihrer Entstehung und auch nach ihrer Wirkung auf die Formen als einen Sonderfall der Flächenabspülung auassfien²⁾.

1) J. Brüggem, El Salar de Pintados (a. a. O.; vgl. Zitat im Abschnitt II B, S. 5.

2) Vgl. S. Passarge, Die Grundlagen der Landschaftskunde, Bd. III, Hamburg 1920, S. 240, und L. Waibel, Gebirgsbau und Oberflächengestalt der Karrasberge in Südwestafrika. Mitt. aus den Deutschen Schutzgebieten, Bd. XXXIII, Berlin 1925, S. 30.

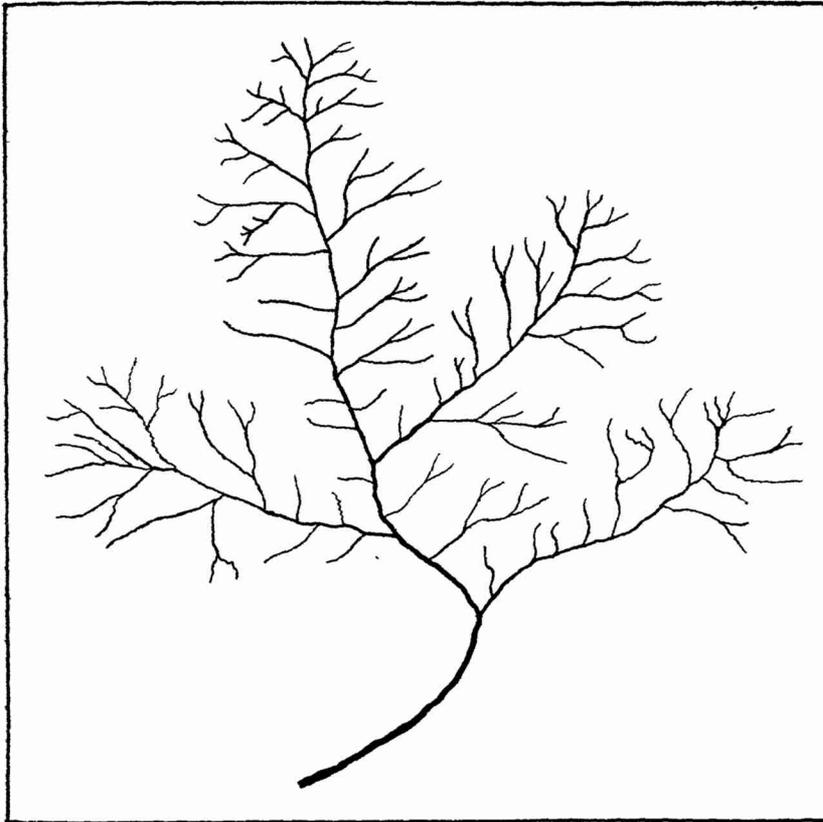


Fig. 9. Entwässerungsnetz in einer Hügelgruppe der Puelma-Wüste. Zusammen- gestellt nach verschiedenen Skizzen des Verf. Die kleinsten Gehängerunsen sind nicht eingetragen, da sie das Bild verwirren würden. Maßstab ungefähr 1:5000.

Verschiedentlich kann man sehen, daß diese eigentlich parallel laufenden Runsen sich im unteren Teile des Berghanges doch noch zusammenschließen, sodaß das auf Abb. 6 wiedergegebene Bild entsteht. Mitunter werden auf diese Weise Mulden in den Hang hineingearbeitet, wenn die Mulden nicht etwa vorher schon da gewesen sind und der Anordnung der Runsen den Weg vorgezeichnet haben. Es ist nämlich, soweit meine Beobachtungen gehen, auffallend, daß diese letztere Anordnung der Gehängerunsen mit wenigen Ausnahmen sich gerade dort findet, wo man auch sonst Einmündungen in den Bergflanken findet und wo die Wahrscheinlichkeit des Vorhandenseins von unter etwas anderem Klima gebildeten Vorzeitformen vorliegt (vgl. den Abschnitt Taltal-Wüste, Vorzeitformen).

Die einzelnen Gipfel in den Berg- und Hügellgebieten sind, zum mindesten im oberen Teile, stets zugerundet. Steile Felsen oder Klippen, Herauspräparierung von Leisten usw. findet man in der Kernwüste fast nie.

Besitzt der Bergzug eine erhebliche relative Höhe, so ist seine Auflösung durch Erosionsformen meist gering. In der Hauptsache sind dann nur die Kämme aufgelöst, während die Bergflanken noch stärkeren Zusammenhang zeigen. Der Kamm selbst hat nichts Gratartiges. Seine Oberfläche zieht sich in der Längsrichtung des Bergzuges mehr oder minder flachwellig dahin (Abb. 13, 20). Die Rundung der Formen äußert sich darin, daß die Fläche der Kämme in allmählich zunehmendem Gefälle in den oft recht steilen Hang übergeht (Abb. 2, 3, 5, 6).

Besitzt die Berggruppe eine geringe relative Höhe, so ist die Auflösung durch Erosionsformen in der Regel sehr stark, und zwar mitunter so bedeutend, daß man nur noch eine Gruppe von dicht gedrängten Einzelhügeln vor sich hat. Die einzelnen Hügel sind recht klein. Wenn ihre relative Höhe 20—50 m beträgt, was die Regel ist, so dürfte ihr Radius mit ungefähr 50—100 m richtig angegeben sein (vgl. z. B. Abb. 8, Vordergrund).

2. Die Pampas.

Die Talungen oder Pampas sind entweder lange Talzüge, oder ihre Form nähert sich mehr der von Wannen oder Becken. Der Talboden ist nie völlig eben, sondern steigt stets nach irgend einer Richtung sehr allmählich, aber doch merklich an. Bezüglich der Schätzung der genauen Gefällsverhältnisse muß man sehr vorsichtig sein. Bei flüchtiger Beobachtung hat man nämlich den Eindruck, daß die Fläche der Pampa in der Nähe des Beschauers fast völlig wagerecht ist, daß sie jedoch mit zunehmender Entfernung immer stärker und schließlich in der Nähe der begrenzenden Berge sehr stark ansteigt. Die aus den Bergen kommenden Täler erscheinen gegenüber dem im Vordergrund sichtbaren Niveau des Talbodens oft als Hängetäler, obwohl sie es nicht sind (Abb. 13, rechts hinten). Dieser erste Eindruck ist nicht ganz richtig. Hat man eine größere Zahl derartiger Ebenen durchquert, so findet man immer wieder, daß das Gefälle derselben zwar auf die randlichen Berge zu häufig zunimmt, sich im ganzen jedoch nur wenig ändert, zum mindesten an keiner Stelle auch nur merklich steil ist (Abb. 7)¹⁾. Steht man in der Mitte bzw. in der

1) Vgl. jedoch die gegenteilige Beobachtung A. Pencks in Nordamerika (Die Morphologie der Wüsten, a. a. O. S. 128): „Diese obersten Schuttkegelpartien sind gewöhnlich außerordentlich steil.“

Längsachse einer solchen Talung, so steigt das Gelände nach allen Seiten langsam auf die umgebenden hügelartigen Berge an. Die Form ist, wie in anderen ariden Gebieten ebenfalls, ganz deutlich die riesenhafter Schuttkegel, die sich aus einer Anzahl benachbarter Schuttkegel zusammensetzen. Meist kann man, auch aus der Entfernung, die Wurzeln der Schuttkegel bis in die Berge hineinverfolgen (Fig. 10). Nicht selten sieht man, daß die von gegenüberliegenden Bergzügen kommenden, überaus flachen Schuttkegel sich in der Nähe der Mitte der Talung verschneiden (Fig. 11). Bei den sehr großen Pampas, insbesondere bei der eigentlichen Großen Längsebene, ist die Verschneidung nicht sichtbar. Es entsteht eine Muldentabung mit im Querprofil ebener Mitte (Fig. 10).

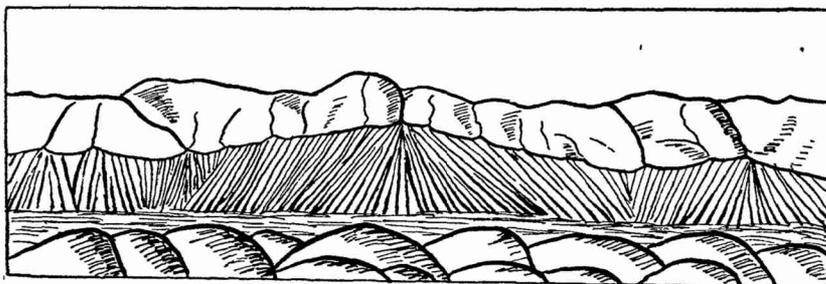


Fig. 10. Blick über eine breite Talung (Pampa) hinweg. Vordergrund kuppige Hügel. Im Mittelgrund die ebene Talmitte; dahinter die langsam ansteigende, in der Natur wie auf der Skizze jedoch steil erscheinende Fläche der Schuttkegel, die von dem im Hintergrunde befindlichen Bergzuge kommen. Talrichtung von links nach rechts. Skizze nach der Natur.

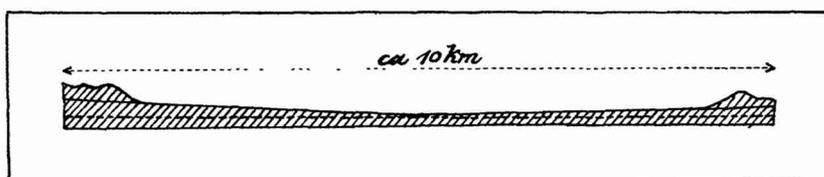


Fig. 11. Schematisches Querprofil durch eine Pampa.

Der oben erwähnte Irrtum bezüglich des Gefälles der Schuttkegel, der in Chile bei flüchtiger Beobachtung entsteht, hat in den eigenartigen optischen Verhältnissen der chilenischen Kernwüste seinen Grund. Die Luft ist stets überaus klar, man sieht infolgedessen geradezu ungeheuerlich weit. Da die Landschaft völlig vegetationslos ist, so fehlt für die Schätzung der Größen und Entfernungen jeder Maßstab. Nur selten äußert sich dies in einer Überschätzung der Entfernungen; in der Regel unterschätzt man alle Entfernungen bei weitem. Bergzüge, die 50, ja 100 und mehr

Kilometer weit entfernt sind, glaubt man in wenigen Stunden, ja mitunter in Bruchteilen von Stunden mit dem Pferde erreichen zu können. Selbst wenn man sich von diesem Irrtum verstandesmäßig frei gemacht hat, so bleibt er doch im Unterbewußtsein lange bestehen. Da man nun die Berge so klar und nahe sieht, empfindet man die starke Verkürzung, in der man die langsam ansteigende Schuttfläche sieht, als Steilheit, und zwar diese zunehmend mit zunehmender Entfernung vom Beschauer. Da ich selbst immer wieder erneut Mühe gehabt habe, mich von diesem falschen Eindruck frei zu machen, glaube ich nicht genügend betonen zu können, daß in Chile dieser Eindruck überall, wo ich in der Lage war, ihn nachzuprüfen, getrogen hat.

Über Einzelheiten des Profils der Schutthalden bezw. Pampas vgl. auch unten S. 41f.

Die Schuttkegel selbst, d. h. also die gesamte oder wenigstens fast die gesamte Fläche der Pampa, sind überzogen von einem Netz von ganz flachen Bachbetten von Wildbachcharakter (Abb. 8). Diese führen, ebenso wie die größeren Täler der Hügelgebiete, in Chile den bezeichnenden Namen „Rio seco“ (= trockener Fluß). Die Trockentäler folgen dem Gefälle der Schuttkegel, auf dem sie sich befinden. Es gibt nur wenige Pampas, die nicht von derartigen ríos secos durchzogen sind, obwohl Niederschläge in vielen Gebieten seit Menschengedenken nicht gefallen sind.

Bemerkenswert selten sind in den chilenischen Wüsten abflußlose Hohlformen vorhanden. Aus diesem Grunde findet man auch die aus anderen ariden Gebieten beschriebenen „trockenen Seen“, in Chile in wörtlicher Übersetzung „laguna seca“ genannt, nicht allzu oft. Auf Terrassen eines Fremdlingsflusses habe ich eine solche laguna größeren Ausmaßes gesehen und vielleicht in der Großen Längsebene östlich Tocopilla. In letzterem Falle handelte es sich jedoch eher um eine Überrieselungsfläche, die deutlich, aber sehr flach geneigt war, sodaß die Ablagerungen denen der lagunas ähnelten (Abb. 9). Selbst die auf der amtlichen Karte angegebenen Salare sind zum großen Teile nicht etwa trockene Seebecken, sondern bezeichnen an sich nur das Vorhandensein von Salzausblühungen an oder dicht unter der Oberfläche, und diese können auch an schwach geneigten Hängen auftreten. Eine in Betrieb befindliche, also mit Wasser bedeckte laguna seca habe ich leider im Gebiet der normalen Wüste nie zu Gesicht bekommen, habe auch keine Beschreibungen davon erhalten können¹⁾.

1) Ich werde weiterhin noch öfter auf die Angaben der aus beruflichen Gründen (Salpeter, Erze) in der Wüste dauernd lebenden Menschen verweisen.

Die Längsachse einer Pampa besitzt im Kerngebiet stets ein gleichsinniges Gefälle. Stets geht auch eine Pampa in gleichsinnigem Gefälle in die andere über, stellenweise, wo scheinbar abgeschlossene Becken vorliegen, sogar unter Bildung steiler Verbindungsschluchten. Da auf der am Schluß beigegebenen Karte nur die großen Trockentäler wiedergegeben sind, sieht man auf ihr mehrere scheinbar abgeschlossene Becken. In Wirklichkeit stehen alle diese Becken miteinander in Verbindung, wie mir von dem Verfasser der Karte, Herrn Landmesser Edinger, auch für die mir nicht bekannten Gebiete bestätigt wurde. Im ganzen haben wir demnach auch in den Ebenen ein lückenloses Entwässerungssystem vor uns. Ausnahmen von dieser Regel sind höchst selten und besitzen nur lokale Bedeutung.

Das Nebeneinander von Berg- und Hügelgruppen und Pampas ist bezeichnend für das Zentrum der chilenischen Wüste, wenn man von der Großen Längsebene, in der die Pampas vorherrschen, absieht. Das orographische Bild ist auf der beigegebenen Karte gut zu erkennen.

3. Die inselhaften Berge und Hügelgruppen.

Ans der Ebene der Pampas, insbesondere der Großen Längsebene, ragen recht häufig einzelne Hügel oder Hügelgruppen auf. Im Prinzip sind es wohl nichts anderes als die bereits erwähnten Berg- und Hügelzüge. Nur wirken die Einzelhügel und -Hügelgruppen wesentlich stärker wie Inseln, die aus einem See aufragen (Abb. 10).

L. Waibel hat ähnliche Formen als Inselberge bezeichnet¹⁾, und mir selbst scheint dieser Ausdruck am passendsten für derartige Berggebilde. Die Entstehung der in Chile beobachtbaren Formen ist auch offenbar, wie unten gezeigt werden soll, z. T. ganz

Ich möchte daher schon jetzt darauf hinweisen, daß gerade den Berichten dieser Dauerwohner in Bezug auf die Tatsachen selbst (nicht immer vielleicht in Bezug auf schmückendes Beiwerk) ganz besonderes Gewicht beigelegt werden muß. In diesem ewigen Einerlei der Wüste sind alle Besonderheiten für die Bewohner ganz besonders interessant, insbesondere dann, wenn sie mit dem Klima in irgend einer Weise zusammenhängen, also gar den dem normalen Dauerklima entsprechenden Verhältnissen widersprechen. Aus diesem Grunde ist auch die Tradition gegenüber allen derartigen gewissermaßen katastrophalen Ereignissen ganz besonders gut. Sie ist m. E. oft wertvoller als persönlicher jahrelanger Aufenthalt in einer völlig unbewohnten Wüste, wo doch immer der Zufall walten muß, wenn man von der Norm abweichende Vorgänge selbst sehen will.

1) L. Waibel, Gebirgsbau und Oberflächengestalt der Karrasberge in Südwestafrika. Mitt. aus den deutschen Schutzgebieten, Bd. XXXIII, Berlin 1925.

ähnlich der der von Waibel beschriebenen Formen. Andererseits scheinen mir wenigstens die von Waibel beschriebenen und auch die von mir beobachteten Formen so stark verschieden von dem, was ich mir nach den Ausführungen Passarges unter „Inselberge“ vorgestellt hatte, daß ich nicht gewagt habe, diese Einzelhügel und -Berge als Inselberge zu bezeichnen¹⁾.

Die Formen der Einzelberge usw. sind ganz ähnlich den bereits beschriebenen der Berg- und Hügelzüge. Die Hänge sind meist noch gerundeter. Die Regenrunsen treten etwas zurück.

Auffallend war es mir, daß ich von der Tätigkeit des Windes in der chilenischen Kernwüste so ~~wenig~~ zu sehen bekam. Insbesondere fehlten Aufbauformen des Windes völlig. Ich habe, um nicht durch mangelnde Kenntnis des Gesamtgebietes zu einem falschen Bilde zu gelangen, immer wieder bei Ortskundigen über das Vorhandensein von Dünen oder dünenähnlichen Gebilden oder Flugsand Erkundigungen eingezogen und habe fast stets negative Antworten erhalten. Die wenigen Stellen, für die mir irgend etwas auf Dünen Hindeutendes berichtet wurde, habe ich mit einer Ausnahme besucht, habe jedoch immer nur ganz kümmerliche Andeutungen von Dünen gefunden. Die nichtbesuchte Stelle lag im Bereich der unten zu behandelnden Küstenwüste, wo die Verhältnisse, wie weiterhin gezeigt werden soll, ohnehin andere sind²⁾.

Im ganzen mußte sich bei der ersten Betrachtung der Kernwüste — und diese habe ich als erste kennen gelernt — der Eindruck aufdrängen, daß, entgegen den meist geäußerten Ansichten, der Wind in seiner formenschaffenden Wirkung völlig zurücktrete gegenüber der Tätigkeit des fließenden Wassers. Der Untersuchung des Formenschatzes mit dieser Fragestellung, also mit dem Ziel der kausalen Erklärung der Formen, galten alle weiteren Unternehmungen in der chilenischen Wüste. Es ergab sich in der Kernwüste folgendes Gesamtbild:

B. Die Berg- und Hügelzüge.

Ein geringer Teil der Hügel ist mit offenbar eluvialem Schutt bedeckt. Die einzelnen Gesteinstrümmer sind von verschiedener Größe (Abb. 11). Blöcke von $\frac{1}{2}$ cbm Inhalt sind jedoch bereits eine Seltenheit. In der Regel ist das Material viel feiner. Faustgroße Stücke herrschen durchaus vor (Abb. 15, Vordergrund). Eine

1) Vgl. zu dieser Frage Abschnitt I, C, *Entstehung der Bergfußebenen*, Anm.

2) Auch Wetzels („Natur“ 1926, S. 352) erwähnt das Fehlen von Dünen. Er hat Dünen nur am Westabfall der Küstenkordillere (und zwar oberhalb Iquique, wo auch ich Dünenbildungen gefunden habe) gesehen.

gewisse Gleichförmigkeit des Materials hinsichtlich der Größe ist die Regel.

Die einzelnen Steine zeigten mitunter die bekannte Rindenbildung, die zum Teil eine Folge chemischer Umsetzungen im Stein sein dürfte¹⁾. Leider besteht hier eine Lücke in meinen Beobachtungen. Ich erinnere mich deutlich, und die mitgebrachten Gesteinsproben bestätigen das, daß die Rinde zum Teil tief dunkel glänzend war („Wüstenlack“), zum Teil jedoch mattglänzend und dadurch heller (weiterhin als Mattierung bezeichnet). Ich habe diesen Unterschied seinerzeit für nicht allzu wichtig gehalten und ihn daher nicht weiter beachtet. Jetzt, wo es zu spät ist, halte ich es doch für möglich, daß der grundsätzliche Unterschied zwischen den beiden Rindenarten ein recht erheblicher ist. Es ist nämlich möglich, daß der Wüstenlack wie bekannt chemischen Umsetzungen zuzuschreiben ist, während die Mattierung vielleicht aus der Mitwirkung des Windes erklärt werden könnte. Allerdings zeigten zweifellos vom Winde bearbeitete Steine gelegentlich eine tiefglänzende Rinde.

Die Farbe des Überzuges entspricht oft der des frischen Gesteins. Blaugraue Farben herrschen jedoch auch bei nicht derartig gefärbten Gesteinen vor. In der Paciencia-Wüste wurde ein eigentümliches Verhalten der Farbe der Gesteinsrinde beobachtet. Der Schutt des dort anstehenden Porphyrs zeigte nämlich in buntem Gemisch teils eine bläuliche Rinde, teils eine rötlich braune. Anfangs glaubte ich nach der Lagerungsweise, daß die bläuliche Rinde vielleicht vorwiegend an der freien Luft, die rötliche im Boden, also an der Unterseite der Steine entstanden sei. Einen bestimmten Anhalt gaben jedoch die augenblicklichen Lagerungsverhältnisse nicht. In blauer Farbe aus dem Boden aufragende Gesteine waren zu oft auch an der Unterfläche blau, und umgekehrt ragten recht oft auch rote Rinden aus dem Boden hervor.

An den mit Rinden versehenen Steinen der Wüste waren die bekannten Vertiefungen in Form flacher Kugelschalen oft zu sehen. Mitunter war der Durchmesser einer solchen Kugelschale klein, $\frac{1}{2}$ —2 mm, dann befand sich eine derartige Vertiefung unmittelbar neben der anderen. War der Durchmesser einer solchen Kugelschale $\frac{1}{2}$ —1 cm, so befanden sich nur vereinzelte Vertiefungen auf der Oberfläche des Steines. Derartige Erscheinungen sind für andere Wüsten häufig beschrieben worden; sie sind hier nur der Vollständigkeit halber erwähnt. Eine Erklärung für diese Bildungen aus der Beobachtung habe ich nicht gefunden. In der Regel

1) S. Passarge, Grundlagen der Landschaftskunde a. a. O. S. 121.

befanden sich derartige Gesteinsstücke weniger auf den Hügeln als auf den flachen Pampas (siehe dort) und zwar meist an Stellen, wo unter einem Panzer kleiner Steine loser Staub in der Nähe war. Die Möglichkeit einer Art Lösungsbildung auf der Oberfläche des Steines durch gelegentlich anfliegenden Staub liegt also vor.

Gelegentlich fand ich auch ausgesprochene Rillensteine aus jurassischem Kalk. Hier ist es höchstwahrscheinlich der ganz seltene Regen oder der mancherorts häufigere Nebel, der die Ausbildung einer karrenartigen Oberfläche der Steine bewirkt.

Zeichen von Windkorrasion an den Steinen sind wesentlich seltener zu finden als die beschriebene Rindenbildung der Steine, zum mindesten kaum auf den Hügeln. Immerhin sind die bekannten, oft erwähnten Steine, die eine durch Sandgebläse bewirkte Herauspräparierung der härteren Gesteinsteilchen erkennen lassen, gelegentlich zu finden. Windkanter mit abgeschliffenen Flächen sind höchst selten.

Erwähnt sei, daß die einmal gebildete Gesteinsrinde bzw. der „Wüstenlack“ anscheinend recht widerstandsfähig gegen äußere Angriffe ist. In den Loa-Schottern am Loa-Knie in der Paciencia-Wüste fand ich ungefähr 20 m unter der heutigen Oberfläche eine höchst wahrscheinlich von fließendem Wasser abgelagerte ca. 1 m mächtige Schicht von Staub und nuß- bis faustgroßen Steinen, in der die Steine noch fast sämtlich ihre alte, offenbar doch einmal an der freien Luft entstandene mattglänzende Oberfläche zeigten.

Der größte Teil der lose auf den Abhängen und Kuppen der Erhebungen liegenden Steine zeigt überhaupt keine oder nur sehr geringe äußere Einwirkungen. Der Bruch erscheint völlig frisch. Der einzelne Stein ist scharfkantig und rauh und macht durchaus den Eindruck, als ob er sich soeben erst aus seinem Verbande gelöst haben könnte (Abb. 11).

Die Steine, deren Oberfläche in der freien Luft umgebildet war (Wüstenlack, Mattierung oder Ausblasung), bilden in der Regel geschlossene kleine Gebiete, die ziemlich scharf gegen die umgebenden Gebiete abgegrenzt sind, in denen die Steine keine äußeren Einwirkungen zeigten. Eine Gesetzmäßigkeit der Verteilung, insbesondere nach dem Relief und der Exposition gegen Wind, habe ich nicht feststellen können.

An einer Stelle, wo das Anstehende (Porphy?) zu Tage trat (Puelma-Wüste), sah ich einen oberflächlichen Zerfall des Gesteins in feinen Grus. Es scheint sich um dieselbe Art Verwitterung zu handeln, wie sie in der Tacna-Wüste viel großartiger beobachtet

wurde (s. u. IIC 1, *Abgrusung*). Die so oft für die Wüste beschriebenen phantastischen Pilzfelsen usw. fehlten in der Kernwüste völlig; nur in der Tacna-Wüste (s. dort) habe ich derartige Formen in eigentlich recht wenig imponierender Ausbildung gesehen.

Zwischen den Blöcken bezw. den herumliegenden Steinen ist fast nie anstehendes Gestein zu sehen, sondern, wenn die einzelnen Steine nicht sehr dicht gelagert sind, ein sehr feiner, gelblich grauer, mitunter auch bräunlicher, seltener etwas roter Staub. Auf und in dem Staube liegen die einzelnen Steine. Nur an ganz wenigen Stellen trat anstehendes Gestein an die Oberfläche und witterte seiner Struktur entsprechend — es handelte sich um ein Ergußgestein in säulenförmiger Absonderung — in niedrigen, höchst eigenartig aussehenden Nadeln heraus (Abb. 12). Der Staub fehlte aber auch dort nicht.

Staub ist nun das landschaftbeherrschende Gebilde auf fast sämtlichen Hügeln der Kernwüste. Wo der grobe Schutt das Bild nicht stört, überzieht der Staub alle Hänge und Kuppen ziemlich lückenlos (Abb. 6). Nicht die Herauspräparierung der Gesteine und Gesteinsleisten ist das entscheidende Merkmal der chilenischen Kernwüste, sondern die Verhüllung aller Hügel durch eine Staublage. Und zwar gilt das nicht nur für die Gebiete mit gleichartigen Gesteinen, sondern auch für solche Teile der Wüste, wo die verschiedensten Gesteine den Untergrund aufbauen. Der Staub findet sich sowohl in der Puelma-Wüste mit ihrem Vorwiegen von Ergußgesteinen als auch in der Brea-Wüste und dem Ostteil der Toco-Wüste mit ihrem Nebeneinander von Ergußgesteinen und jurassischen Kalken und Sandsteinen. Die genannten Gesteine unterscheiden sich bezüglich ihrer kuppigen Formen fast garnicht von einander. Nur bei Calama war ein Unterschied der Formen nach dem Gestein bemerkbar; dort ist die Überlagerung des Juras durch Porphyry an der Gestaltung der Runsen gut zu erkennen (Abb. 13). Bei Calama befinden wir uns jedoch bereits dicht an der Grenze der Hochwüste. Ein Überstrahlen hochwüstenhafter Vorgänge und Formen ist demnach nicht verwunderlich.

Dem Vorhandensein des Staubes ist es zuzuschreiben, daß von der oft gerühmten Farbenfreudigkeit der Wüsten in der chilenischen Kernwüste wenig zu sehen ist. Wohl sind gewisse Farbnüancen vorhanden, die bei morphologischen Untersuchungen ausgewertet werden können, und es kann vorkommen, daß die untergehende Sonne eigenartige Farbentönungen schafft. Im Ganzen ist jedoch die Landschaft eintönig und tot. Nicht wie eine geo-

logische Karte liegt das Gelände offen vor uns, sondern meist verhüllt unter einer fast jeden Einblick wehrenden Decke.

Der Staub liegt nun nicht etwa locker auf der Oberfläche. In der allerobersten Lage ist der Staub etwas verhärtet und bildet eine Art Rinde, wie sie Passarge bereits beschrieben hat¹⁾. Diese etwas verhärtete Deckschicht ist nur wenige Millimeter mächtig, mitunter sogar noch dünner. Wir wollen die dünne harte Rinde des Staubes, um einen eindeutigen Ausdruck zu haben, weiterhin als „Staubhaut“ bezeichnen²⁾.

Unter der Staubhaut befindet sich eine durchschnittlich 10 cm mächtige Lage des beschriebenen Staubes; darunter befindet sich meist die für andere Wüsten bereits beschriebene Salzstaubschicht, die völlig weiß ist oder aber durch Staubteilchen verunreinigt erscheint. Es handelt sich zum Teil um Natriumsulphat. Mitunter fehlt der graue Staub, und auf dem weißen Salzmehl befindet sich unmittelbar die Staubhaut.

Die weiße Salzschrift ist meist locker. Harte Krusten im Boden fehlen, wenn man die räumlich begrenzten Stellen, an denen sich Salpeter findet, ausschließt, in den Hügelgebieten fast völlig. Auf den Übergang des weißen Salzmehls zum Anstehenden zu achten habe ich leider versäumt.

Auf der Staubhaut liegen sehr häufig eine sehr große Zahl von kleinen Gesteinssplintern, die oft wie ein Panzer erscheinen. Wo dieser „Steinchenpanzer“ sehr dicht ist, ist der darunter liegende Staub nicht mit einer Staubhaut versehen. Staubhaut und Steinchenpanzer ergänzen sich gewissermaßen.

Bemerkenswert ist, daß die Gesteinssplinter, die aus dem Material des anstehenden Gesteins bestehen, zum weitaus größeren Teile völlig scharfkantig und wie frisch gesplittert sind. In die Poren der rauhen Oberfläche ist meist etwas von dem Staube der Umgebung eingedrungen, so daß die Oberfläche der Splitter nicht selten gelblich schmutzig aussieht.

Nur selten habe ich in den Berggebieten Stellen gefunden, wo die Splitter nicht mehr scharfkantig waren, sondern geglättet. Besonders schön war eine derartige Glättung auf einigen Hügeln nördlich Calama zu sehen. Die einzelnen Steine lagen wie flache Kiesel mit matt glänzender Oberfläche in überaus dichtem Panzer auf den Bergen. Diese Ausbildung gerade in den Bergen bei

1) S. Passarge, Grundlagen der Landschaftskunde, a. a. O., Bd. III, S. 357.

2) Der von Passarge benutzte Ausdruck „Rinde“ gibt zu Mißverständnissen Anlaß, da er stets an die Gesteinsrinden oder gar an den Kalkkrusten ähnliche Gebilde denken läßt.

Calama mag auf die bereits erwähnte Überstrahlung von der Hochwüste her zurückzuführen sein. Für diese Gegend habe ich übrigens, bevor ich die abgeschliffenen Steinchen auf manchen Hügeln sah, in meinem Tagebuch notiert, daß auf einer Pampa bei dem recht scharfen Westwind zwar nicht viel, aber doch immerhin etwas Staub flog.

Wo sich ein mehr oder minder dichter Steinchenpanzer befindet, ist auch der Staub darunter nie steinfrei, sondern durchsetzt mit Splintern von dem gleichen Charakter der auf der Oberfläche liegenden scharfkantigen Steinchen mit meist nicht geblätteten Flächen. Die im Boden liegenden Splitter sind natürlich stets geradezu inkrustiert mit dem umgebenden Staube. Die Menge der im Staub befindlichen Splitter tritt gegenüber den an der Oberfläche liegenden stark zurück. Besonders wenig Splitter finden sich in der weißen Salzschiicht. Die Splitter bestanden stets aus dem Material des Anstehenden. Das normale Bodenprofil sieht nach dem Gesagten ungefähr folgendermaßen aus:

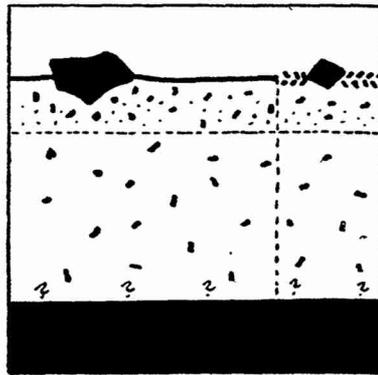


Fig. 12. Schematisches Bodenprofil in den Hügeln der Kernwüste.
Ungefäher Maßstab 1 : 20.

- Anstehendes Gestein.
- Schutt.
- Weißes Salzmehl mit vereinzelten Gesteinssplintern.
- Gelbgrauer Staub mit vereinzelten Gesteinssplintern.
- Steinchenpanzer (rechts).
- Staubhaut (links).
- ? ? Fraglich.

Über die Entstehung dieses Profils vermag ich nichts Genaues zu sagen. So viel läßt sich jedoch unmittelbar erkennen, daß der Steinpanzer durch Anreicherung der Splitter an der Oberfläche infolge Entführens der feinen Staubpartikel durch eine selektiv wirkende Kraft entstanden und wahrscheinlich noch im Entstehen begriffen ist. Es scheint mir, daß der graue Staub eine Art Verwitterungsresiduum des darunter befindlichen weißen Staubes ist. So wäre der mit wenigen Ausnahmen sehr gleichmäßige Abstand der weißen Staubschicht von der Oberfläche über alle Berge und Hügel hinweg leicht zu erklären. Auch die Anreicherung der Steinchen in der graugelben gegenüber dem starken Zurücktreten in der weißen Schicht läßt eine solche Deutung zu. Möglich ist es natürlich auch, daß der weiße Salzstaub sich als Ausblühungszone dicht unter der Oberfläche des gelben Wüstenstaubes immer wieder bildet, ihm also seiner Entstehung nach fremd ist.

Zweifelsfreie Salzausblühungen, die dann eine harte Kruste an der Oberfläche bilden, treten in den von mir untersuchten Berg- und Hügelgebieten der Kernwüste zurück. Nur in der Toco-Wüste sind sie etwas häufiger. Gelegentlich fand ich (insbesondere in der Vergara-Wüste) krustige Salzausblühungen, die die Form von Pflanzenpolstern hatten und einen Durchmesser von $\frac{1}{2}$ bis $1\frac{1}{2}$ m und mehr besaßen. Die Oberfläche sah blasig aus wie die mancher Kesselsteine¹⁾.

Auffallend ist, daß unter den an der Oberfläche liegenden größeren Steinen der weiße Staub oft den gelben Staub durchragt, so daß die Steine unmittelbar auf dem weißen Staub liegen. Nicht selten stehen dann die Steine geradezu wie auf Füßen (vgl. Fig. 13). Ganz gleich, welche Schlüsse man aus einer derartigen Stelzbeinigkeit für die Abtragungsvorgänge ziehen darf, so könnte man die Durchragung der gelben Staubschicht durch den weißen Salzstaub zwanglos so erklären, daß unter den Steinen der weiße Salzstaub vor dem zersetzenden Angriff der Atmosphärenteilchen geschützt gewesen ist, so daß der gelbe Staub tatsächlich nur ein Verwitterungsprodukt des weißen Salzes wäre. Wo der weiße Salzstaub unter der Oberfläche ganz fehlt, müßte man dann annehmen, daß an diesen Stellen der weiße Salzstaub aus lokalen Gründen schneller

1) Es sind das offenbar dieselben Gebilde, auf die Wetzel (a. a. O. S. 352 f.) den Ausdruck „Salzgeschwüre“ anwendet. Sie treten besonders häufig an der Küste nördlich der Stadt Arica auf. Im Übrigen kann ich die von Kaiser (Diamantenwüste Bd. II, S. 302) auf Grund der Kenntnis der Namib aufgestellte Behauptung „die eigentliche Wüste ist nicht das Gebiet der großen, ausgedehnten Verkrustungen“ für die chilenische Wüste voll bestätigen.

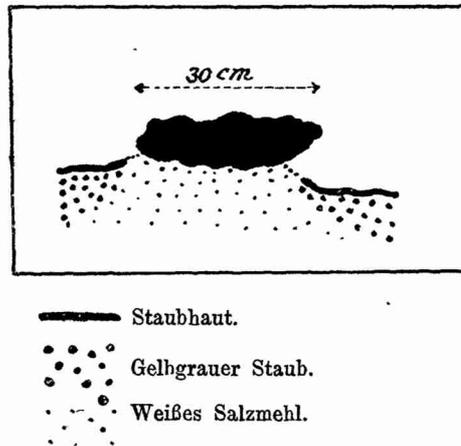


Fig. 13. Block auf Salzfuß. Kernwüste bei Baquedano.

zersetzt wird, als er sich bildet. Eine endgültige Antwort über das Verhältnis des weißen Salzstaubes zu dem übrigen Staubboden läßt sich wohl erst geben, wenn man über die chemische Beschaffenheit der verschiedenen Staubarten Klarheit hat.

Eine Vorzeitentstehung des weißen Salzstaubes in der Weise, daß heute nur der früher entstandene weiße Salzstaub umgebildet wird, oder etwa gar eine Vorzeitentstehung des gesamten in Fig. 12 dargestellten Bodenprofils halte ich für unwahrscheinlich. Erstens einmal hat, wie weiter unten gezeigt werden wird, seit der letzten möglichen Klimaänderung eine so erhebliche Aufschüttung stattgefunden, daß ein damals gebildeter eluvialer Boden die der Aufschüttung entsprechende Abtragung kaum überstanden haben dürfte. Im übrigen wäre, wenn überhaupt man einen Fortgang der Formenentwicklung seit der letzten möglichen Klimaänderung annimmt, die Anpassung der Staubdecke gerade an das heutige Relief völlig unerklärlich.

Aus den gleichen Erwägungen scheint es mir auch unwahrscheinlich, daß der auf den Bergen befindliche Staub ortsfremd ist. Die einzige Möglichkeit, den Staub als ortsfremd zu erklären, wäre die Annahme, daß er immer wieder durch Wind angeweht wird. Abgesehen davon, daß die Tätigkeit des Windes ohnehin sehr gering ist (s. auch u. S. 57 ff.), würde eine solche Erklärung gegenüber der Tatsache, daß der Staub auch auf den Kuppen der Berge von Steinen eluvialer Herkunft bedeckt ist, unzureichend sein. Auch ist es bei Annahme von Windwirkung nicht recht erklärlich, wie die vielerorts vorhandenen eluvialen Gesteinssplitter in den Staub hineingekommen sein sollten. Immerhin ist eine

endgültige Antwort auch hier frühestens nach Abschluß der chemischen Untersuchung der Böden möglich.

Besonders unklar ist die Entstehung der erwähnten Staubhaut. Sie besteht wie gesagt anscheinend aus genau demselben Material wie der unmittelbar darunter befindliche absolut lockere Staub; zum mindesten ist ein Unterschied makroskopisch nicht bemerkbar. Ich glaubte ursprünglich, daß diese Haut ihre Entstehung vielleicht den spärlichen Regen verdanke, und fand eine Bestätigung dieser Ansicht darin, daß der lockere Staub, künstlich angefeuchtet und dann wieder getrocknet, eine ganz ähnliche Konsistenz annahm wie die Staubhaut. Später, als ich sah, daß die Staubhaut fehlt in den Gebieten, die auch nur etwas mehr Regen bekommen, wurde ich an dieser Erklärung vorübergehend wieder irre. Wir werden unten (Zusammenfassung. Die klimatischen Verhältnisse der chilenischen Wüste, *Fliegender Sand* und *Gründe für den Zusammenhang zwischen Verdunstungshöhe und Formenschatz*) nochmals auf dieses Problem zurückkommen müssen.

Die Bildung der Staubhaut geht auf jeden Fall sehr rasch und zwar noch in der Gegenwart vor sich. Wagen- und Fußspuren, die eine Zerstörung der Staubhaut zweifellos bedingen, waren des öfteren bereits wieder mit einer Staubhaut versehen, obwohl die Spuren in der Regel kaum älter als einige Jahrzehnte sein können. Besonders schön war das dort zu sehen, wo sich die Staubhaut unmittelbar auf dem weißen Salzmehl befand, wo also ganz frische, von uns hervorgerufene Fußspuren stets hell leuchtend gegen die intakte Staubhaut abstachen, während ältere nur noch nach der Form, nicht nach der Farbe zu erkennen waren, weil sich das frische, weiße Salzmehl bereits mit einer Staubhaut überzogen hatte.

Wie die Entstehung des Staubes, des Steinchenpanzers und der Staubhaut auch sei, so ist ihre morphologische Bedeutung außerordentlich groß. Wie stark die Staubdecke dazu beiträgt, die Gesteinsunterschiede in den Kleinformen kaum zur Geltung kommen zu lassen, wurde bereits erwähnt. Steinchenpanzer und Staubhaut stellen einen erheblichen Schutz gegen die flächenhaft angreifenden Kräfte dar. Gegen die Flächenabspülung dürfte der Schutz natürlich nur unvollkommen sein, da die Flächenspülung direkt korradierend zu wirken vermag. Außerdem wird die Staubhaut durch das fließende Wasser wohl aufgeweicht. Der Wind kann die Staubhaut offensichtlich gar nicht angreifen, solange ihm kein Schleifmaterial zur Verfügung steht. Er steht der Staubhaut völlig machtlos gegenüber. Nicht ganz so günstig ist es vielleicht mit dem

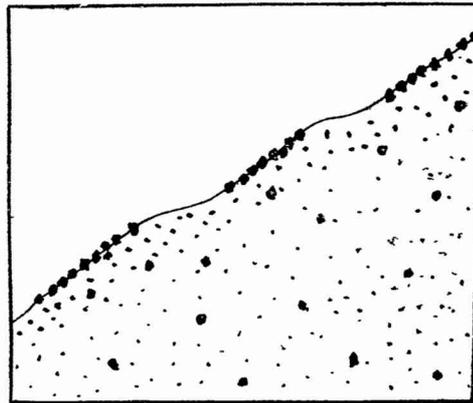
Steinchenpanzer bestellt. Die normalen Winde selbst von großer Stärke scheinen zwar dem Steinchenpanzer nichts anhaben zu können, doch ist es nicht ausgeschlossen, daß die im Sommer in den Mittagsstunden nicht seltenen, allerdings ganz engräumigen Windhosen mit ihrer großen Windgeschwindigkeit gelegentlich auch den Steinchenpanzer aufwühlen können, sodaß nicht nur die Steinchen korradiierend wirken und selbst korradiert werden können, sondern auch der darunter liegende Staub der deflatorischen Wirkung des Windes preisgegeben werden kann. Häufig kann dieser letztere Fall in den Berggebieten jedoch kaum eintreten, da Windhosen in den Berggebieten kaum oder garnicht vorkommen können und auch in der Tat meines Wissens nie beobachtet worden sind (vgl. dazu auch u. S. 56 f.).

Es scheint, daß das fließende Wasser vorwiegend die feineren Teilchen bewegt, die gröberen, insbesondere die Steine und Blöcke, jedoch liegen läßt. In vielen Fällen wird der so entstehende Steinpanzer nicht nur einen relativen, sondern einen absoluten Schutz bedeuten.

Einige Beobachtungen über die Oberflächengestalt der Hänge im Kleinen bestätigen, daß tatsächlich nur fließendes Wasser als wirksame Kraft an den Hängen auftritt. Man findet nirgends an den Hängen Rippelmarken im Staube oder Sand- bzw. Staubzungen oder sonst irgendwelche Spuren von Windtätigkeit außer den oben (S. 22 u. 24 f.) genannten. Häufig dagegen sieht man kleine Schlammströmchen, deren Form absolut intakt ist. Die Oberfläche der Staubhaut zeigt nicht selten die Aufwulstung und Wellung, wie sie in breiigem Zustand geflossenem und dann erstarrtem Material eigen ist. Auch die Art, wie der Staub dort, wo er an der Oberfläche vorwiegt, sich um die am Hange liegenden größeren Steine lagert, läßt meist auf Ablagerung in feuchtem Zustande schließen. Trockenrisse in der Staubhaut, die also das frühere Vorhandensein von Wasser andeuten, sind immerhin nicht selten, insbesondere in unmittelbarer Nähe der noch zu besprechenden Regenrunsen. Die Trockenrisse bilden die bekannten Polygonformen, und zwar mit einer Seitenlänge von ca. 10 cm. Von den Polygonformen der Salzausblühungen sind diese lokal äußerst begrenzten Trockenrisse hinsichtlich ihrer Form und Entstehung offenbar völlig verschieden.

Anzeichen von Bodenversetzung waren an den Hängen recht selten, fehlten jedoch nicht völlig. In der Puelma-Pampa beobachtete ich verschiedentlich eine Anordnung des Schuttes, wie sie in Fig. 14 wiedergegeben ist. Es handelt sich um eine Art

Girlandenbildung. Die steinfreien Streifen waren nicht etwa nur durch Überlagerung des steinigen Hanges mit Staub entstanden. Auf Flächenabspülung darf man also nicht schließen. Die Sondierung des Materials war nur oberflächlich, denn schon wenige Zentimeter unter der Oberfläche fand sich ganz gleichmäßig Staub mit wenigen Steinen. Es scheint mir diese Anordnung auf Bodenversetzung infolge Schwerkraft, vielleicht in angefeuchtetem Zustande, schließen zu lassen. An einer anderen Stelle sah ich dieselbe Girlandenbildung auf einem wesentlich flacheren Hang; die Stufen waren dort nicht 15 cm, sondern $\frac{1}{2}$ —1 m breit. Sehr häufig fanden sich derartige Formen keineswegs; die Bedeutung von Bodenversetzungen an den Hängen durch Schwerkraft ist zweifellos äußerst gering. Nicht nur die Beobachtungen in den Tälern und Tälchen bestätigen das; auch die unmittelbare Beobachtung läßt immer wieder darauf schließen.



- ■ ■ ■ ■ Hamada-Schutt.
- ● ● ● ● Gelbgrauer Staub.
- ○ ○ ○ ○ Weißes Salzmehl.

Fig. 14. Schuttanordnung auf einigen Hängen in der Kernwüste.
Bodenprofil. Maßstab 1:10.

Man findet in der Regel zwei verschiedene Arten der Lagerung des etwas gröberen Materials auf den Hängen. Entweder ist der Schutt fest gepackt, geradezu auffallend fest, oder aber er zeigt lockeren Zusammenhalt. Ich halte es für wahrscheinlich, daß eigentlich nur der fest gepackte Schutt den Namen „Panzer“ verdient. Der lockere Schutt ist primär natürlich auch durch Anreicherung

gröberen Materials infolge selektiver Abtragung entstanden. Die Schwerkraft setzt hier jedoch die Steine immer wieder in Bewegung, durchmischt sie und verhindert die Bildung eines festen Panzers stets von Neuem. Der Unterschied der beiden Arten von Schuttbedeckung ist in der Regel kaum zu verkennen. Richtige Schutthalden, nach der Form erkennbar, zeigten stets lockeres Gefüge der Steine. Ich selbst habe den Eindruck, ohne allerdings ihn direkt beweisen zu können, daß man mit einer gewissen Sicherheit je nach der Art der Lagerung entscheiden kann, ob der Schutt unter dem Einfluß der Schwerkraft wandert (lockeres Gefüge) oder aber ruhig liegt (fest gepackter Panzer). Ein besonders schönes Beispiel ganz lockeren Schuttes fand ich in einer Hügelgruppe südöstlich Guanaco, wo stellenweise der gesamte Hangschutt in Bewegung geriet, wenn man ihn betrat. Bemerkenswerterweise ließ dort das Kreuz und Quer der Gesteinsstücke und -Platten schon ahnen, daß das Material sich in gewissermaßen wälzender Bewegung befand. Ob man nun das Abwärtsrücken des locker gelagerten Schuttes beweisen kann oder nicht, sicher ist m. E., daß der fest gepackte Schutt nicht wandert. Da nun die meisten dicht mit Schutt bedeckten Hänge die feste Packung der Steine aufweisen, so kann die Verlagerung durch Schwerkraft nur eine geringe Rolle spielen (vgl. auch u. S. 34).

Eine Gesetzmäßigkeit der Verbreitung der vorwiegend blockbedeckten oder mit Steinpanzer versehenen Hänge gegenüber denen, an denen der Staub mehr oder minder vorwog, habe ich nicht gefunden, weder nach der Gesteinsbeschaffenheit noch nach der Exposition. Auffallend war das in das Bild der Kernwüste nicht ganz hinpassende starke Vorwiegen blockbedeckter Hänge in der Küstenkordillere von Toco (Abb. 11), während in der Mittelkordillere östlich Toco der für die Kernwüste typische Staub in den Vordergrund trat (Abb. 14).

Die Runsen, die in die Berge und Hügel eingeschnitten sind und dieselben nicht selten in einzelne Kuppen auflösen, zeigen verschiedenes Aussehen.

Meist sind sie sehr scharf und deutlich eingerissen, und der Detritus macht fast stets den Eindruck, als ob er gerade frisch vom Wasser abgelagert worden ist.

Die Verteilung von Staub und Schutt in den Runsen ist jedoch verschieden. Nicht selten findet man, daß in stark mit größerem Schutt bedeckte Hänge Runsen eingeschnitten sind, die nur staubgefüllt sind. Der Staub besitzt meist dieselbe Haut, die wir für den eluvialen Boden bereits beschrieben haben. Ebenso oft ist je-

doch eine deutliche Anreicherung des Schuttes, insbesondere des groben, auf dem Boden der Runsen bemerkbar. Mitunter, im Ganzen jedoch selten, fanden sich, den Boden der Runse ausfüllend, richtige Schuttströme. Wie weit diese abwärts wandern oder aber einfach durch Hinabrutschen der größeren Steine entstanden sind und nun in Ruhe liegen, vermag ich nicht zu sagen. Ebenso wenig habe ich eine Gesetzmäßigkeit in regionaler Hinsicht bezüglich der erwähnten Anordnung des Detritus in den Runsen feststellen können.

Erwähnt sei, daß die Staubhaut an den Hängen der Runsen nicht selten stärker ist als an den übrigen Teilen des Hügels. Sie erreicht häufig eine Mächtigkeit von 1 cm. Diese Beobachtung macht die Mitwirkung des Wassers bei der Entstehung der Staubhaut wahrscheinlich.

Ziemlich deutlich ist der Zusammenhang der Dichte der Zerrunsung einerseits mit der Steilheit der Hänge, andererseits mit dem Material der Oberfläche. Steile Hänge besaßen meist eine überaus dichte Zerrunsung, und zwar wogen die bereits erwähnten parrallel verlaufenden Runsen vor. Flache Hänge wiesen eine durchschnittlich etwas weitständigere Zerrunsung auf — gegenseitige Entfernung der obersten Enden der Runsen ca. 5—10 m — die Runsen schlossen sich dann so zusammen, wie es aus Abb. 15 ersichtlich ist. Nicht ganz so deutlich wie die Abhängigkeit der Zerrunsung von der Steilheit der Hänge, aber immerhin genügend zu erkennen ist der Zusammenhang der Zerrunsung mit der Schuttbedeckung der Hänge. Schutfreie Hänge, die nur durch die Staubhaut oder aber einen nicht allzu starken Steinchenpanzer geschützt sind, zeigen dichte Zerrunsung (Abb. 2—6). Mit zunehmender Menge des Schuttes, insbesondere des groben Schuttes, wird die Zerrunsung weitständiger. Völlig blockbedeckte Hänge, wie sie allerdings in der Kernwüste seltener sind, zeigen in der Regel fast gar keine Zerrunsung (Abb. 11).

Runsen, wie sie Waibel unter anderem für die steileren Hänge der Karrasberge beschreibt, „breitere Furchen, in die nochmals enge, 2—3 m tiefe Kanäle eingelassen sind“¹⁾, habe ich in der Kernwüste nie gesehen. Die von mir in der Kernwüste beobachteten Runsen an den Hängen besaßen stets eine deutliche V-Form. Es sind kleine Gehängekerbtäler. Die Erosionswirkung nach der Tiefe geht mitunter so weit, daß der nackte Felsboden durch die Runse freigelegt wird (Abb. 6). Insbesondere ist dies bei den durch Vereinigung mehrerer kleinerer entstandenen größeren Runsen der Fall.

1) a. a. O. S. 31.

Besonders schön ist die Freilegung des Anstehenden bei den aus den größeren Runsen entstandenen, bereits als Tal zu bezeichnenden Erosionsformen zu sehen. Sehr häufig findet man Täler, wie sie das Beispiel der Fig. 15 a zeigt. Das Tal ist bis mehrere Meter tief in das Anstehende eingeschnitten. Der untere Teil der Talwand ist senkrecht. Der schmale Talboden ist vom letzten Regen völlig freigewaschen. Nur an einigen Stellen findet man Sand und Schutt in ganz dünner Lage, und zwar in einer Ablagerungsform, wie sie den Sand- und Kiesbänken unserer Flüsse eigen ist und deutlich auf Ablagerung durch fließendes Wasser hinweist. Diese Sandbänke sind wie verbacken, so daß sie vom Winde nicht zerstört werden können. Wind ist ja ohnehin in diesem fast übermäßig

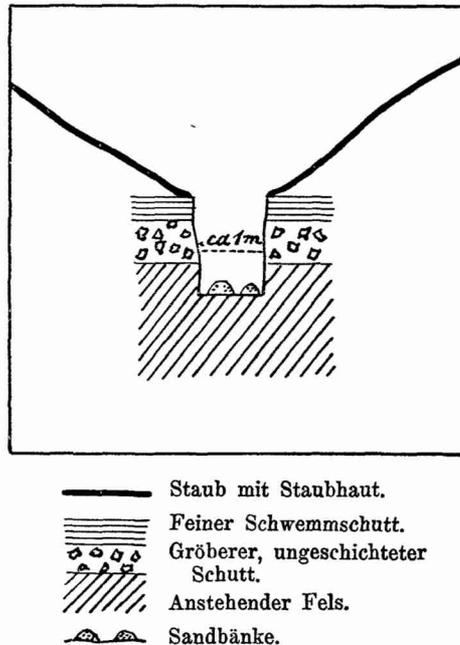


Fig. 15 a. Tal in dem Hügellgebiet südöstlich Carmen Alto. Querprofil.

schmalen und dabei stark gewundenen Tale zur Untätigkeit verurteilt. Von einer Ausräumung eines solchen Tales durch den Wind, wie sie nach Walther wohl möglich sein könnte, war in der chilenischen Kernwüste überhaupt keine Rede. Das Tal war so schmal, daß stellenweise ein Durchkommen mit dem Pferde kaum möglich war; andere von mir begangene gleichartige Täler waren überhaupt nicht reitend zu passieren, weil sie zu eng waren. Wenn der Wind in diesem Tale irgend eine Rolle gespielt haben sollte, so

Abhandlungen d. Ges. d. Wiss. zu Göttingen, Math.-Phys. Kl. N. F. Bd. 11, 2. 3

müßte man an irgend einer Stelle, wenigstens hinter günstigen Vorsprüngen, Ablagerungen des Windes finden. Nichts von alledem war der Fall. Der oberste, mit etwas flacheren Hängen versehene Teil eines solchen Tales ist in Abb. 16 wiedergegeben.

Im Längsprofil zeigt ein solches Tal mehr oder minder hohe Stufen, wie es bei vielen Wildbächen der Fall ist (Fig. 15b).

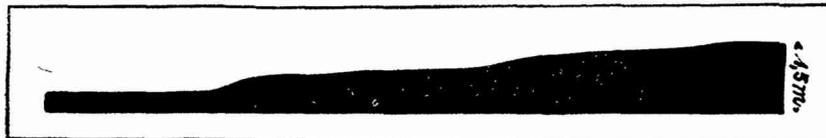


Fig. 15b. Tal südöstlich Carmen Alto (vergl. Fig. 15a). Längsprofil des Talbodens. Maßstab 1:10.

Derartig steil eingekerbte Täler geben uns einen guten Aufschluß über die Beweglichkeit des Schuttes an den Hängen. Meist setzt der Boden der Täler scharf gegen die steile, oft fast senkrechte oder gar überhängende Talwand ab. Eine Ausfüllung der Verschneidung zwischen Talboden und Talwand durch lockeres, von den Hängen kommendes Material ist in dem in Fig. 15 abgebildeten Tal überhaupt nicht, in andern Tälern höchstens in ganz geringfügigem Maße zu sehen (Abb. 14). Ein Wandern des Schuttes von den Hängen abwärts in das Tal hinein findet demnach garnicht oder nur an lokal besonders begünstigten Stellen statt. Offenbar ist es die die Gehänge bedeckende Staubhaut, die die Bewegung des unter der Haut befindlichen lockeren Staubes einschränkt oder ganz hindert ¹⁾.

Es wäre ja nun möglich, daß durch die zahlreichen von mir begangenen Täler immer gerade vor kürzerer Zeit ein Sturzbäch gegangen wäre und daß sich sowohl Bodenversetzungen als auch Windverschüttungen noch nicht haben bemerkbar machen können. Ich habe mich bei allen in Betracht kommenden Stellen immer

1) Wenn sogar an so steilen Hängen das Abwärtswandern des überaus lockeren Staubes so gering ist, so ist das eine ausgezeichnete Bestätigung für die Behauptung Passarges (Ist der Trockenschutt der Puna eine Jetztzeitform? Petermanns Mitt. 1923, S. 23 ff.), daß sich lockeres, auch nur einigermaßen flach gelagertes Material nur in der Nähe der Oberfläche bewegen kann, so weit es allein der Schwerkraft folgt. Falls, wie W. Penck es für möglich hält, auch die tieferen Lagen des Staubes beweglich wären, so könnte die Staubhaut nicht in dieser Weise schützend wirken, sondern mußte den Staub dauernd und überall am unteren Rande des Talhanges unter sich hervorquellen lassen. Zu den Behauptungen W. Pencks vgl. auch u. S. 45 f.; schon hier sei jedoch hervorgehoben, daß der Bewegungsmechanismus im trockenen Schutt der chilenischen Kernwüste keineswegs so ist, wie es Penck darstellt.

wieder danach erkundigt, ob in der betreffenden Gegend jemals Wasser durch die Täler heruntergekommen sei, bekam jedoch stets eine negative Antwort. Das in Fig. 15 abgebildete Tal liegt ungefähr 1 Reitstunde oberhalb mehrerer Salpeteroficinen und der großen Bahn von Antofagasta nach Bolivien. Es mündet auf eine von der ganzen Umgebung zu überblickende Pampa aus. Falls es Wasser geführt hätte, so wäre das unbedingt gesehen worden. Das ist nicht der Fall. Ein nennenswerter Regen ist an dieser Stelle seit Menschengedenken nicht heruntergekommen, und ebenso wenig erfolgte von dem in Betracht kommenden Gebirgszug aus jemals eine Ueberschwemmung.

Die durch Zusammenfluß mehrerer kleiner Täler gelegentlich bereits noch innerhalb des Berg- oder Hügelgebietes entstehenden breiteren Täler mit flacher Talsohle ähneln durchaus den in die Pampa eingeschnittenen rios secos, deren oberen Teil sie darstellen. Es sei daher auf die Ausführungen dort verwiesen.

Im Ganzen haben wir demnach in den Berg- und Hügelgebieten der Kernwüste als einzige formenschaffende Kraft von Bedeutung das fließende Wasser. Es wirkt teils flächenhaft, teils linear. Die Wirkung der Schwerkraft ohne Mitwirkung anderer Komponenten tritt zurück. Die Wirkung des Windes, insbesondere die Beeinflussung des Formenschatzes durch den Wind, ist überaus gering. Die Schuttproduktion, bewirkt durch mechanische und wahrscheinlich auch chemische Verwitterung¹⁾, ist im Verhältnis zur Transportkraft der abtragenden Kräfte schwach. Bei auch nur einigermaßen starker Schuttproduktion müßte die Schuttbelieferung der Runsen und Täler von den Hängen her wesentlich stärker sein, als ich sie beobachtet habe. Wenn wir beachten, wie gering die Abtragung infolge der überaus spärlichen Niederschläge absolut genommen ist, so haben wir damit gleichzeitig einen Maßstab dafür, wie wenig kräftig die Verwitterung in der extrem ariden Kernwüste ist.

Aus dem Defizit zwischen Schuttproduktion und Abtransport und der Eigenart der wirkenden Kräfte ist der Hauptcharakterzug der Berg- und Hügelgebiete: runde, kuppige Formen,

1) Über das Verhältnis der mechanischen zur chemischen Verwitterung, wie es in neuester Zeit abzugrenzen versucht worden ist (S. Passarge, Die chemische Verwitterung in der ägyptischen Wüste a. a. O., S. Passarge, Vergleichende Landschaftskunde, Heft 4: Die Tropen, Berlin 1924, S. 121 ff., E. Kaiser, Die Diamantwüste a. a. O. Bd. II, S. 167 ff., 283 ff.), habe ich keine Beobachtungen angestellt. Vielleicht wird die noch ausstehende Untersuchung der Boden- und Gesteinsproben Material zu diesem Problem liefern können.

steil eingekerbte Täler, konvexe Hänge, ohne weiteres verständlich. Der Flächenabspülung ist die Zurundung der Grate und Bergspitzen zuzuschreiben. Die infolge mangelnder Schuttfuhr relativ kräftige Tiefenerosion hält die V-Form der Täler dauernd aufrecht und bewirkt die in der Kernwüste überall beobachtbare Konvexität der Hänge. Wie stark die Tiefenerosion besonders in den etwas größeren Kerbtälern ist, können wir daran sehen, daß gerade in der Wüste die kleinen Gehängetälchen so sehr oft gegen das größere Tal hängen (Abb. 3)¹⁾. Wir haben im Prinzip den gleichen Formenschatz, wie er an anderer Stelle für die Winterregengebiete Chiles aus grundsätzlich gleichen Ursachen erklärt worden ist²⁾. Der einzige Unterschied gegenüber den chilenischen Winterregengebieten ist der, daß die Formen der Kernwüste kleinere Ausmaße besitzen. Es ist das auf die erheblich größere Engständigkeit der Erosionsrinnen in der chilenischen Wüste zurückzuführen. Auch die Engständigkeit ist unmittelbar in dem Vorwiegen der Flächenabspülung begründet. Daß gerade die Flächenabspülung so groß ist, ist wohl in der großen Dichte der morphologisch wirksamen Regen begründet. Es kommt in der Zeiteinheit viel mehr Wasser vom Himmel, als in den feinkörnigen Boden einsickern kann; der demnach große Überschuß muß oberflächlich abfließen. Ein weiteres Eingehen auf diese letztere Frage würde über den Rahmen dieser Arbeit hinausgehen und muß daher für eine spätere Arbeit zurückgestellt werden.

Betont sei, daß ich eine tektonische Bedingtheit der konvexen Berg- und Hügelformen in der chilenischen Kernwüste nicht für wahrscheinlich halte. Selbstverständlich müssen die Berggebiete einmal gehoben worden sein, und so kann man, wenn man will, die konvexen Formen als Charakteristikum aufsteigender Bewegung auffassen. Ebenso sicher werden aber auch die konvexen Formen anhalten, so lange das Mißverhältnis zwischen Schuttproduktion und Abtransport bestehen bleibt, und das dürfte bei Gleichbleiben der heutigen klimatischen Verhältnisse in der chilenischen Kernwüste ziemlich bis zum Augenblick der völligen Einrumpfung der Fall sein, also fast bis zum Schluß der gesamten absteigenden Entwicklung. Auch sehr flachkuppige Hügelgebiete der Kernwüste zeigen immer noch konvexe Formen (Abb. 15), obwohl von einer

1) Über den Wasserhaushalt und die Abtragungswirkung an den Hängen vgl. die in anderem Zusammenhange gemachten Ausführungen (I C, Die Pampas, *Abhängigkeit der Erosionskraft vom Gefälle* ff.).

2) H. Mortensen, Die Oberflächenformen der Winterregengebiete. Verh. der geogr. Abteilung der Ges. Deutscher Naturf. und Ärzte in Düsseldorf. Breslau 1927, S. 42.

„aufsteigenden Entwicklung“, also einer Wiederbelebung der Erosion, in der Umgebung gerade der in Abb. 15 wiedergegebenen Hügelgruppe nichts zu merken ist. Wir werden später sehen, daß in orographisch und wahrscheinlich auch tektonisch ähnlichen Wüstengebieten konkave Hangprofile sofort dann entstehen, wenn aus klimatischen Gründen die Schuttproduktion größer ist als der normale Abtransport.

Der Befund, daß der Formenschatz der Kernwüste wesentlich durch das fließende Wasser bestimmt wird, ist besonders deshalb auffallend, weil Regen in der chilenischen Kernwüste so sehr selten sind. Wenn Philippi für den Südteil des chilenischen Wüstengebietes berichtet, daß nur ungefähr alle 20—50 Jahre ein stärkerer Regen falle¹⁾, so ist diese Angabe nach den Erkundigungen, die ich eingezogen habe, für die Kernwüste ganz sicher nicht übertrieben. Selbst schwächere Regen, die also nur kurze Zeit dauern und geringe Dichte besitzen, demnach vielleicht chemisch wirksam, unmittelbar für den Formenschatz jedoch so gut wie unwirksam sind, kommen in der Kernwüste anscheinend höchstens alle 10 bis 20 Jahre vor. Der Vorgang ist demnach offenbar der, daß eine Wasserflut die Formen schafft oder sie ausgestaltet, daß in der Zwischenzeit jedoch die Landschaft wie tot daliegt, bis lange Zeit später eine erneute Wasserflut wirksam wird. Man wird einen derartigen Zustand zeitweiliger völliger Ruhe, die episodisch in langen Zeiträumen immer wieder durch denselben Vorgang der Abtragung unterbrochen wird, als Erstarrung bezeichnen können und demnach von zeitweilig erstarrten Formen sprechen dürfen.

Welche Wassermengen bei einem starken Regen vom Himmel fallen können, wird durch einen Bericht erläutert, den Walter Knoche dem zweiten Teil des Meteorologischen Jahrbuchs für Chile 1912 voranschickt. Der Bericht betrifft zwar die küstennahe Wüste, ist jedoch so bezeichnend, daß er gleich an dieser Stelle wörtlich abgedruckt sei. Ähnliche Regen wie der weiterhin geschilderte kommen, ganz gelegentlich, sicher auch im Inneren vor.

„In der Nacht vom 17. zum 18. Mai 1912 suchte ein heftiger Regen die Minenregion von Gatico, in geringer Entfernung vom Hafen gleichen Namens im Department Tocopilla gelegen, heim.

Gatico ($\varphi = 22^{\circ} 30' S$, $\lambda = 70^{\circ} 16' W$) ist ein kleiner Ort, von dem aus Kupfermineralien in bedeutender Menge vermittelt eines ausgedehnten Drahtseil-Betriebs zur Ausfuhr kommen. Obwohl man die während des Unwetters niedergegangene Wassermenge nicht kennt, handelt es sich um einen für jene Gegend unerhörten

1) R. A. Philippi, Reise durch die Wüste Atacama a. a. O. S. 154.

Niederschlag, der durch die Überschwemmung verschiedener Bergwerksbetriebe, besonders der am meisten geschädigten Minen Toldo, Velarde und Argentina eine wirkliche Katastrophe im Gefolge hatte, sowohl durch den Verlust zahlreicher Leben und des größten Teils der Maschinen und Werkstätten.

Nach Mitteilung einiger Santiaguiner Zeitungen begann der Regen zunächst als sehr feines Rieseln, nahm aber allmählich außerordentlich zu. Die Flut, welche von den den Hafen umgebenden Hügeln herabbrauste, war so heftig, daß sie nicht nur in die Häuser drang und die Minen überschwemmte, sondern einen Meter hoch über dem Boden stand. Da es dunkle Nacht war, war die Bestürzung der Arbeiter und ihrer Familien eine unbeschreibliche, und es kam zu traurigen Auftritten. Mehr als dreißig Bergleute ertranken und zahlreiche Personen blieben ohne Habe“.

An sich liegt der Gedanke nahe, daß es sich bei den auf die Wirkung fließenden Wassers zurückzuführenden Formen überhaupt nicht um dem heutigen Klima entsprechende Formen, sondern um Vorzeitformen handelt. Ich habe diese Möglichkeit bei allen meinen Beobachtungen im Auge behalten, habe jedoch nichts gefunden, was dafür spräche. Es soll nun nicht etwa bestritten werden, daß nicht an manchen Stellen Vorzeitformen auftreten; im Gegenteil, wir werden später Gebiete kennen lernen, in denen höchst wahrscheinlich Vorzeitformen vorhanden sind. Der bisher geschilderte Formenschatz jedoch ist seinem ganzen Erhaltungszustande nach zweifellos rezenter Entstehung oder mindestens rezenter kontinuierlicher Fortentwicklung. Selbst wenn wir annehmen, daß der Formenschatz seiner ersten Entstehung nach einer früheren Zeit mit möglicherweise etwas anderem Klima angehört, so wäre dieser Formenschatz dadurch, daß keine wirkende Kraft ihn zerstört, und die einzige wirkende Kraft ihn, wie gesagt, kontinuierlich weiterbildet, zu einer Jetztzeitform geworden.

Es wäre übrigens durchaus verfehlt, den geschilderten Formenschatz als „humid“ bezeichnen zu wollen, wie ich es anfangs selbst getan habe. Derartige Formen wie in der Kernwüste habe ich in völliger Gleichheit in keinem andern Gebiete Chiles, in annähernder Ähnlichkeit zum mindesten auf keinen Fall in den humiden Gebieten gesehen. Wie die Beschreibungen aus anderen Erdteilen zeigen ¹⁾, ist der geschilderte, Badland-artige Formen-

1) Vgl. besonders die neuste Arbeit von L. Waibel über die Karrasberge (a. a. O.) und zahlreiche andere Veröffentlichungen (Passarge, A. Penck, Jaeger, Kaiser, Mac Gee und viele andere). Sogar in einem Polargebiet wie Spitzbergen liegen die Verhältnisse, wie ich kürzlich beobachten konnte, ähnlich.

schatz in gleicher oder ähnlicher Ausprägung, insbesondere hinsichtlich der großen Engständigkeit der Erosionsrinnen, ein Charakteristikum aller Gebiete, bei denen durch klimatische oder andere Verhältnisse ein schneller, oberflächlicher Wasserabfluß erzwungen wird.

C. Die Pampas.

Die Oberfläche der Pampas ist, wie bereits erwähnt (o. S. 18), nicht ungegliedert; die Schuttfächer, die den allergrößten Teil der Fläche der Pampas ausmachen, sind durchzogen von einer großen Zahl von Trockentälern. Die Trockentäler sind mitunter mehrere, ja viele 100 m breit; oft beträgt ihre Breite auch nur Bruchteile von Metern. Diese Trockentäler sind sehr flach, mitunter nur wenige Centimeter eingeschnitten (Abb. 17). Eine Tiefe der Täler von über 10—20 m ist im Gebiet der Pampas eine Seltenheit.

Ein großer Teil der Trockentäler sind Fortsetzungen der von den randlichen Berghängen herabkommenden Regenrunsen. Ein Teil entsteht auf der Pampa selbst. Die größeren Trockentäler kommen bereits als fertige Täler aus den umliegenden Berggebieten heraus (Abb. 18). Ihr Charakter ist meist innerhalb und außerhalb des Berggebietes nicht grundsätzlich verschieden.

Die Trockentäler laufen einander ziemlich parallel oder aber gehen, wenn die Normalform eines Schuttfächers besonders gut ausgebildet ist, vom oberen Ende des Schuttfächers strahlenförmig auseinander. Sie vereinigen und verzweigen sich recht regellos, meist ohne sich zu einem richtigen System zusammenzuschließen (Abb. 8). Insgesamt folgen sie stets dem Gefälle der Schuttfäche, auf der sie sich befinden (vgl. Fig. 16).

Diese Trockentäler fehlen auf keinem Schuttfächer, ganz gleich, ob er sich von den Bergen der Hochkordillere, von der Küstenkordillere oder von einem isolierten Bergmassiv herabzieht. Diese Feststellung ist wichtig, weil sie uns einen Einblick in die Lebensvorgänge der Schuttkegel gestattet. In vielen Arbeiten über verschiedene Wüsten der Erde werden nämlich ähnliche Schuttkegel wie die von mir in der chilenischen Wüste gesehenen beschrieben. Nicht selten wird dann erwähnt, daß die nach einem Regenguß entstandenen Trockentälchen bald dadurch verschwinden, daß der Wind seine Tätigkeit entfaltet¹⁾.

Für die chilenische Kernwüste gilt Entsprechendes nicht. Auch für diese könnte man vielleicht eine einebnende Tätigkeit des

1) Vgl. z. B. A. Penck, a. a. O. S. 128 f.

Windes für möglich halten, wenn die Erhaltung der Trockentäler nur auf denjenigen Schuttfächern zu beobachten wäre, die unmittelbar von der Hochkordillere kommen. Man dürfte dann annehmen, daß die von dort herabkommenden Wasserfluten, die doch der Wüste gegenüber gewissermaßen als Fremdlingskraft zu betrachten sind, so häufig sind, daß immer wieder neue Trockentäler geschaffen werden, ehe die alten zerstört worden sind. Die Tatsache, daß die Trockentäler auch auf den nicht von der Hochkordillere kommenden Schuttfächern stets vorhanden sind, in Gebieten also, wo die Regen und Überschwemmungen so selten sind, wie ich es oben dargestellt habe¹⁾, läßt eine solche Vermutung als unzulässig erscheinen.

Die in den Figuren 16 und 17 wiedergegebenen Trockentalsysteme werden von der Küstenkordillere gespeist und sind doch als ausgezeichnet erhalten zu bezeichnen. Es sei ausdrücklich hervorgehoben, daß die der kartographischen Darstellung zugrunde liegende topographische Aufnahme ebenso wie die der hinten beigegebenen Karte nicht in meinem Beisein oder für meine Zwecke, etwa gar unter meiner Leitung, ausgeführt worden ist. Es handelt sich um Karten, die in einer Salpeteroficina rein für Zwecke der Oficina von einem vereidigten Landmesser vor längerer Zeit aufgenommen und entworfen waren und die ich nur abgepaust habe²⁾. Die Karten sind völlig objektiv und nicht durch irgend welche Voreingenommenheiten getrübt.

Im Übrigen sind auch die von der Hochkordillere kommenden Überschwemmungen, obwohl sie häufiger zu sein scheinen als die beispielsweise von der Küstenkordillere kommenden, überaus selten. Ich habe in den Salpeteroficinen öfter von derartigen Wasserfluten — in der Wüste nennt man sie „Avenida“ — gehört; alle Nachrichten bezogen sich jedoch tatsächlich auf im Ganzen 2 oder 3 innerhalb der letzten 10 Jahre herabgekommene Avenidas. Wenn man bedenkt, daß diese 3 Avenidas wohl eine Breite von allerhöchstens je 10—20 km besessen haben mögen, und gleichzeitig wahrscheinlich ziemlich die einzigen in einem Streifen von zusammengenommen einigen Hundert km Länge gewesen sind, so kann

1) Daß die Wasserfluten auch in der Küstenkordillere nicht ganz fehlen, ist in der Nähe der Oficina Rica Aventura in der Toco-Wüste beobachtet worden. Dort ist zum größten Erstaunen aller vor einigen Jahren durch ein in den Loa mündendes, aus der Küstenkordillere kommendes Trockental für eine Stunde ein trüber, wässriger Schlamm, der den Boden des Tales 1 m hoch bedeckte, geflossen.

2) Für die Erlaubnis, diese Karten durchzupausen und zu veröffentlichen, bin ich der betreffenden Oficina, die aus geschäftlichen Gründen nicht genannt sein will, zu größtem Dank verpflichtet.

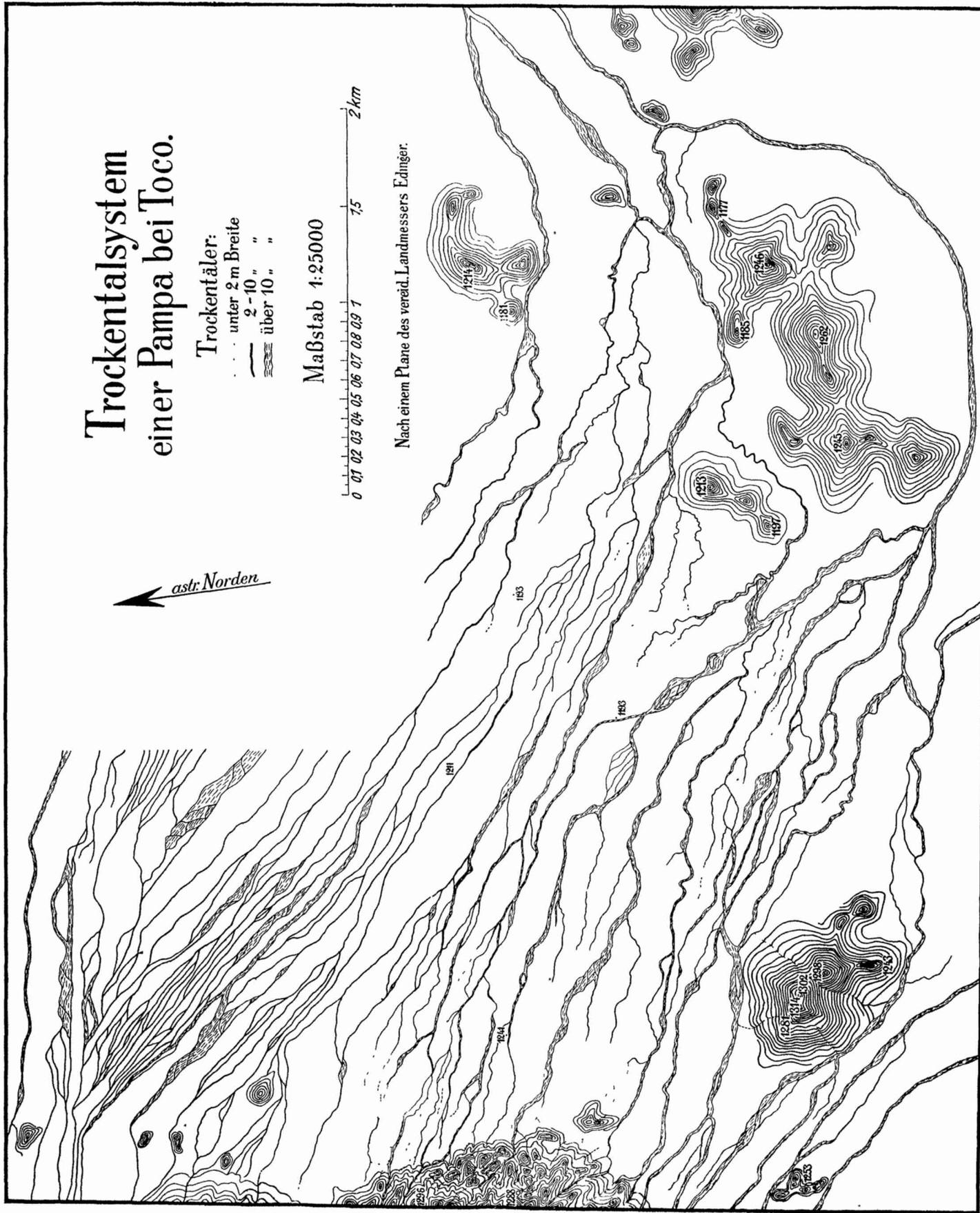
Trockentalsystem einer Pampa bei Toco.

Trockentäler:
... unter 2 m Breite
— 2 - 10 " "
= über 10 " "

Maßstab 1:25000



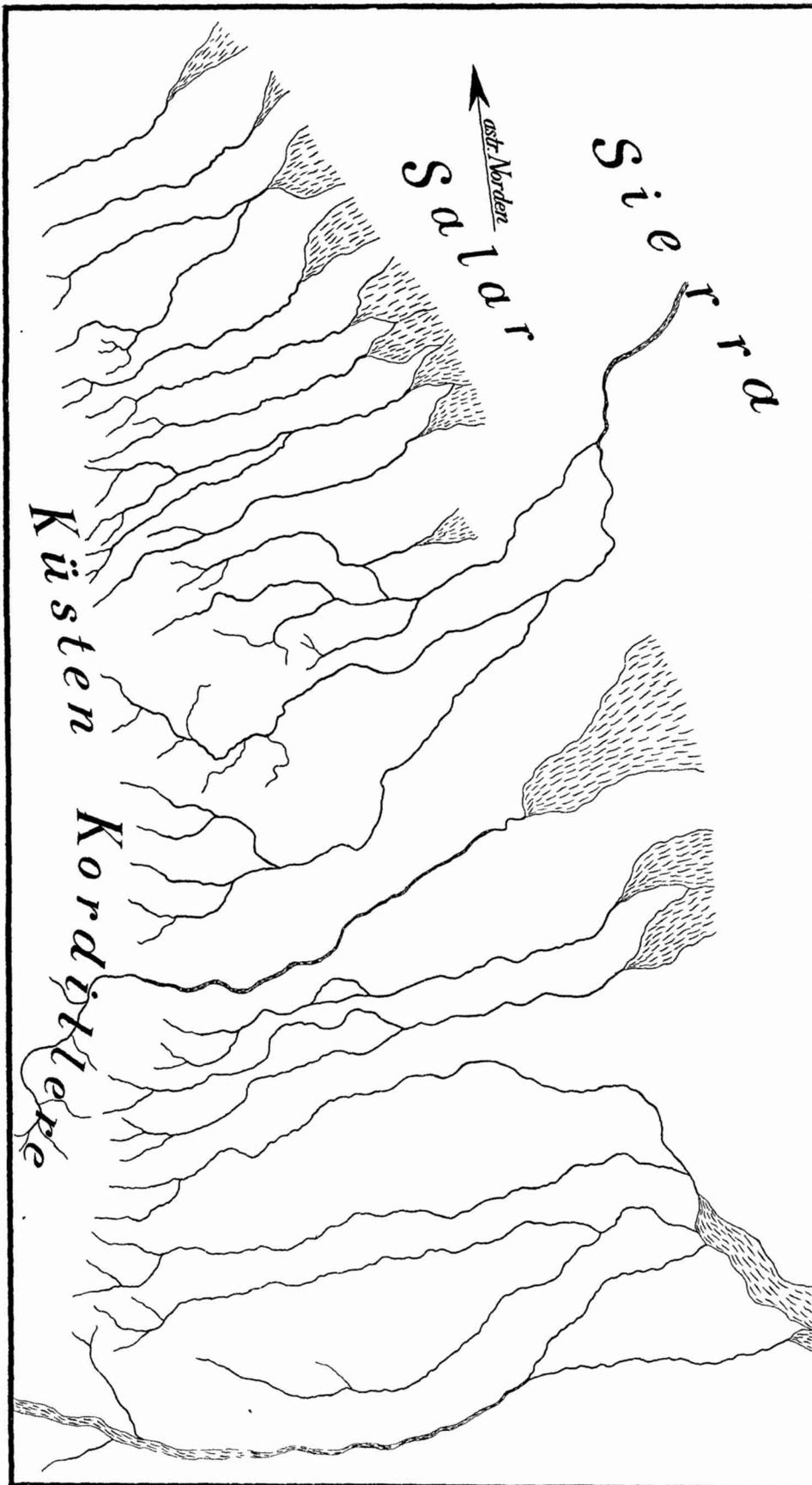
Nach einem Plane des veröid. Landmessers Edinger.



astr. Norden

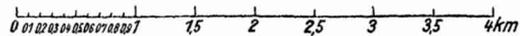
Fig. 16.

Höhen in Metern.



Trockentäler auf einer Pampa bei Toco

Maßstab 1:60000



Nach einem Plane des vereid. Landmessers Edinger

Fig. 17.

man sich ausrechnen, wie selten auch die von der Hochkordillere gespeisten Schuttfächer im Laufe der Jahrhunderte von Wasser überflossen werden.

In Bezug auf die Trockentäler haben wir also einen ganz ähnlichen Zustand; wie wir ihn für die Berg- und Hügelgebiete bereits erkannt haben: Schaffung der Form durch fließendes Wasser und völlige Erstarrung der geschaffenen Form über lange Zeiträume hinweg, bis wieder einmal das Wasser seine formenschaffende Tätigkeit ausübt.

Auch hier läge eine Erklärung der Trockentäler und damit erst recht der Schuttfächer als Vorzeitformen nahe. Dem widerspricht jedoch die Tatsache, daß die von der Hochkordillere kommenden Schuttfächer und Trockentäler, die also heute noch beobachtbar vom Wasser benutzt werden, von diesem Wasser kontinuierlich umgebildet werden. Sie sind höchst wahrscheinlich schon sehr alt (S. 48 f. und Abschnitt „Vorzeitformen“), aber sie würden heute noch in der gleichen Form allmählich entstehen können. In Zerstörung sind sie, bis auf einzelne lokal bedingte Fälle, nicht begriffen.

Bemerkenswert, wenn auch zur Zeit noch nicht in seiner vollen Bedeutung auswertbar, ist Folgendes: Wie mir an verschiedenen Stellen gesagt wurde, fehlen die Salpeterlager an den Stellen der Pampa, die von Trockentälern eingenommen werden. Leider wissen wir nicht genau, in welche Zeit wir die Entstehung bzw. die Ablagerung des Salpeters datieren sollen. Soviel ist nur sicher, daß er eine sehr feuchte Periode kaum überstanden haben dürfte, sodaß wir also seit seiner Bildung am heutigen Ort ein wüstenähnliches wenn auch möglicherweise etwas feuchteres Klima voraussetzen dürfen. Entweder ist es nun dort, wo sich Trockentäler befinden, von vornherein gar nicht zur Ausscheidung von Salpeter gekommen, oder aber der ursprünglich entstandene Salpeter muß nachträglich durch das gelegentlich die Trockentäler benutzende Wasser ausgelaugt worden sein. Wir haben demnach kein Recht, die Trockentäler als unter nicht wüstenhaftem Klima entstanden zu betrachten. Wenn wir erst einmal genauer über den Ursprung des Salpeters orientiert sein werden, werden wir den interessantesten Zusammenhang zwischen Trockentälern und Fehlen des Salpeters sicherer für die Datierung der Formen auswerten können.

Aus der durch die Fig. 17 wiedergegebenen Karte können wir ersehen, was aus den die Schuttfächer herabkommenden Trockentälern wird, wenn sie in die Nähe der Längsachse der Pampa kommen. Wenn das Gelände in der Mitte der Pampa ziemlich eben ist, was die Regel ist, so laufen die Täler deltaartig ausein-

ander. Es ist möglich, daß hier das Wasser sich zu einer Schichtflut ausbreitet. Der Übergang eines solchen Tales in die Ebene nahe der Längsachse wird durch das Längsprofil Fig. 18 dargestellt.

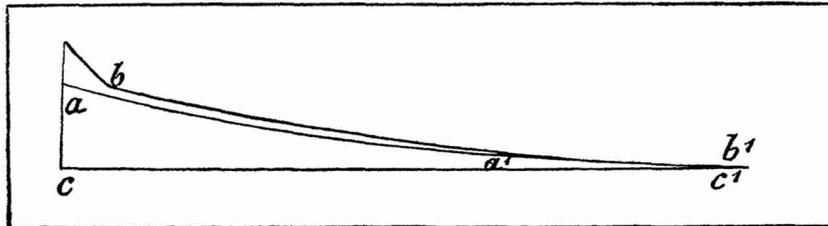


Fig. 18. Längsprofil durch ein Trockental.
Maßstab ungefähr 1:100 000; mehrfach überhöht.

$a-a^1$ Boden des Trockentales
 $b-b^1$ Pampa-Oberfläche
 $c-c^1$ Horizontale

Bei a^1 geht der Boden des Trockentales in die Pampa über.

Daß auch in der Mitte der Pampa das fließende Wasser für den Abtransport des Materials sorgt, kann man aus der Tatsache schließen, daß, wie oben erwähnt, die Mittelachse der Pampas stets ein kontinuierliches Gefälle besitzt. Auch die canonartigen Verbindungen zwischen mehreren stufenartig übereinander liegenden Pampas sind nur durch die Tätigkeit fließenden Wassers zu erklären. Wenn gelegentlich die canonartige Verbindung zwischen zwei Pampas nicht besteht, also scheinbar eine Wannenform vorliegt, so ist doch das Gefälle einer solchen Pampa stets einseitig. Die Absperrung einer solchen Pampa gegen das tiefer liegende Gebiet ist, so weit ich derartige Pampas selber gesehen habe, stets lokal bedingt, so z. B. durch einen besonders kräftig gespeisten und dadurch den Ausgang der Pampa versperrenden Schuttfächer.

In den kleineren Pampas wird die Mittelachse durch ein richtiges großes Trockental eingenommen, das dann die Rolle eines Haupttales gegenüber den andern einmündenden Tälern spielt. Beispiele dafür finden sich u. a. auch auf der beigegebenen Karte.

Erwähnt sei, daß die in Fig. 16 und 17 wiedergegebenen Karten keineswegs alle Trockentäler, die auf einer solchen Pampa vorhanden sind, wiedergeben. Die ganz kleinen, aber dafür umso zahlreicheren Trockentälchen fehlen auf ihr. Wenn man so will, besteht manche Pampa tatsächlich aus nichts weiter als Trockentälern (Abb. 17).

Wollen wir uns ein Bild machen, welcher Art die Abtragungs-, Transport- und Aufschüttungsvorgänge auf einer Schuttfläche der

Kernwüste sind, so müssen wir zuerst einmal erkennen, aus welchem Material die Schuttfächer aufgebaut sind. Die Wände der Trockentäler ermöglichen dies in ausgezeichnete Weise.

Bemerkenswert ist, daß die Schuttfächer in ihrer Gesamtheit aus geschichtetem Material bestehen¹⁾, und zwar handelt es sich zum großen Teil um recht dünne Lagen feineren und gröberer Schuttes (Abb. 19). Auch Staublagen kommen vor, besonders in der großen Längsebene. Reine Sandlagen sind seltener, fehlen jedoch nicht. Schichten feineren oder gröberer Gesteinsgruses sind recht häufig. Ungeschichtete Lagen oder solche, die nur eine sehr grobe Schichtung undeutlich zeigen, kommen ebenfalls nicht selten vor. Kreuzschichtung usw. selbst gröberer Gruses, die auf Absatz in fließendem Wasser schließen läßt, ist des öfteren zu sehen.

Die Feststellungen an den Wänden der Trockentäler werden ergänzt durch die zahlreichen, mehrere Meter tiefen Aufschlüsse, die der Salpeterbetrieb vielerorts schafft. Ein Durchschnittsprofil wird durch Figur 19 wiedergegeben.

Im N der Kernwüste, am Loa-Knie, wiegen feinere Schichten vor, und zwar Schichten eines sehr feinen Staubes, der dem auf den Hügeln liegenden zum mindesten äußerlich außerordentlich ähnlich ist. Die tadellose Schichtung läßt entweder auf Absatz im

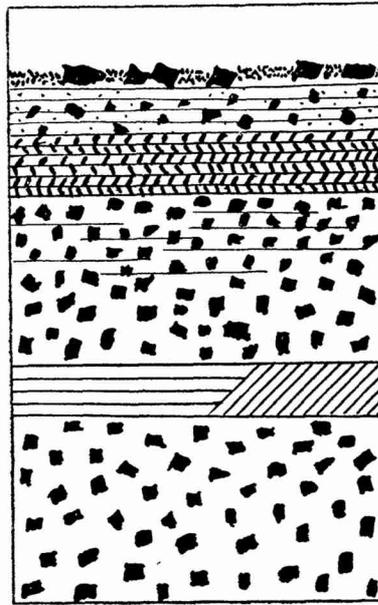


Fig. 19.

Normalprofil der hangenden Schichten einer Pampa; durch ein Trockental geschaffener Aufschluß.

Maßstab ungefähr 1:100.

- | | |
|--|--|
| | Steinchenpanzer. |
| | Hamada-Schutt. |
| | Grauer Sand mit Steinchen,
z. T. geschichtet. |
| | Gesteinssplitter und Grus,
geschichtet. |
| | Geschichtete grobe Sande. |
| | Schwach geschichteter
Schutt. |
| | Ungeschichteter Schutt. |

1) Vgl. auch die Beobachtungen von Philippi, der den in Rede stehenden Teil des chilenischen Wüstengebietes allerdings nicht kennen gelernt hat, aber das südliche Nachbargebiet gequert hat (a. a. O. S. 127 ff.).

Wasser oder aber entsprechend den von Walther beschriebenen Sandtennen¹⁾ auf Ablagerung durch Wind schließen. Da ziemlich grobe Zwischenlagen zwischen den feinen Staubschichten nicht fehlen, da überdies einige der Staubschichten mit kleinen Steinchen durchsetzt sind, und außerdem ziemlich grobes Material sich heute noch auf der Oberfläche befindet, so möchte ich die Ablagerung dieser Schichten in Wasser, vielleicht schwach fließendem oder gar gelegentlich ganz ruhendem und nur vorübergehend in stärkerer Bewegung befindlichem, für wahrscheinlich halten. Die Staubschichten am Loa-Knie sind übrigens zur Zeit in Abtragung begriffen (vgl. u. S. 66 ff.).

Während in unseren Breiten die einzelnen Steine eines Schuttkegels meist mehr oder minder stark gerundet, abgerollt, sind, ist der Schutt, der unsere Pampas aufbaut, stets eckig und scharfkantig. Schon Philippi hat das beobachtet und an sich durchaus richtig daraus geschlossen, daß der Schutt vom Wasser nicht weit transportiert sein kann²⁾. Wir können das noch enger fassen. Es ist nämlich eigentlich nicht so sehr entscheidend der Transportweg als die Art der Wasserführung. In unseren Alpenflüssen beispielsweise finden wir an Stellen, wo der Transportweg sehr kurz gewesen ist, doch recht gut abgerolltes Material. Es ist dort wohl die verhältnismäßig kontinuierliche Wasserführung, die ein Abschleifen der Steine auch zu den Zeiten bewirkt, in denen der Transport nicht gerade erheblich ist. In den Wüsten ist es anders. Dort wird der Schutt jeweils nur einmal bewegt und dabei vielleicht etwas, aber doch nicht merklich, korrodiert. Die gesamte Zwischenzeit zwischen zwei Transportzeiten liegt der Schutt völlig ruhig. Die Bedingung für durch Wasser transportierten, geschichteten und doch eckigen Schutt und für völliges Fehlen abgerollter Schotter scheint zu sein eine absolut diskontinuierliche Wasserführung. Stärke Wasserführung während sehr kurzer Zeiten muß durch lange Zeiten völliger Ruhe unterbrochen werden. Beobachtungen in Grenzgebieten der Wüste auch an rezenten Ablagerungen haben stets ergeben, daß bei einer auch nur einigermaßen häufigeren Wasserführung das im Flußbett befindliche Material abgerollt ist³⁾. Es ist mir kein Fall bekannt,

1) J. Walther, Gesetz der Wüstenbildung, a. a. O. S. 212.

2) a. a. O. S. 127.

3) Man könnte ja nun allerdings vermuten, daß diese abgerollten Schotter durch Aufarbeiten einer Geröllbank, die aus sehr feuchtem Klima stammt, in den Fluß gekommen ist. Dann müßte man aber neben dem abgerollten Material noch merklich viel eckigen Schutt im Flußbett finden. Das ist jedoch nicht der Fall. Der Beweis, daß die Abrollung zum mindesten zu einem Teil aus den heutigen Verhältnissen zu erklären ist, daß also etwas stärkere Wasserführung Abrollung zur Folge hat, dürfte damit geführt sein.

wo in nicht aridem Klima eckiger Schutt in größerem Umfange durch Wasser abgelagert worden ist, insbesondere ohne jede Geröll-Zwischenlagerung. Es scheint demnach nicht zu weit gegangen, wenn wir aus dem Vorhandensein geschichteten eckigen Schuttes und dem Fehlen abgerollter Schotter stets auf wüstenhaftes Klima zur Zeit der Ablagerung des Schuttes schließen¹⁾.

Um die eigenartige Form des im Wasser abgelagerten und doch nicht abgerollten Schuttes durch ein kurzes, treffendes Wort zum Ausdruck zu bringen, möchte ich, da das Wort „Schotter“ den Begriff des Abgerolltseins in sich schließt, „Schutt“ oder „Breccie“ jedoch zu wenig an die Mitwirkung des fließenden Wassers denken läßt, für den beschriebenen Typus des abgelagerten Materials auf Anregung meines Reisekameraden Berninger hin den Ausdruck „Schwemmschutt“ vorschlagen und weiterhin benutzen²⁾. Dieser Schwemmschutt besitzt übrigens in der Kernwüste, aber auch in manchen Teilen der Randwüste (s. u.) eine ganz außerordentliche Standfestigkeit. In Übereinstimmung mit den von Passarge³⁾ bereits in dieser Richtung gedeuteten Beobachtungen Philippis möchte ich im Gegensatz zu W. Penck, der eine Art „Schuttfließen“ gerade in trockenem Zustande in der Wüste ganz allgemein behauptet⁴⁾, betonen, daß davon auch in den Pampas der Kernwüste nichts, aber auch gar nichts zu beobachten ist. Das Material ist durchweg, auch wenn es sich um an sich lockeren Staub handelt, so fest gepackt, daß die Wände der Trockentäler, ganz gleich wie tief sie eingeschnitten sind, stets mehr oder minder senkrecht sind. Ob infolge der Schwerkraft oder einer gewissen Verbackung, vielleicht durch geringen Salzgehalt, das spielt für die Tatsache selbst keine

1) Vgl. auch J. Brüggen, der in seiner Arbeit *La geología de los yacimientos de salitre de Chile y las teorías que tratan de explicar su origen*. Ministerio de Agricultura, Industria y Colonización: Publicaciones del Servicio de Minas y Geología. Folleto No. 13. Santiago de Chile 1925, S. 4 denselben Schluß macht, um das Klima der chilenischen Wüste bis in die Kreidezeit zurückverfolgen zu können. Passarge hat bereits vor über 20 Jahren (*Die Kalahari*, Berlin 1904, S. 615) ähnliche Schlüsse für die Kalahari gezogen. Die Bedenken Jaegers (*Die Grundzüge der Oberflächengestalt von Südwestafrika*, Zeitschr. d. Ges. f. Erdk. zu Berlin 1923, S. 19) erscheinen mir vorläufig nicht stichhaltig, da mehr als das Vorhandensein eckigen Schuttes die Abwesenheit abgerollten Schotters wichtig ist und Jaeger davon nichts sagt.

2) Es handelt sich anscheinend um dasselbe Material, für das Kaiser in seiner „*Diamantenwüste*“ das Wort „*Fanglomerate*“ benutzt.

3) S. Passarge, *Pet. Mitt.* 1923 a. a. O.

4) W. Penck, *Die Morphologische Analyse*. Stuttgart 1924, S. 73 (vgl. besonders Anm. 108), S. 79 ff. und an vielen anderen Stellen.

Rolle. Auch die stets vorhandene tadellose Schichtung selbst der 50—100 m hohen Staubschichten am Loa-Knie läßt eine Bewegung des Detritus, wie sie W. Penck behauptet, dort als völlig unmöglich erscheinen. Es sei erwähnt, daß die Tiefbrunnen der Salpeteroficinen, auch wenn sie auf immerhin merklich geneigten Stellen der Pampa angelegt sind, in der Regel nicht einmal einer Versteifung bedürfen, um das Nachpressen des Schuttes zu verhindern. Es genügt, wenn die obersten 10 m der Wand des Tiefbrunnens durch dünne Bretter verschalt sind, die das Herausfallen einzelner Steine verhindern sollen. Derartige Tiefbrunnen sind bei einem Durchmesser von wenigen Metern bis über 60 m tief; sie müßten, wenn der von W. Penck behauptete Bewegungsmechanismus in der chilenischen Kern- oder Mittelwüste auch nur die geringste Rolle spielen würde, einfach zusammengequetscht werden.

Die Tiefbrunnen der Salpeteroficinen bieten übrigens eine gute Ergänzung der Beobachtungen über den Aufbau der Schuttflächen. Ich hatte Gelegenheit, in einen ca. 60 m tiefen Brunnen in der Paciencia-Wüste hinabzusteigen, allerdings aus äußeren Gründen in sehr großer Eile. Die Schichtfolge war folgende:

- I. 0—9 m nicht festgestellt, da durch Bretter verschalt.
- II. 9—12 m roter, eisenschüssiger Sand mit eckigen Steinen; geschichtet.
- III. 12—25 m Sand mit Schwemmschutt; Schichtung nicht erkennbar.
- IV. 25—27 m grobe, recht gut abgerollte Schotter, schwach Wasser führend.
- V. 27—37 m wechsellagernd: ca 3/4 m Sand und 20—30 cm Schwemmschutt.
- VI. 37—39 m grober Sand und schwach abgerollter Kies; geschichtet.
- VII. 39—49 m feiner geschichteter Sand, nach oben zu gröber werdend.
- VIII. 49—51 m feinere, mäßig abgerollte Schotter (genau wie die obersten Lagen der Schicht X).
- IX. 51—51,3 m ziemlich feiner geschichteter Sand, mit einigen dünnen Tonschichten wechsellagernd.
- X. 51,3—(62) m grobe Schotter mit dünnen Sandschmitzen. Schotter nach oben zu feiner werdend und zugleich weniger gut abgerollt.

Es bestätigt sich, daß die Pampa dort, ein Teil der großen Längsebene, vorwiegend aus eckigem Material aufgebaut war, das zum Mindesten im Großen eine deutliche Schichtung aufwies. Auch

innerhalb der Schichten im Großen war gelegentlich eine Schichtung noch zu erkennen; meistens konnte ich jedoch der Eile wegen und da die Wand des Brunnens wasserüberrieselt war, genaueres nicht sehen. Es ist wahrscheinlich, daß Schicht II einer durch den Loa-Fremdlingsfluß aufgeschlossenen 10 m mächtigen Schicht roten, eisenschüssigen Sandes entspricht, wie sie ca. 15 km entfernt von dem Tiefbrunnen untersucht wurde. Die verschiedene Mächtigkeit spricht nicht dagegen, da die Schichten des Pampa-Schuttes im einzelnen oft stark in ihrer Mächtigkeit wechseln.

Aus dem Rahmen der Schwemmschutt-Schichten fallen nur die beiden Schotterlagen in 25 m und 60 m Tiefe heraus. Sie lassen auf andere als rein wüstenhafte Ablagerungsbedingungen schließen. Daß diese Schichten sich trotz der doch sicher sehr geringen Geschwindigkeit der Abtragungsvorgänge in der Wüste in so großer Tiefe befinden, läßt einen deutlichen Schluß auf das lange Bestehen der augenblicklich herrschenden Zustände zu.

Insbesondere gilt das, wenn wir die Mächtigkeit des über dem oberen Schotterhorizont abgelagerten Schwemmschuttes in Beziehung setzen zu dem Umfang der Abtragung in den Nährgebieten. Wenn wir, wie m. E. erlaubt, annehmen, daß die Ablagerung des gesamten Schwemmschuttes über die Große Längsebene hinweg ungefähr die gleiche Mächtigkeit besitzt, so ist ersichtlich, wie außerordentlich stark die Abtragung in den Nährgebieten gewesen sein muß, um eine so große Fläche aufschütten zu können. Ganz gleich, wie alt der oberste Schotterhorizont auch ist, so dürfen wir es doch für wahrscheinlich halten, daß dem heutigen Wüstenklima nicht mehr entsprechende Formen, die damals entstanden sind, im Verlauf der aus der Mächtigkeit des Schwemmschuttes erschlossenen Abtragsperiode ziemlich völlig verschwunden sind. Auf jeden Fall gilt das für die auf den Hängen der Berge und Hügel befindlichen Böden. In einer Zeit, wo 25 m Wüstenschutt auf einer riesenhaften Fläche, wie es die Große Längsebene ist, abgelagert werden konnten, kann sich aus einer früheren Epoche stammender Boden auf den Hängen der Berge, die doch das Nährgebiet dieses Schuttes darstellen, nicht halten, wenn man von vereinzelt, zufällig besonders begünstigten Stellen absieht.

Nach den Erfahrungen in anderen Wüsten können wir als spätesten Termin der aus dem oberen Schotterhorizont vermutbaren feuchteren Periode das Diluvium ansehen, dessen Eiszeiten in manchen Wüsten als Pluvialzeiten nachgewiesen worden sind¹⁾. Wir würden dann den in 25 m Tiefe befindlichen Schotterhorizont vielleicht der

1) S. Passarge, Vergleichende Landschaftskunde Heft 4 (a. a. O.), S. 130 f.

jüngsten und den in 60 m Tiefe befindlichen Schotterhorizont einer älteren Vereisung zurechnen können oder aber in Parallele mit den Feststellungen Blanckenhorns in Syrien, Arabien und Mesopotamien¹⁾ den oberen Schotterhorizont als Ablagerung des „Kleinen Pluvial“ (Riß-Eiszeit in Europa), den unteren als Ablagerung des Schlusses des „Großen Pluvial“ (Mindel-Eiszeit) betrachten (a. a. O. S. 59 und 58).

Der in 25 m Tiefe befindliche Schotterhorizont ist von sehr geringer Mächtigkeit, besonders wenn man ihn mit der Mächtigkeit des hangenden Schwemmschuttes vergleicht. Man darf daraus schließen, daß die Pluvialzeit, falls wir eine solche annehmen, sich in dem Kern der Wüste nur für eine ganz kurze Zeit, wahrscheinlich nur während des Höhepunktes der gleichzeitigen stärkeren andinen Vereisung ausgewirkt hat. Der mangelnde Nachweis aus der Pluvialzeit stammender Vorzeitformen würde aus dieser Tatsache ebenfalls verständlich sein.

Es ist sogar nicht einmal nötig, daß das Klima der heutigen Wüste seinen Wüstencharakter während der Zeit der Ablagerung der Schotter überhaupt verloren hat. Es ist durchaus möglich, daß die vorübergehende Schotterzufuhr überhaupt nur auf die diluviale andine Vereisung zurückzuführen ist, daß nämlich die mit der stärkeren Vereisung zusammenhängenden Schmelzwasser mehr abgerolltes Material von der Hochkordillere in die Wüste hineingebracht haben, ohne daß das Klima der Wüste selbst seinen Charakter geändert hat. Die Schotterhorizonte wären dann nur eine vorzeitliche Fremdlingsform, wie es die rezenten Loa-Ablagerungen heute sind. Für diese letztere Auffassung spricht es, daß an den allerdings wenigen Stellen, wo eine nicht von der Hochkordillere gespeiste Schuttfläche (Puelma-Wüste, Westteil der Vergara-Wüste) bis auf das Anstehende aufgeschlossen war, der an sich zu erwartende Schotterhorizont fehlte. Auch östlich Iquique (vgl. II D, *Rückschreitende Erosion von der Küste her*) war kein Schotterhorizont vorhanden.

J. Brüggem setzt sich in seiner bereits zitierten Arbeit über die Salpeterlagerstätten ebenfalls mit der Frage des diluvialen Klimas auseinander. Auch er schließt aus den Ablagerungen, ohne allerdings die Frage der Schotterhorizonte zu diskutieren, auf prinzipiell wüstenhaftes Klima. Er kann sich jedoch einen Teil der großen rios secos aus dem heutigen Klima nicht erklären, hält sie für Vorzeitformen, die einem feuchteren Klima entsprechen müßten, und schließt daher einen Kompromiß, indem er annimmt, das dilu-

2) Handbuch der regionalen Geologie V, 4. Heidelberg 1914.

viale Klima des heutigen Wüstengebietes habe ungefähr dem heutigen Klima der Halbwüste bei Coquimbo-Vallenar entsprochen (a. a. O. S. 4). Es scheint mir nicht nötig, den von Brüggens gemachten Kompromiß mitzumachen. Wie oben erwähnt, halte ich es durchaus für zulässig, die Entstehung des größeren Teiles auch der großen Trockentäler aus den heutigen formenschaffenden Vorgängen zu erklären.

Auf jeden Fall ist der Unterschied zwischen Brüggens Auffassung und der meinigen nur graduell. Auch das Klima der südlichen Atacama-Wüste wird ja nach der heutigen Auffassung als wüstenhaft bezeichnet.

Ich halte es für durchaus möglich, daß die beiden Schotterhorizonte überhaupt nicht diluvial, sondern noch wesentlich älter sind. In dem Hügelgebiet südl. der Oficina Francisco Puelma habe ich fast wagerecht liegende Schotter von wenigen Metern Mächtigkeit gesehen, die weitgehend zerschnitten waren. Die durch die Zerschneidung entstandenen Hügelformen unterschieden sich in nichts von denen der aus anderem Material aufgebauten Hügel. Es wäre wohl denkbar, daß diese Schotter mit einem der beiden in dem Brunnen vorhandenen Schotterhorizonte gleichartig sind. Weiterhin ist es möglich, daß der untere der beiden Schotterhorizonte dem von Brüggens¹⁾ bei Pica (östlich Iquique, am Fuße des westlichsten Hauptkordilleren-Zuges) festgestellten Horizont „Unterer Konglomerate“ entspricht. Dieser Horizont wird von Brüggens mit mehreren 100 m Mächtigkeit angegeben²⁾; er stammt aus der Zeit vor der letzten entscheidenden Hebung der Kordillere und vor den großen Liparitausbrüchen, nach Brüggens aus dem Miocän.

Denkbar ist es schließlich auch, daß die beiden Schotterhorizonte, zum mindesten der obere, überhaupt nur ein Umlagerungsprodukt der wesentlich früher abgelagerten und dann unter möglicherweise voll ariden Klimabedingungen abgetragenen mächtigen „unteren Konglomerate“ Brüggens ist. Genauere Untersuchungen, als ich sie vorgenommen habe, sind zur Beantwortung dieser Fragen nötig.

Entsprechend dem Aufbau der Schuttkegel unter Mitwirkung fließenden Wassers sind die Unterschiede der Korngröße

1) J. Brüggens, Informe: Sobre el Agua Subterránea de la Region de Pica. Ministerio de Industrias i Obras Públicas. Publicaciones del Servicio Jeologico. Folleto núm. 3. Santiago de Chile 1918.

2) Die Mächtigkeit des unteren der beiden oben genannten Schotterhorizonte ist mir leider nicht bekannt, da er neben dem nur wenig Wasser führenden oberen Schotterhorizont der erwünschte Wasserstauer ist und deshalb nicht durchsunken worden ist. Vielleicht kann man in anderen Brunnen, wo die Verhältnisse bezüglich des Wassers andere sind, die Mächtigkeit des unteren Schotterhorizontes erkennen.

vom oberen Ende bis zum unteren Rande der Schuttflächen. In der Nähe der Berge, die wir als Nährgebiet auffassen dürfen, ist das Material durchschnittlich am größten. Mit größerer Entfernung wird es immer feiner. Das hängt wohl nicht nur mit der zunehmenden Zerkleinerung während des Transportes zusammen — diese müßte sich wenigstens zum Teil gleichzeitig in einem Abrollen des Materials äußern — sondern mehr damit, daß die von den Bergen weg abnehmende Transportkraft des Wassers in den tieferen Teilen der Schuttflächen nur noch das feinere Material zu transportieren vermag. Der stellenweisen Bildung größerer Steinpanzer in den oberen Teilen der Schuttfläche entspricht die Ablagerung feineren Materials unten, und auch das unmittelbar von den Bergen kommende feinere Material kann naturgemäß weiter transportiert werden als der bald sich ablagernde gröbere Schutt.

Am äußersten Rande der Schuttkegel kann man Beobachtungen über das sich aufbauende Material nur seltener machen, da dort die allmählich flacher werdenden Trockentäler Aufschlüsse nicht mehr bieten. So weit die gelegentlich vorhandenen mehrere Meter tiefen Bohrlöcher (Schüsse) und die beim Salpeterabbau zum Teil entstehenden ebenfalls nur wenige Meter tiefen Gruben einen Einblick gestatten, scheint das Material in den tiefsten Teilen der Pampa am feinsten zu sein. Oft ist es ein körniger, mit zahlreichen sehr kleinen Gesteinssplintern ziemlich gleichmäßig durchsetzter, im Übrigen aber ebenfalls mindestens schwach geschichteter Schutt. Das Extrem sind die bereits erwähnten Staubschichten in der Paciencia-Wüste, die am weitesten von allen umgebenden Bergen entfernt liegen. Unregelmäßigkeiten bezüglich der Korngröße fehlen natürlich nicht. Der auf den zweifellos ortsfremden Staubschichten am Loa-Knie liegende, zum Teil recht grobe Schutt zeigt, daß auch dorthin das Wasser größere Steine zu transportieren vermocht hat. Umgekehrt findet man noch heute auf den oberen Teilen der Pampas erstarrte rezente Schlammströmchen aus feinerem Material, die sich nach kurzem Wege totgelaufen haben. Früher ist das nicht anders gewesen, und so finden wir auch in der Nähe der Berge Lagen feineren Materials zwischen größerem Schutt.

Dem Feinerwerden des Materials mit zunehmender Entfernung vom Nährgebiet entspricht es, daß das Gefälle längs einer Schuttfläche immer geringer wird, also konkav ist, wie es in Fig. 11 und 18 dargestellt ist. Es ist das im Prinzip dasselbe Längsprofil, wie es die Flüsse unsers Klimas, ebenfalls parallel mit einem Feinerwerden des Materials, besitzen. Die Tatsache, daß die Schuttfächer der Wüste keine steile Stirn besitzen, ist auf den ersten Anblick viel-

leicht befremdlich; wir werden sehen, daß sie eine gute Bestätigung ist für die weiterhin gegebenen Ableitungen über die Bewegungsvorgänge auf den Schuttflächen. Ehe wir auf diese Fragen jedoch eingehen können, wollen wir noch einige Beobachtungstatsachen erwähnen.

Sehr interessant ist es, die Korngröße des Schuttes nicht nur mit der Entfernung der Ablagerungsstelle vom Nährgebiet, sondern auch mit dem zeitlichen Verlauf der Ablagerung an ein und derselben Stelle in Beziehung zu setzen. Im Durchschnitt wird nämlich die Korngröße des Schuttes an derselben Stelle von unten nach oben feiner, wenn man von der allerobersten Lage (s. u.) absieht. Am Loa-Knie z. B. haben wir zu unterst groben Schutt, der nach oben zu feiner wird, bis wir die des öfteren erwähnten Staubablagerungen haben. An allen anderen Stellen in den niedriger gelegenen Teilen der Pampas, die ich im Aufschluß sehen konnte, ist Ähnliches der Fall. Ob wir daraus auf im Laufe der Zeit abnehmende Transportkraft, etwa gar abnehmende Feuchtigkeit schließen dürfen, scheint mir fraglich. Die weite Verbreitung groben Schuttes auf den Schuttflächen der Kernwüste zeigt, daß die seltenen, kurzen, aber sehr kräftigen Regen der vollariden Wüste auch groben Schutt durchaus zu transportieren vermögen, wenn auch, über lange Zeiträume gerechnet, absolut langsamer.

Eher scheint mir das Feinerwerden des Schuttes von unten nach oben auf Folgendes hinzuweisen: Je weniger die Formen den obwaltenden Klimaverhältnissen angepaßt sind, um so stärker ist die Schuttproduktion, um so gröber wahrscheinlich der dem fließenden Wasser zum Transport zur Verfügung stehende Schutt. Mit zunehmender Anpassung der Formen an die Kräfte wird die Schuttproduktion geringer¹⁾, das Material wird feiner. Wir würden demnach aus dem Feinerwerden des Schuttes an den einzelnen Stellen der Kernwüste den Schluß ziehen dürfen, daß die Formen des Nährgebietes, also die Berg- und Hügelgebiete sich einem gewissen Ausgleich nähern. Dieser Ausgleich äußert sich in den Berg- und Hügelgebieten darin, daß das gelegentlich fließende Wasser nicht mehr so viel Schutt zur Verfügung hat, wie es transportieren könnte. Nach dem bekannten wasserbaulichen Gesetz, daß die Schleppkraft eines Gewässers gleich Transportkraft + Erosionskraft ist, muß somit die Erosionskraft steigen. In unsern Klimaten wird durch Steigerung der Erosionskraft die Schuttproduktion angeregt,

1) Es ist das ein Gedanke, den Passarge in ähnlichem Zusammenhange immer wieder (zuletzt auf dem Naturforschertag in Düsseldorf) ausgesprochen hat.

so daß in Wirklichkeit ein dauerndes annäherndes Gleichgewicht zwischen Schutzzufuhr und Abtransport bestehen bleibt. In dem Wüstengebiet tritt dies auf Grund der erwähnten Standfestigkeit des Materials nicht oder wenigstens nicht so bald ein, und so haben wir gesehen, daß sich ein großer Teil der Täler in den Berg- und Hügelgebieten im Stadium kräftigster Einschneidung befinden. Die oben (S. 35 ff.) beschriebenen Formen in den Berg- und Hügelgebieten und das Feinerwerden des Schuttes auf den Pampas von den liegenden zu den hangenden Schichten ergänzen sich demnach aufs Beste. Über die Auswirkung der verringerten Materialzufuhr für die Form der Schuttkegel wird unten gesprochen werden.

Der auf den Pampas liegende Schutt unterscheidet sich nicht wesentlich von dem Schutt, der die Pampas aufbaut. Er zeigt deutliche Unterschiede je nach der Stelle, wo er sich befindet.

In den Trockentälern selbst haben wir Sandbänke, Schlammstromreste, grobe und feine Gesteinsbrocken regellos durch- oder nebeneinander (Abb. 7, 17, 18). Verschwemmter Staub ist nicht selten. Die Gesteinsstücke stammen nach ihrer Beschaffenheit ausnahmslos von den das Nährgebiet darstellenden Bergen. Mit wenigen Ausnahmen ist das auf der Oberfläche liegende Material auf dem Boden der oft sehr weiten Trockentäler vollkommen scharfkantig und frisch. Man hat fast stets den deutlichen Eindruck, daß nach der letzten Benutzung des Trockentales durch Wasser keine andere Kraft irgend etwas Wesentliches an dem abgelagerten Detritus verändert hat.

Auch auf den zwischen den Trockentälern befindlichen Teilen der Pampas hat man diesen Eindruck oft. Man kann geradezu sagen, daß mancherorts die gesamte Pampa ein riesenbreites Trockental ist.

Doch gilt dies bei weitem nicht ausschließlich. Die die Täler ganz selten durchbrausenden Wassermengen können für kurze Zeit auch den größten Schutt bewegen. Die zwischen den Tälern liegenden Ebenheiten der Pampa werden wesentlich seltener von Wasser überflossen; die Gewalt des Wassers ist, da dort nur die ganz lokalen Regen transportierend wirken, geringer. Der gröbere Schutt kann nicht oder nur höchst selten bewegt werden, während der feine herausgespült wird. Während in den eigentlichen Trockentälern Materialzufuhr und -Abfuhr sich ziemlich die Wage halten, sind die dazwischen liegenden Flächen, da sie meist kein Nährgebiet besitzen, Gebiete der Abtragung, und zwar in erster Linie des feineren Materiales. Es gilt das natürlich nur so lange, wie die Ebenheiten zwischen den Trockentälern bestehen; wird durch

eine Wasserflut eine Fläche zwischen zwei Trockentälern fortgerissen und ihr Material umgelagert, so ändert sich das gesamte Bild. Allzu oft im Verhältnis zur Zahl der Niederschläge dürfte dieser letztere Vorgang jedoch nicht stattfinden, und so besitzen die Pampas in großer Verbreitung die auch für andere Wüsten schon oft beschriebene Panzerung der Oberfläche. Über der meist staubigen oberflächlichen Bodenschicht, die nicht selten eine gewisse Ähnlichkeit mit dem Eluvialboden der Berg- und Hügelgebiete besitzt, in der Regel jedoch stärker mit Gesteinssplintern und Grus durchsetzt ist, befindet sich entweder ein Panzer aus faustgroßen und noch größeren Steinen¹⁾ oder aber der für die Hügelgebiete bereits beschriebene Steinchenpanzer (Abb. 20). Dieser Steinchenpanzer ist auf den Pampas viel verbreiteter und in der Regel viel dichter als auf den Hängen der Berge. Die Staubhaut, die in den Berg- und Hügelgebieten eine so große Rolle spielt, tritt in den Pampas in ihrer Bedeutung stark zurück.

Auch wo der eigentliche Steinpanzer fehlt, findet man dort, wo die oberste Schicht durch Lockerboden dargestellt wird, an der Oberfläche eine ganz dünne Lage etwas gröberen Materiales, eine Art Gruspanzer, der gegenüber schwächerem Angriff von abtragenden Kräften, insbesondere gegenüber der deflatorischen Wirkung schwächeren Windes, einen gewissen Schutz ausübt.

Die Steinchen sind zum Teil spitz und scharfkantig, und zwar auch dann, wenn sie offenbar nicht durch Zerfall unmittelbar in der Nähe befindlicher größerer Blöcke entstanden sind. Da irgendwelche Spuren von Windwirkung — Lochbildung, Ausblasung, Glättung — an diesen spitzen Steinchen nicht zu sehen sind, hält Verf. die Mitwirkung des Windes bei der Bildung dieser Art von Steinchenpanzer für ausgeschlossen. Sie können tatsächlich nur entstanden sein durch die selective Tätigkeit des Wassers, das die feinen Teilchen weggeschwemmt hat und an vielen Stellen noch jetzt gelegentlich weggeschwemmt. Auch die Tatsache, daß man an manchen Stellen sieht, wie der Steinchenpanzer von oberflächlichen aus Sand oder

1) Die anschaulich wiedergegebene Beobachtung Passarges, das man „auf der steinigen Sserir wie auf einem Symrnateppich geht“ (E. Blanck und S. Passarge, Die chemische Verwitterung in der ägyptischen Wüste z. a. O. S. 6), wenn sich unter dem Steinpanzer Staub befindet, kann ich für viele Hamada- und auch die Sserirgebiete der chilenischen Wüsten vollauf bestätigen. Beim Gehen wie beim Reiten entsteht auf derartigen Flächen ein eigenartiges, gedämpft klapperndes Geräusch — die Steine fliegen selbst beim Galoppieren nicht — das man nicht vergißt, wenn man es einmal gehört hat.

Staub bestehenden kleinen Schlammströmen überflossen ist, deutet auf die Anwesenheit fließenden Wassers hin.

Sehr hübsch konnte man das Positiv zu der erwähnten Ausschleimung der feineren Teilchen an einem im unteren Ende tief eingeschnittenen rio seco am Loa östlich Toco (Abb. 19 sehen.) Die Wände dieses Canon-artigen, durch Wasser geschaffenen Tales waren stellenweise, insbesondere in der Nähe des Blindendes (vgl. u. S. 68) überzogen mit einer ganz dünnen (nur Bruchteile von Millimetern mächtigen) Haut ortsfremden feinen Schlammes von rosa-lila Farbe. Die tropfige Form der Haut ließ zweifelsfrei ihre Entstehung durch langsam an den Hängen herabfließendes oder herabtropfendes Wasser erkennen. Auch die durch Unterspülung, z. T. unter Auslösung durch Erdbeben von den Wänden gestürzten und auf der schmalen Talsohle liegenden Schuttblöcke zeigten in der Nähe des Blindendes, wo sie also gelegentlich von herabkommendem Wasser bespritzt werden konnten, denselben charakteristischen Überzug.

Nicht überall bestehen die Steinchenpanzer aus eckigem Material. Gegenüber den ersten Beobachtungen unerwartet häufig fand Verf. auch eine starke Glättung der kleinen Steine, die ihnen etwas Bachkieselartiges gibt (Sserir). Hier ist also die Parallelität mit anderen Wüstengebieten¹⁾ sehr weitgehend. Allerdings habe ich einen Unterschied in der Gestalt der Kiesel zwischen dem an der Oberfläche und dem im Boden befindlichen Teil der Kiesel nicht feststellen können. In den Gebieten mit Panzer aus geglätteten Steinen, zum Teil auch außerhalb derselben, nur selten jedoch in den Trockentälern, zeigt auch die Oberfläche der größeren Steine die dunkle Rinde, gelegentlich auch Lochbildung, wie wir sie bei der Beschreibung der Hügelgebiete schon erwähnt haben. Eigentliche Korrosionserscheinungen waren selten. Nur östl. des Loa in der Toco-Wüste (Joya-Hügel) habe ich solche in größerem Ausmaße gesehen, einige korrodierte Stücke auch in der Puelma-Wüste gefunden.

Wie auf den Hügeln, so findet man auch auf den Pampas auf eine bestimmte Erstreckung nur entweder eckige, scharfkantige Steine und Steinchen oder aber nur gerundete Steinchen und mit Rinde versehene oder abgeblasene Steine. Gemischt kommt beides kaum vor, wenn man von den größeren Steinen und Blöcken absieht. Daß die größeren Steine auch in Gebieten mit spitzen Steinchen öfter mattiert sind, also offenbar besonders wenig von

1) J. Walther, Das Gesetz der Wüstenbildung, a. a. O. S. 211 f.

fließendem Wasser bewegt sind, ist aus der bereits erwähnten geringen Kraft des fließenden Wassers auf manchen Teilen der Pampaebenen ohne weiters verständlich. Die kleineren Steinchen können gerade noch genügend oft bewegt werden; die großen Steine bleiben jedoch so unendlich lange in Ruhe liegen, daß andere an sich wesentlich schwächere Kräfte als das Wasser ihr Werk beginnen können.

Im allgemeinen ist die Rinde, die die Steine überzieht, ebenso wie auf den Hügeln blau. Rötliche Farbtöne kommen seltener vor. Eine sehr interessante Sonderung des oberflächlichen Pampaschuttes nach der Farbe fand ich auf einem Schuttfächer, der sich aus der Loa-Ebene bei Calama in die Berge nordwestlich Calama erstreckte. Dort waren die Steine auf dem unteren Teile des sehr großen Schuttfächers mit einem dunkelblauen Überzug versehen, wie er die Regel ist. Nach oben zu hatten die auf dem Schuttfächer liegenden Steine, obwohl sie zum erheblichen Teile denselben Gesteinen (Diorit und Andesit) angehörten, plötzlich einen rötlich-braunen Überzug. Abgesehen davon, daß eine Anzahl der rotmattierten Steine sich in die Region mit vorwiegend blauen Überzug erstreckten, war die Grenze zwischen beiden Regionen überaus scharf. Insbesondere waren in dem oberen Teile der Pampa keine Steine mit blauem Überzug. Gleichzeitig waren gerade in dem oberen Teile dieser Pampa Lösungs- und vielleicht Korrasionserscheinungen (Lochbildung, Karrenbildung) besonders häufig. Die Tatsache, daß blau-überzogene Steine im oberen Teile völlig fehlten, läßt eine Erklärung der verschiedenen Rinde aus der Verschiedenheit der beiden genannten Gesteine als ausgeschlossen erscheinen, da keins der beiden Gesteine in dem Schutt des oberen Teils des Schuttfächers fehlte.

Ich habe mir damals die Zusammenhänge garnicht erklären können, glaube jedoch jetzt eine Erklärungsmöglichkeit andeuten zu können: Denselben roten Überzug und dieselbe Durchlöcherung der Steine habe ich sonst in ausschließlicher Verbreitung nur in der Hochwüste der Puna de Atacama gesehen. Sie ist in ähnlicher Weise, wenn auch nicht betreffs der Durchlöcherung, bei dem Schutte der Tertiärgebiete Spitzbergens ausgebildet, wie ich diesen Sommer gelegentlich eines mehrwöchigen Aufenthaltes dort wahrnehmen konnte. Ich halte es heute für sehr wahrscheinlich, daß die rote Mattierung der Steine auf dem oberen Teile des betreffenden Schuttfächers bei Calama bereits dem Einflusse hochwüstenhafter Vorgänge zuzuschreiben ist. Da ich die Hochwüste hier nicht behandeln will, so kann ich auf diese Fragen hier nicht weiter ein-

gehen; auf jeden Fall würde diese Annahme der aus anderen Erscheinungen erkennbaren Tatsache durchaus entsprechen, daß wir uns in der Gegend der Berge bei Calama bereits dicht an der Grenze rein wüstenhafter Vorgänge und Formen gegenüber den anders gearteten Bedingungen der Hochwüste befinden.

Ans der Beobachtung, daß von dem roten Schutt des oberen Teiles der Schuttfläche nur verhältnismäßig wenig Material unverändert nach unten transportiert worden ist, kann man sich eine Vorstellung machen, wie langsam absolut genommen die Transportbewegung auf diesem und vielen anderen Schuttfächern ist. Selbst bei Berücksichtigung der Tatsache, daß durch das Übergreifen hochwüstenhafter Vorgänge und des damit stärkeren Windeinflusses die Bildung der blauen teils matten, teils glänzenden Rinde auf dem erwähnten Schuttkegel wohl relativ schnell geht, erfolgt die Rindenbildung doch höchstwahrscheinlich absolut sehr langsam. Wenn sich trotzdem in dem unteren Teile des Schuttfächers kaum Steine mit roter Rinde finden, so muß der Vorgang des Transportes mindestens ebenso langsam gehen wie der der Rindenbildung.

Trotzdem darf man von einer Fossilität des Schuttfächers nicht sprechen, also etwa vermuten, daß der Schuttfächer gar nicht in Betrieb ist und daß auf diese Weise die Sonderung der roten bzw. blauen Rinde nach der Höhenlage so gut bestehen kann. Daß der Schuttfächer noch in Betrieb ist, zeigt nicht nur der gute Erhaltungszustand der Trockentälchen, sondern auch die Tatsache, daß rezente auf die Schuttfächer herabgekommener Hangschutt durch Pampatälchen zerschnitten wird, die Tälchen also jünger sein müssen als der rezente Hangschutt.

Wenn die beschriebenen Erscheinungen der Glättung, Rindenbildung, Ausblasung usw. darauf hindeuten, daß andere Kräfte als das Wasser hier eine gewisse Rolle spielen, so müßte man demnach eigentlich erwarten, daß die Glättung usw. in den Pampas, die doch durchweg aus rezentem Schutt aufgebaut sind, geringer ist als in den Berg- und Hügelgebieten, wo die größeren Steine an günstigen Stellen sicher oft außerordentlich lange in Ruhe bleiben. Das ist jedoch nicht eigentlich der Fall. Die Rindenbildung usw. spielt auf den Pampas eine größere Rolle als in den Berg- und Hügelgebieten.

Vielleicht hängt das, soweit es die windbearbeiteten Steine angeht, mit dem Auftreten von Windhosen auf den Pampas zusammen. Besonders auf der großen Längsebene treten in den Mittagsstunden des Sommers regelmäßig Windhosen von allerdings geringer Ausdehnung, aber mit wahrscheinlich sehr großen Wind-

geschwindigkeiten, auf. Nach den Beschreibungen, die mir von diesen Windhosen in der Toco-Wüste gegeben worden sind, wirbeln dieselben stets Material auf. Sie sind ja aus der Ferne überhaupt nur daran zu erkennen. Wenn in anderen Wüsten beobachtet worden ist, daß bei großen Windgeschwindigkeiten sogar Steine durch die Luft fliegen¹⁾, so ist es auch ohne weiteres erklärlich, daß zum mindesten der Steinchenpanzer oder gar der Gruspanzer dem Angriff starken Windes nicht standhalten kann. Die Form der Oberfläche der Pampas, insbesondere auch der Trockentäler, wird durch diese Windhosen, wahrscheinlich infolge ihrer geringen Ausmaße, nicht berührt; doch vermag das durch den Wind in Bewegung gesetzte Material vielleicht korrodierend auf den Schutt der Pampaoberfläche zu wirken. Da die Windhosen gerade in der Längsebene am häufigsten auftreten, so ist es nicht verwunderlich, daß sowohl in der Vergara-Wüste als besonders in der Toco-Wüste Rindenbildung und Ausblasung der Oberfläche der Steine besonders häufig ist.

Die normalen und oft recht starken Winde vermögen das Material an der Oberfläche der Pampas nicht in Bewegung zu setzen, wie ich des öfteren beobachten konnte. Daß ich da nicht etwa voreingenommen gewesen bin, mag man daraus ersehen, daß ich gleich in den ersten Tagen, als ich mit der Longitudinal-Bahn durch die Wüste fuhr und von den formenschaffenden Vorgängen noch nicht die geringste Vorstellung hatte — ich wartete damals immer auf den fliegenden Sand als ein Charakteristikum der Wüste — gelegentlich eines nächtlichen recht starken Windes es als besonders auffallend in meinem Tagebuch notierte, daß trotz des starken Windes keinerlei Bewegung des Materials stattfindet. Wie gering die Windwirkung, in diesem Falle die Korrasion ist, zeigt auch die Tatsache, daß ich in der Kernwüste an Glassplittern, wie man sie in der Nähe menschlicher Ansiedlungen in der Wüste häufig findet, keine Spuren des Windes gesehen habe. Während auf der Kurischen Nehrung z. B. Glassplitter schon nach recht kurzer Zeit infolge Bearbeitung durch fliegenden Sand ihre scharfen Kanten verlieren, war an den Splittern in der Kernwüste nicht einmal eine Mattierung der Oberfläche zu erkennen²⁾.

1) Passarge, Grundlagen der Landschaftskunde, a. a. O. Bd. III, S. 127 und 335.

● 2) Ich kann nicht umhin, an dieser Stelle ganz kurz auf einige von Kaiser in der „Diamantenwüste“ (a. a. O.) niedergelegten Anschauungen über den Wind und seine Wirkung einzugehen, da Kaiser den diesbezüglichen von ihm in der Namib beobachteten Tatsachen ausdrücklich Allgemeingültigkeit zuschreibt. Kaiser sagt (a. a. O. Bd. II, S. 221): „Die Deflation spielt in allen Wüsten-

Aus dem Gesagten ist die Verbreitung der Gebiete mit Mattierung usw. verständlich: In der großen Längsebene finden wir derartige Erscheinungen wie gesagt am häufigsten, ebenso auf großen Pampas, auf den kleinen Pampas seltener. Ebenso sind sie auf den Schuttflächen, die von der Küstenkordillere in die große Längsebene hineinragen, aber auch auf den Pampas der Küstenkordillere häufiger als auf den näher der Hochkordillere gelegenen Schuttflächen. Die östlichen Teile der Küstenkordillere erhalten

gebieten eine sehr große Rolle“. Es liegt mir fern, diese Behauptung für Gebiete, in denen lockeres Material an der Oberfläche vorkommt, z. B. in der Tacna-Wüste, unbedingt leugnen zu wollen, da ja schließlich jeder Korrasion die Deflation um eine noch so geringe Zeitspanne vorausgehen muß. Kaiser belegt seine Behauptung jedoch u. a. mit der von ihm gemachten Beobachtung, daß in der Namib der Wind, wenn er morgens „mit geringer Windstärke einsetzt“, zunächst nur den Staub abhebe und daß auf diese Weise „die Linien des Horizontes im Dunstschleier verschwimmen“. Für die chilenische Kernwüste trifft diese Beobachtung keinesfalls zu. Wir haben dort in ermüdender Gleichmäßigkeit jahraus jahrein dieselben Winde (vgl. u. Abschnitt „Zusammenfassung, Die klimatischen Verhältnisse der chilenischen Wüste“, *Wind*) von keineswegs allzu geringer Windstärke. Ich habe selbst häufiger Winde von nicht geringer Stärke erlebt. Eine Abhebung des Staubes und im Zusammenhang damit eine Trübung des Horizontes habe ich jedoch nie erlebt. Sie kommt auch nach den übereinstimmenden Beschreibungen aller dort dauernd lebenden Menschen nicht vor. Wenn so schwache Winde, wie sie Kaiser offenbar im Auge hat, in der chilenischen Kernwüste den Staub bewegen würden, so würde die regelmäßige, nur höchst selten (vgl. das auf S. 56 f. über die Windhosen Gesagte) unterbrochene Klarheit der Luft nicht so überaus charakteristisch für die gesamte Kernwüste sein (vgl. auch Abb. 20, auf der aus dem einseitigen Abziehen des von den Pferden aufgewirbelten Staubes vorhandener Wind im Augenblick der photographischen Aufnahme bewiesen wird, während die Luft trotzdem völlig klar ist, wie die Schärfe der Photographie erkennen laßt). Die häufige Verknüpfung von Ortsnamen mit dem Wort „Paciencia“ ist darauf zurückzuführen, daß durch die dauernde ungeheuer weite Sichtbarkeit aller Objekte die Geduld der Reisenden, die ein Ziel tagelang vor Augen sehen und doch nicht näher zu kommen glauben, so sehr auf die Probe gestellt wird. Wenn in der Kernwüste mäßig starker Wind Staub abheben würde, müßte die Sicht fast dauernd getrübt sein, und derartige Namen könnten garnicht entstehen. Ganz unabhängig von meinen eigenen diesbezüglichen Beobachtungen muß ich aus allen angeführten Gründen eine auch nur etwas erhebliche Abhebung des Staubes durch den Wind für die chilenische Kernwüste leugnen. Für alle Wüsten trifft somit die Behauptung Kaisers von der sehr großen Wirkung der Deflation nicht zu. Nicht nur die Vegetation schützt vor Deflation (Kaiser a. a. O. S. 224), sondern auch in der völlig vegetationslosen chilenischen Kernwüste die oben beschriebene Staubhaut! Sehr bemerkenswert ist, daß Jaeger in anderen Teilen der Namib als den von Kaiser speziell untersuchten das starke Zurücktreten der Windwirkung gegenüber der Wasserwirkung beobachtet hat und ebenfalls von der selbst bei stürmischen Winden meist klar bleibenden Luft berichtet (Die Grundzüge der Oberflächengestalt von Südwestafrika a. a. O. S. 23).

nämlich noch weniger Regen als die weiter nach innen und höher gelegenen Gebiete; die Schuttfächer werden infolgedessen noch seltener als die östlicher gelegenen von Wasser überflossen. Gelegentlich findet man Mattierung sogar in den Trockentälern. Bezeichnenderweise ist das, so weit ich darüber Beobachtungen sammeln konnte, nur dann der Fall, wenn das betreffende Trockental aus einem nur kleinen und niedrigen Hügelgebiet kommt. Anscheinend ist in diesen Fällen das Hügelgebiet im Laufe einer langen Entwicklung so weit erniedrigt und verkleinert worden, daß es das ursprünglich seiner Größe entsprechende Trockental nicht mehr zu speisen vermag. Auch in einem solchen Falle ist die Ruhe, in der sich das Tal befindet, besonders groß. Es gilt das z. B. für die größeren Täler, die das auf Abb. 15 wiedergegebene Hügelgebiet durchreißen.

Es mag auch hier noch einmal betont werden, daß trotz der immerhin nicht geringen Verbreitung mattierter Steine und des nicht völligen Fehlens korradiierter Steine die Formen der Schuttfächer durch die Tätigkeit des Windes, die wir nach der Tatsache der Mattierung usw. nicht völlig leugnen dürfen, in keiner Weise beeinflußt werden. Mag der Wind sich auch vielleicht in einem ganz geringen Grade am Fortschaffen des Materials beteiligen, der Formenschatz ist zum weitaus überwiegenden Teile wasserbedingt. Allerdings muß auch das Fortschaffen des Materials sehr gering sein, denn dem Fortschaffen müßte unbedingt eine Ablagerung an irgend einer andern Stelle entsprechen. Wir müßten dann wenigstens an irgend einer Stelle Aufbauformen des Windes oder Andeutungen davon finden. Das ist, wie bereits hervorgehoben, nirgends der Fall.

Wie groß die Ruhe auf den Pampas ist, wird immer wieder durch die Erhaltung von Wagenspuren erwiesen. An manchen Stellen läßt sich nachweisen, daß diese mindestens ein oder gar viele Jahrzehnte erhalten sind. Trotzdem sieht man kaum ein Verwischen derselben (Abb. 20), obwohl gerade durch die Spuren die schützende Decke der Staubhaut oder des Steinchenpanzers ja durchbrochen ist, dort also der Wind immerhin etwas angreifen kann. Ebenso halten sich die künstlich ausgehobenen flachen Rillen, die die Grenze der verschiedenen Salpetergerechtsame angeben, jahrzehntelang, ohne Verfallserscheinungen zu zeigen. Daß derartige Spuren nur für kürzere Strecken erhalten sind und dann doch aufhören, weil sie an anderer Stelle durch Wind verwischt sind, wie es Kaiser auf dem Naturforschertage in Düsseldorf 1926 für die Namib erwähnt hat, habe ich in Chile nicht beobachtet.

Ich vermag auch nicht zu glauben, daß die Salpeteroficinen sich die doch immerhin erhebliche Mühe machen, ihre viele Kilometer lange Grenze durch eine flache Rille nachzuziehen und zu markieren, wenn die Wahrscheinlichkeit auch nur einigermaßen vorhanden wäre, daß eine solche Rille bald selbst nur für Strecken verweht wird. Im übrigen ist mir von Kennern die Tatsache, daß die Grenzgräben nicht verwehen, ausdrücklich mitgeteilt worden¹⁾.

In der Toco-Wüste zwischen Toco und den Joya-Hügeln, auf der Überrieselungsfläche, schien es mir auf den ersten Anblick, als

1) Auch Wetzels (a. a. O. S. 352) ist die ausgezeichnete Erhaltung der Wagen-
spuren usw. aufgefallen. Er betont ebenfalls die „Konservativität“ der Formen
der chilenischen Wüste. Wenn Wetzels die Konservativität der Wüste für so be-
deutend hält, daß er „in den meisten Fällen“ den heutigen, wasserbedingten,
„scheinbar ganz frischen“ Formenschatz der Wüste auf eine frühere niederschlags-
reiche Periode zurückführen und die Erhaltung des Formenschatzes aus der so
riesengroßen Konservativität erklären will, so kann ich ihm darin allerdings nicht
mehr folgen. Eine so völlige Ruhe über Jahrzehntausende hinweg scheint mir
schlechterdings unmöglich zu sein. Zum Mindesten die kleinsten Formen, Risse
von 10 cm bis $\frac{1}{2}$ m Tiefe und Breite in immerhin lockerem Boden können sich
doch wohl kaum über Zehntausende von Jahren erhalten! Wenn man jedoch die
rezente Entstehung für die zahlreichen Kleinformen zugibt, muß man auch die
gelegentliche Benutzung der größeren Täler zugestehen. Andernfalls müßte man
an der Ausmündung der kleinsten Tälchen in die größeren Täler Schuttansamm-
lungen finden. Das ist im Allgemeinen nicht der Fall, wenigstens nicht in der
zu erwartenden Form. Wenn die größeren Täler jedoch vom Wasser benutzt
werden, so werden sie auch weiter geformt; sie sind also zum Mindesten bis zu
einem gewissen Grade Arbeitsformen. Im Übrigen: Wetzels selbst fuhr die
enorme Konservativität der chilenischen Wüste auf das excessiv wüstenhafte Klima
zurück und gesteht dadurch mittelbar den weniger extremen Wüsten eine größere
Formung durch Wind zu. Wenn er den Formenschatz der chilenischen Wüste an-
scheinend als aus einer halbariden Periode stammend ansehen möchte, wo sind dann die
Windformen, die sich beim Übergang vom halbariden zum excessiv wüstenhaften
Klima unbedingt gebildet haben mußten? Von einer so enorm konservativen Er-
haltung der Formen aus einer niederschlagsreicheren Periode, wie sie Wetzels für
möglich hält, kann m. E. nach dem Gesagten nicht die Rede sein. Eine so weit-
gehende Annahme wie die Wetzels ist auch unnötig, da die Tatsache katastrophaler
Regen für die chilenische Wüste ja erwiesen ist (vgl. II A 1, *Durch Wasser ge-
schaffene Formen*). Die auch von Wetzels beobachtete Konservativität ist letzten
Endes nur relativ und betrifft meiner Meinung nach nur das Verhalten gegenüber
Wind und Schwerkraft. Gegenüber dem Wasser sind die Formen nicht konser-
vativ. Wenn ich somit die weit über das Ziel hinausgehenden Schlüsse
Wetzels ablehnen muß, so betrachte ich doch die Betonung der Konservativität
der chilenischen Wüstengebiete (die allerdings nur für die Kernwüste ganz richtig
ist) durch Wetzels als eine erfreuliche Bestätigung der von mir mitgeteilten Be-
obachtungstatsachen über die „Erstarrung“ der Formen zwischen zwei Regengüssen.

ob dort flache Gesteinsgrushügel (von ungefähr 1 m Höhe) auf dem harten, in Polygonform aufgeplatzten Ton lägen und möglicherweise vom Winde dort hin und her befördert werden könnten. Die genauere Untersuchung ergab jedoch, einwandfrei, daß diese flachen Hügel Durchragungen des anstehenden Porphyrs waren. Die ausgezeichnete Erhaltung der polygonalen Trockenrisse auf dieser Überrieselungsfläche (Abb. 9) trotz größter Seltenheit von Überflutungen läßt ebenfalls auf mangelnde Windwirkung schließen.

Die Verteilung des Schuttes der Oberfläche längs des Gefälles der Schuttflächen bestätigt den Schluß auf Ablagerung desselben durch Wasser. Sie entspricht der Verteilung des die Pampas aufbauenden Schuttes. In der Nähe der Berge und Hügel befindet sich der gröbste Schutt; in weiterer Entfernung treten die Steine immer mehr zurück, fehlen jedoch nie völlig. Nur die Gebiete der wenigen lagunas secas sind völlig steinfrei. Der Tonboden der lagunas ist in der Regel sehr hart und weist die bekannten polygonalen Sprünge auf (Abb. 9). An einigen Stellen war die Ablätterung der Oberfläche, wie wir sie von austrocknendem Schlamm kennen, zu sehen. Dort waren die Polygone gleichzeitig kleiner als die auf Abb. 9 wiedergegebenen. Eigentliche Blockmeere treten auch in den oberen Teilen der Pampas, in der Nähe der Berge, kaum auf. Ihr Vorkommen ist an ganz bestimmte, unten zu besprechende Bedingungen gebunden.

Im Übrigen ist die Beschaffenheit des Schuttes durchaus lokal bedingt. Die Schuttfächer, die die wenigen mit grobem Blockschutt bedeckten Berge umgeben, weisen größere Blöcke auf. Diese groben Blöcke findet man nicht selten recht weit, stellenweise viele 100 m von ihrem Ursprungsgebiet entfernt, und zwar z. T. auf zweifellos nicht eluvialer Oberfläche. Eine Blockhalde erstreckt sich nicht selten von dem Berghange auf die Pampa. Ich glaube nicht, daß alle diese Blöcke nur durch die Schwerkraft bewegt worden sind. Insbesondere auf der flachen Böschung der Pampa ist das kaum möglich. Ebenso wenig dürften die groben Blöcke direkt durch das Wasser transportiert worden sein. Zum Mindesten wäre das für die Stellen, wo die groben Blöcke außerhalb der großen Trockentäler auf der minder zerschnittenen Pampa liegen, recht unwahrscheinlich. Ich kann mir jedoch, ohne allerdings Beobachtungen in der Richtung gemacht zu haben, durchaus vorstellen, daß diese großen Blöcke selbst durch geringe Wassertätigkeit allmählich die Pampa abwärts wandern können, dadurch daß unterhalb eines solchen Blockes das feine Material weggespült, oberhalb

desselben feines Material angespült wird und so der Block, vielleicht verbunden mit einem Rollen, langsam ins Gleiten und Abwärtswandern kommt. Die schwache Wasserwirkung bringt auf diese Weise die Schwerkraft zur Geltung. Es wäre das das Gleiche, wie es Tornquist für die Bewegung eines sehr großen Findlingsblockes in der Schälung der samländischen Westküste nachgewiesen hat¹⁾.

In den meisten Fällen kann man an der Größe oder der Farbe des Schuttes sehr deutlich verfolgen, von welchem Berggebiet das auf der Oberfläche liegende Material stammt. Die Grenzen der von den einzelnen Berggebieten mit verschiedenem Schutt stammenden Schuttgebiete sind in der Regel sehr scharf. Ein Vermischen der Grenzen findet kaum statt. Die Überlagerung eines Schutfächers durch einen benachbarten ist meist schon von weitem nur aus der Farbe zu erkennen. Da es sich in der Regel nur um geringe Farbdifferenzen — schmutziges Blaugrau, schmutziges Braun, bei Zurücktretten des Steinpanzers schmutziges Grau oder Gelb — handelt, wird die gelegentlich der Betrachtung der Berg- und Hügelgebiete erwähnte geringe Farbenfreudigkeit der Kernwüste durch die verschiedenen Farbennüancen der Schutfächer kaum gesteigert.

Wir hatten oben erwähnt, daß trotz der verschiedenen Häufigkeit von Niederschlägen und Avenidas in den von der Hochkordillere beschickten und den anderen Schutfächern ein grundsätzlicher Unterschied der Schutfächer nicht besteht, wenn man von der Mattierung der Steine absieht. Eine kleine Verschiedenheit scheint jedoch zu bestehen. Ich habe den Eindruck, als ob auf den Schutfächern der Küstenkordillere gerade die ganz großen Steine bzw. Blöcke häufiger sind. Auf den Schutfächern der Hochkordillere ist das Material durchschnittlich kleiner und gleichartiger. Man kann diesen Gegensatz besonders deutlich dort sehen, wo die die verschiedenen Nährgebiete trennende große Längsebene keinen Zweifel über die Herkunft des Schuttes läßt.

Bei Toco ist das am schönsten zu sehen; dort ist es zum Teil darin begründet, daß gerade in dieser Gegend die Küstenkordillere recht blockige Hänge besitzt (Abb. 11)²⁾. Auch an anderen Stellen besteht jedoch derselbe Zustand. Er ist auf den ersten Anblick recht erstaunlich, da man das gröbere Material dort erwarten müßte,

1) A. Tornquist, Über die Wanderung von Blöcken und Sand am ostpreußischen Ostseestrand. Schriften der Psys.-ök. Ges., Bd. L (S. 79—88), Königsberg 1909, S. 88.

2) Dieser Teil der Küstenkordillere liegt eigentlich schon hart am Rande der Kernwüste.

wo die stärkste Wasserführung ist. Bei näherer Überlegung erkennt man jedoch, daß die Verhältnisse garnicht anders sein können. Es sei vorausgesetzt, daß die Produktion großer Steine und Blöcke in den verschiedenartigen Nährgebieten und ebenso die Belieferung der Runsen und Täler ebenfalls ungefähr die gleiche sei. Dann ist infolge der verschiedenen Wasserführung der verschiedenen Pampas die Geschwindigkeit, mit der der Schutt die Pampa abwärts bewegt wird, auf den von der Hochkordillere gespeisten Schuttfächern größer. Die in der Zeiteinheit gelieferte Zahl größerer Blöcke zieht sich daher auf den Schuttfächen erheblich weiter auseinander und tritt daher im Gesamtbilde wesentlich stärker zurück als auf den Schuttfächen der Küstenkordillere, wo infolge der geringen Geschwindigkeit der Schuttbewegung die groben Steine dicht beieinander liegen. Für die kleineren Steine gilt das nicht so sehr, da die höher gelegenen Berge davon genug liefern, um das Auseinanderziehen nicht sichtbar werden zu lassen.

Wir sind damit bei der Frage angekommen, die uns bei den Pampas eigentlich am meisten interessiert, nämlich dem Mechanismus der Bewegungsvorgänge auf einer Pampa im Zusammenhange mit der Form der Pampas. Wir haben gelegentlich der voraufgehenden Darlegungen bereits öfter diese Frage kurz streifen müssen, wollen sie aber hier, da sie mir von besonderer Wichtigkeit für eine Reihe von Formen in der Kernwüste zu sein scheint, nunmehr im Zusammenhange diskutieren. Über die Entstehung von Ebenen in ariden Gebieten ist gerade in letzter Zeit viel geschrieben und mancherlei wertvolle Beobachtung mitgeteilt worden. Insbesondere hat L. Waibel in seiner öfter erwähnten Arbeit über die semi-ariden Karrasberge die Entstehung von Ebenen aus seinen Beobachtungen abgeleitet und ist dabei zu Ergebnissen gekommen, die sich zum größten Teile mit meinen völlig unabhängig davon gefundenen Ergebnissen aus der vollariden chilenischen Wüste überraschend decken. Ich möchte trotzdem auf die ausführliche Darlegung der in der chilenischen Wüste bestehenden Verhältnisse nicht verzichten. Einmal sind einige meiner Beobachtungen und damit auch einige meiner Schlußfolgerungen naturgemäß doch anders als die Waibelschen. Zum anderen leitet Waibel die von ihm beobachteten Kleinformen aus einem anderen Klima ab, als es das extrem aride Kernwüsten-Klima ist ¹⁾, sodaß ich

1) Die Ähnlichkeit der Formen und Vorgänge zwischen dem semiariden Karrasgebiet und der extremariden chilenischen Kernwüste, die damit hervorgehoben ist, ist besonders deshalb interessant, weil auch in Chile eine erhebliche grundsätzliche Ähnlichkeit der Formen zwischen semiariden und den extrem

zum mindesten doch immer auf die klimatischen Unterschiede hinweisen müßte, selbst wenn ich mich auf die Waibelschen Ausführungen stützen würde. Wie weit die weiterhin gemachten Ausführungen neben und mit den Waibelschen und vielen anderen ähnlichen Ausführungen Allgemeingültigkeit haben, mögen diejenigen entscheiden, die andrerorts ähnliche Untersuchungen angestellt haben.

Im übrigen sei erwähnt, daß die gemachten Ausführungen mit einigen notwendigen Abwandlungen immerhin auch für die randlicher gelegenen chilenischen Wüstengebiete gelten und daß ich die dort in dieser Richtung gemachten Beobachtungen hier gleich mit verwerten will. Ich bringe die Ausführungen jedoch bereits hier, weil die Verhältnisse in der Kernwüste so besonders eindeutig liegen.

An ein Bergmassiv sich anlehrende Ebenen haben wir heute in der chilenischen Wüste in großer Zahl. Alle flach geneigten Schuttfächer sind dazu zu zählen. Der Vorgang ist aus der Lagerung der die Pampas aufbauenden Schichten ohne weiteres verständlich. Es ist nicht etwa so, daß eine einzige große Schuttmasse in einheitlichem schnellem oder langsamem Vorgang sich aus den Bergen herauschiebt und sich als Fächer oder Ebene ausbreitet, sondern es lagert sich eine im Verhältnis zur Gesamtmächtigkeit des Fächers dünne Schicht auf die andere. Nur an wenigen Stellen sieht man richtige Schlammströme, die aus den Bergen herausgekommen sind oder sich auf einer Pampa gebildet haben. Im Allgemeinen wird der in den Berggebieten produzierte Schutt zwar im Einzelnen ruckweise, im Ganzen jedoch ganz allmählich herausgeschafft und in dünnen Lagen auf der Pampa ausgebreitet. Die Vorbedingung einer derartigen Aufeinanderlagerung ist nichts weiter als ein starkes Intermittieren der Wasserführung, das sich möglichst bis zur vollen Wasserlosigkeit während der Zeit zwischen zwei starken Wasserführungen steigern muß. Das An- und Abschwellen der Wasserführung muß so stark sein, daß im Zusammenhang mit einer gewissen Schuttführung dauernd Verstopfungen stattfinden, die die etwa entstehenden

wüstenhaften Gebieten besteht, während die Ähnlichkeit zwischen den semiariden und den weniger extrem, aber immer noch vollariden Gebieten nicht so groß ist. Aus einer Bemerkung Waibels glaube ich vermuten zu dürfen, daß auch in Afrika dem semiariden Karrasgebiet nach Norden ein arideres Gebiet folgt, das dem semiariden Karrasgebiet nicht mehr so übermäßig ähnelt. Es wäre das für die Beurteilung der chilenischen Verhältnisse ganz außerordentlich interessant. Das Eingehen auf diese Fragen muß jedoch einer späteren Arbeit vorbehalten bleiben.

Täler immer wieder durch andere ersetzen. Es ist in diesem Falle keineswegs nötig, daß tatsächlich eine genaue flächenhafte Materialbewegung stattfindet. Auch auf Schuttfächern, die von Tälern durchzogen sind, müssen Verstopfungen, so lange sie nicht infolge zu großer Tiefe der Täler und zu großen Widerstandes der zwischen den Tälern stehen gebliebenen Flächenstücke wirkungslos werden, denselben flächenhaften Effekt haben.

Es kommt das in der Wirkung auf etwas Ähnliches heraus, wie es Obst für die Massaisteppe beschreibt¹⁾. Doch ist der Vorgang in der chilenischen Wüste nicht so, daß die starke Seitenerosion ein und desselben Gewässers die intakten Teile einer Fläche zwischen zwei Tälern allmählich abhobelt, sondern es finden tatsächlich dauernde Verlegungen der Gewässerbetten statt. Auch die starke Abtragung der Hänge eines Tales durch Flächenabspülung konnte in der chilenischen Wüste nicht beobachtet werden. Das Trockental folgt nämlich dem Gefälle der Schuttfläche, und das seitwärts der Trockentäler abfließende Wasser folgt demselben Gefälle, fließt also dem Trockental prinzipiell parallel. Wenn es überhaupt zu dem Trockental gelangt, so wird es ihm durch richtige Nebentäler zugeführt.

Es braucht nun durchaus nicht dauernd und an jeder Stelle der Schuttfläche Aufschüttung zu herrschen. Gerade mit der Verlagerung der rios secos ist es verbunden, daß Abtragung und Aufschüttung ineinandergreifen und zeitlich aufeinander folgen. Auch die immer wieder verschiedene Stärke der Regen muß einen Einfluß haben. In einigen Trockentälern habe ich eine sehr merkwürdige Anordnung von Stufen gesehen: Der jeweilige Talboden wurde, nachdem er vielleicht 50 bis 100 m bestanden hatte, nach abwärts zu einer Terrasse, die immer schmaler wurde und schließlich als Leiste in der Flanke des Tales verschwand. Der allerjüngste Talriß hatte sich in jede derartige Stufe so weit eingefressen, bis er das Niveau der nächst niederen Stufe erreicht hatte. Dieses Niveau behielt er für eine gewisse Strecke, bis er auch diese Stufe wieder verließ und die Stufe selbst wiederum in die Talflanke ausstrich. Soweit ich es übersehen kann, waren diese Stufen nicht aus dem gewissermaßen anstehenden Pampaschutt herausgeschnitten, sondern zeigten ein in sich gleichartiges, untereinander jedoch verschiedenes Material. Sehr oft handelte es sich

1) E. Obst, Der östliche Abschnitt der Großen Ostafrikanischen Störungzone. Vorläufiger Bericht (IV = Schlußbericht) der Ostafrika-Expedition der Hamburger Geographischen Gesellschaft. Mitt. der Geogr. Ges. in Hamburg, Band XXVII, Hamburg 1913, S. 181 f.

um feinere Sande. Der Abstand der Stufen betrug wenige Dezimeter bis mehrere Meter. Meist waren zwischen zwei größere, einige Meter Abstand besitzende Stufen noch einige kleinere eingeschaltet. Diese Anordnung der Stufen konnte deshalb nicht unbemerkt bleiben, weil sie beim Abwärtsreiten in einem solchen Trockental überaus lästig war. Alle Augenblicke kam es nämlich vor, daß man eine derartige Stufe nicht rechtzeitig verlassen hatte, sich plötzlich am steilen Hange der Talflanke befand und umkehren mußte.

Zwar habe ich eine derartige Anordnung längst nicht bei allen Trockentälern gesehen, aber doch wieder nicht gerade einzelt. Ich kann mir diese Stufen nicht anders erklären, als daß in den betreffenden Trockentälern gelegentlich starke Aufschüttung stattgefunden hat in jeweils verschiedener Entfernung vom Nährgebiet und daß sich dann gelegentlich ein durch geringeren Regen gespeister und mit wenig Schutt beladener Wasserlauf seinen Weg durch diese Aufschüttung hindurch gebahnt hat, daß also ein Nacheinander von Aufschüttung und Abtragung stattgefunden hat.

Daraus geht übrigens ganz klar hervor, daß die Regen in der Wüste durchaus nicht immer so katastrophal zu sein brauchen, wie es oft beschrieben wird. Wenn natürlich auch die katastrophalen Regen die stärksten Wirkungen haben, so darf man doch das Vorkommen schwacher Regen für die Verwitterungsvorgänge z. B. nicht vernachlässigen. Der einzige Regen, von dem mir in der Kernwüste aus unmittelbarer Beobachtung berichtet wurde, war ein ganz schwacher Regen.

In den verschiedenen Zonen einer Pampa ist der Grad der Aufschüttung bezw. Abtragung durchaus verschieden. In den bergnahen Gebieten bringen die relativ häufigeren Regen recht oft Schutt von den Bergen auf die Pampa; in den bergfernen Gebieten ist die Schuttzufuhr nicht so groß. Lokale Regen können dort durchaus abtragend wirken. An besonders begünstigten Stellen kann die Abtragung, ohne ihren flächenhaften Charakter zu verlieren, sehr großartig entwickelt sein. Ich denke dabei an die Paciencia-Wüste. Dort findet ganz zweifellos flächenhafte Abtragung statt. Und zwar ist es nicht der Wind, der diese vorwiegend bewirkt, sondern die Flächenabspülung. Trotz des Vorwiegens windbearbeiteter Steine und Steinchen sind die Spuren flächenhafter Abspülung auf dem Steinchenpanzer immer noch häufig, und besonders das gleichsinnige Gefälle des Geländes auf den Loa-Cañon zu spricht ebenfalls für flächenhafte Abspülung. Wahrscheinlich ist es die „Schichtflut“ oder „Flächenspülung“, die hier, wo das Gefälle gering ist, vorwiegend wirkt.

Der Grund, daß gerade dort die flächenhafte Abtragung so groß ist, ist die Nähe des Loa. Wenn auch die Fläche der Großen Längsebene dort keineswegs etwa sich auf das Loa-Niveau einstellt, so sorgt doch der Loa dafür, daß das in den Cañon gespülte Material immer wieder weggeschafft wird. Die Folge ist eine allmähliche flächenhafte Erniedrigung der gesamten Längstalebene dort. Die Tatsache der flächenhaften Erniedrigung ist besonders deshalb wichtig, weil sie ein exaktes Beispiel dafür ist, daß Ebenen auch entstehen oder zum Mindesten erhalten bleiben können bei sog. aufsteigender Entwicklung¹⁾. Der Loa ist dort in stärkster Einschnidung begriffen, er besitzt in der Nähe seiner Mündung einen Gefällsbruch gegen das Meer von insgesamt ungefähr 500 m Höhe! Wir haben damit alle Vorbedingungen aufsteigender Entwicklung, wie sie Penck anführt. Und doch keine Zerstörung der Fläche! Es könnten sich auf der Fläche die schönsten Inselberge entwickeln trotz aufsteigender Entwicklung. Der Grund dafür ist klimatisch. Aus klimatischen Gründen ist die Erniedrigung der Patiencia-Ebene flächenhaft; aus klimatischen Gründen können sich unmittelbar am Loa vorhandene steile Erosionsrinnen nicht merklich zurückverlegen. Es ist das ein markantes Gegenbeispiel gegen die Pencksche Behauptung, daß eine Inselberglandschaft sich nur bei absteigender Entwicklung bilden könne. Natürlich, die Entwicklung der Ebene und der dahinter liegenden Berge ist in gewisser Weise absteigend, aber sie ist es nur deshalb, weil die eigentlich vorhandene aufsteigende Entwicklung sich aus klimatischen Gründen nicht auswirkt²⁾.

Im Landschaftsbilde äußert sich die Erniedrigung der Patiencia-Wüste in dem Stehenbleiben einzelner Resthügel des ehemals höheren Pampa-Niveaus, die wie Inselberge wirken. Sie sind es, die uns die öfter erwähnten Staubschichten in der Patiencia-Wüste so wunderbar aufschließen. Es ist nun nicht etwa so, daß die Berge in Höhe des ehemaligen Niveaus vorherrschen und man aus den Tälern ein neues Niveau mühsam konstruieren muß. Umgekehrt liegt es. Das augenblickliche Niveau ist eine weite Fläche, und man muß das ehemalige Niveau aus den vereinzelt liegenden Bergen durch Vergleich korrespondierender Schichten rekonstruieren. Bemerkenswert ist, daß die Restberge sich gerade in der Nähe der Loa-

1) Vgl. dagegen W. Penck, *Morphologische Analyse*, S. 157 ff.

2) Wenn man das nun doch als „absteigend“ bezeichnen wollte, würden die Ausdrücke „aufsteigend“ und „absteigend“ den ihnen von W. Penck beigelegten Sinn m. E. verlieren.

Talung befinden und hinter ihnen sich die rezente Fläche viele, viele Kilometer weit ausdehnt.

Aus der schon lange andauernden flächenhaften Tieferlegung ist es wohl auch allein erklärbar, daß man dort auf der Pampa zahlreiche kleinere und größere Steine findet, obwohl die unmittelbar unter der Oberfläche anstehenden Staubschichten so gut wie völlig steinfrei sind. Die Steine müssen die Rudimente einer früher vorhanden gewesenen größeren Schicht sein.

Es ist sicher kein Zufall, daß wir ganz ähnliche Verhältnisse, wenn auch nicht in so schöner Entwicklung wie in der Paciencia-Wüste, in der Toco-Wüste vor uns haben. In der Schuttfläche östlich des Loa halten sich Ablagerung und Abspülung an sich ziemlich das Gleichgewicht. Doch finden wir auch dort gerade in der Nähe des Loa vereinzelte Berge. Zum Teil handelt es sich um Härtlinge, die im Gegensatz zu den die Pampa aufbauenden Schichten aus vulkanischem Gestein bestehen. Zum Teil jedoch sind diese Berge, und zwar die flachsten von ihnen, deutlich plateauartig ausgebildet und aus ähnlichen Schichten aufgebaut wie die darunter liegende Pampa. Sie lehnen sich deutlich an die Härtlinge an, und es ist wahrscheinlich, daß sie ihre Erhaltung diesen Härtlingen verdanken. Wenn man auch in diesem Teil der Toco-Wüste das ehemalige Niveau nicht über weite Flächen rekonstruieren kann, so zeigen doch die kleinen, unbedeutenden Reste, daß ein höheres Niveau früher bestanden hat. Auch hier haben wir flächenhafte Abtragung und die Möglichkeit von Inselbergen auf diesen Flächen trotz „aufsteigender“ Entwicklung. Wenn wir der Waibelschen Nomenklatur bezüglich der Inselberge folgen (vgl. jedoch u. S. 77, Anm. 2), so besteht nicht nur die Möglichkeit von Inselbergen, sondern wir haben weit im Osten dieser Ebene richtige Inselberge.

Ein dort befindliches, steil eingekerbtes Trockental, das im Übrigen die Pampaschichten prächtig aufschloß (Abb. 19), besaß in wenigen hundert Meter Abstand vom Loa ein „Blindende“, wie sie auch in anderen Wüsten beobachtet worden sind¹⁾, und setzte sich oberhalb als ein ganz normales Trockental der viele Kilometer breiten Pampa fort. Ob das Rückschreiten des Cañons so schnell vor sich geht, daß jemals die dahinter befindliche Pampa aufgelöst und die flächenhafte Abtragung beendet werden kann, erscheint mir bei dem herrschenden Klima fraglich.

Auch Waibel hält ja, gestützt auf seine große Kenntnis arider und halbarider Gebiete in Afrika, die Pencksche Annahme, daß

1) J. Walther, a. a. O., Abb. 31 und Abb. 167.

Inselberge und damit doch auch die zur Inselberg-Landschaft gehörende Ebene nur bei absteigender Entwicklung entstehen können, nicht für erforderlich¹⁾. Selbst wenn man die Fälle flächenhafter Erniedrigung einer Ebene ausschaltet, können derartig weiträumige Ebenen, wie sie z. B. in den Karrasbergen, aber auch in den chilenischen Wüstengebieten sich finden, m. E. auch bei aufsteigender Entwicklung überall dort entstehen, wo aus klimatischen Gründen die Aufschüttung einsetzt, bevor die die Fläche durchziehenden Nebentäler das Haupttal erreichen. Wenn man will, kann man sagen, daß in einem solchen Falle die „absteigende“ Entwicklung abseits des Hauptflusses zwar klimatisch bedingt, aber immer noch vorhanden ist. Man darf den Worten „aufsteigend“ und „absteigend“ dann jedoch keine vom Klima unabhängige tektonische Bedeutung mehr beilegen (vgl. o. S. 67, Anm. 2).

Die Tatsache, daß sowohl die Paciencia-Wüste als auch die Toco-Wüste östl. des Loa flächenhaft abgetragen wird, ohne daß sich richtige kleine oder große rios secos (gleich „Spülrinnen“ Waibels) bilden, ist, wie bereits kurz erwähnt, in dem geringen Gefälle der beiden in Betracht kommenden Ebenen begründet. Die diesbezügliche Waibelsche Beobachtung, daß die etwas stärker geneigten Flächen durch kleine Trockentälchen zerschnitten sind, während auf den wenig geneigten Flächen mehr die richtige Schichtflut ohne Ausbildung von Trockentälchen zu wirken scheint, kann ich für die chilenische Wüste nach den dort vorhandenen Kleinformen durchaus bestätigen.

Auch die Waibelsche Vermutung, daß die engständige lineare Erosion zwar im Prinzip auch flächenhaft, dem Grade nach jedoch stärker arbeitet als die Schichtflut, halte ich für die chilenische Wüste für zutreffend. Zwar beschränkt sich die Flächenabspülung offenbar nicht nur auf das Transportieren von Material, sondern trägt auch ab (vgl. oben), aber sie wird, wie Waibel erwähnt, nur bei stärkeren Regen wirksam, während in den Rinnen das Wasser sich schon bei schwächeren Regen sammeln kann.

Dazu dürfte als wichtigster Grund der kommen, daß die Flächenabspülung im Laufe der Entwicklung immer stärker durch die Bildung des Steinchen- oder Steinpanzers lahmgelegt wird. Und zwar dürfte jeweils immer der Panzer entstehen müssen, dem die Flächenabspülung gerade nicht mehr gewachsen ist. Alle Teilchen, die die Flächenabspülung bewältigt, können fortgeführt werden; alle gröberen reichern sich an. Bei genügender Menge

1) a. a. O. S. 106 f.

gröberes Material muß also die reine Flächenabspülung sich unbedingt früher oder später tot laufen. Die verschiedene Ausbildung des Steinpanzers im oberen und dem unteren Teil der Schuttflächen ist neben den obigen Gründen auf diese Eigenschaft der Flächenabspülung zurückzuführen. Lineare Erosion selbst kleinsten Ausmaßes kann nun, wie die Beobachtungen an den Kleinformen der chilenischen Pampas zeigen, offenbar gelegentlich auch das größte Material transportieren, das Bett des Trockentälchens weist keine Panzerung auf. Bis auch in den Trockentälchen ein Steinpanzer aus groben Blöcken zustande kommen kann, haben Verbauungen und Laufverlegungen bereits so oft stattgefunden, daß es in Wirklichkeit nie zur Ausbildung eines solchen Panzers aus groben Blöcken kommt. Das durch das Trockental fließende Wasser vermag infolgedessen den Steinpanzer der eigentlichen Schuttfläche zu unterspülen und auf diese Weise eine unverhältnismäßig stärkere Wirksamkeit auszuüben als die reine Flächenabspülung.

Daß die „Rinnenspülung zu stärker geböschten Flächen“ (Waibel a. a. O. S. 30) führt, glaube ich allerdings nicht. Zum Mindesten habe ich Formen, die auf diese Richtung des Zusammenhanges schließen lassen, nirgends gesehen. Eher scheint mir das Umgekehrte zu gelten, daß, wie oben angedeutet, auf den an sich vorhandenen steiler geneigten Flächen sich nur die Rinnenspülung entwickelt.

Die Gefällsverhältnisse der Pampa, d. h. das im ganzen konkave Profil, entsprechen im übrigen dem wasserbaulichen Gesetz, daß ein Fluß — in diesem Falle der gesamte Schuttfächer — das Gefälle annimmt, dessen er zur Fortführung der Geschiebe gerade bedarf¹⁾. Nahe dem Nährgebiet ist der Schutt grober, das Gefälle etwas steiler, weit ab vom Nährgebiet ist der Schutt feiner, das Gefälle entsprechend flacher.

Nur die Trockentäler, die bei Taltal die der Küstenkordillere entsprechenden Berge durchbrechen und ebenso die Trockentäler, die bei Tocopilla und Iquique von der Küstenkordillere nach der Küste hinuntergehen²⁾, besitzen stets ein konvexes Längsprofil. Dort hat die Tiefenerosion in den Tälern die tektonisch bedingte konvexe Form des Abfalls der Küstenkordillere zum Meere (vgl. die Profile o. S. 6 und 7) noch nicht überwinden können.

1) Handbuch der Ingenieurwissenschaften, 5. Auflage, III. Der Wasserbau: Bd. 6: Der Flußbau (F. Kreuter), Leipzig 1921, S. 97.

2) Die Täler bei Antofagasta, die höchstwahrscheinlich ähnlich beschaffen sind, habe ich leider nicht kennen gelernt.

Können nun derartige Bergfußebenen, wie es die Schutteebenen oder Pampas der chilenischen Wüste sind, nur durch Aufschüttung entstehen? Kann es auch Felsebenen geben? Oder sind Felsebenen stets in Zerschneidung begriffen? Die Beobachtung ergibt Folgendes: Wir finden eine große Anzahl von Bergfußebenen, die keine Schuttflächen, sondern Felsebenen sind. Die meisten von ihnen sind in Zerschneidung begriffen. Für einige trifft das nicht zu.

So habe ich in der Puelma-Wüste südl. der Oficina Francisco Puelma unter dem dortigen Schuttfächer, aufgeschlossen durch einige Trockentäler, eine vollkommen ausgebildete Felsebene feststellen können (Fig. 20). Ebenso ist die weite Ebene, die von der

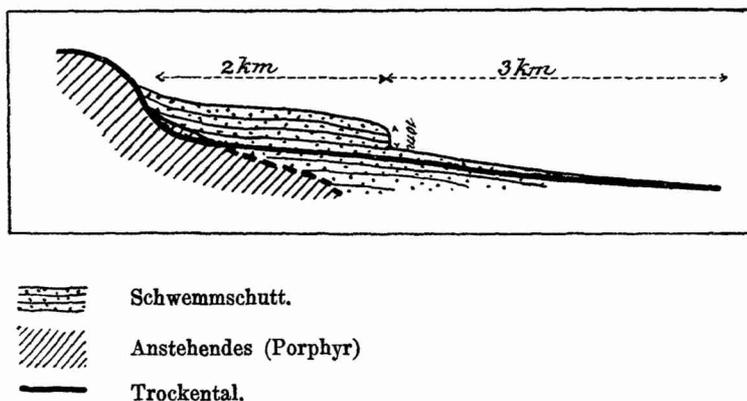


Fig. 20. Profil durch eine Pampa in der Puelma-Wüste längs eines Trockentales. Stark überhöht.

Hochkordillere östl. Tacna zur Küste hinunterleitet, nur im oberen Teile und an bestimmten Stellen weiter abwärts zerschnitten, im Übrigen aber eine ausgesprochene Felsebene mit recht geringem Gefälle. Wenn auch diese letztere Ebene an sich offenbar zum Teil auch durch den Schichtbau (flaches Einfallen der Schichten nach W) bestimmt wird, so gilt das für verschiedene Stellen, u. a. oberhalb Quebrada Honda, nicht. An der Quebrada Honda werden die schwach verworfenen Schichten durch die Ebene abgeschnitten. Die Oberfläche weist nur eine geringe Schuttdecke auf; das Anstehende sieht oft hervor. Der Schutt ist nicht etwa nur eluvial, sondern, wie aus den verschiedenen Gesteinsstücken hervorgeht, zu einem erheblichen Teile ortsfremd.

Die weitere Frage bei diesen Felsebenen ist die, ob sie vielleicht stets aus Schuttfächern hervorgegangen sind, indem der Schuttfächer aus irgendwelchen Gründen allmählich abgetragen

worden ist und seine Form dem darunter anstehenden Gebirge vererbt hat.

Ich kann diese letztere Möglichkeit aus der Beobachtung heraus weder bestätigen noch widerlegen. Ich halte es jedoch für unnötig, von vornherein eine solche Annahme zu machen. Die Bedingung für flächenhafte Wirkung des Wassers ist, wie wir gesehen haben, ein besonders kräftiges Intermittieren der Wasserführung und, wie aus den bisherigen Darlegungen hervorgeht, das Vorhandensein einer so großen Menge von Schutt, daß dauernde Bachbettverstopfungen möglich sind. Beim Fehlen der Verstopfung würde die lineare Erosion m. E. doch die Überhand gewinnen müssen, so daß die geneigte Fläche zerschnitten werden würde. Es ist nun durchaus möglich, daß eine Ebene am Fuße eines Berges gerade so viel Schutt von oben erhält, daß die Wirkung des Wassers zwar noch flächenhaft ist, aber nicht genug Schutt, um den Untergrund vor Abtragung zu schützen. Eine vorhandene Ebene könnte auf die Weise flächenhaft erniedrigt und ausgestaltet werden, ohne daß sie zerschnitten wird. Ein Beispiel dafür ist die Küstenterrasse, die die Küstenkordillere u. a. von Paposá bis nördl. von Taltal begleitet. Sie ist weder eine Schutthalde, noch wird sie merklich erosiv zerschnitten, obwohl sie ziemlich steil geneigt ist und zahlreiche kleinere und größere Täler auf sie ausmünden.

Allerdings ist die Spannweite, die die Schuttmenge haben darf, damit eine Ebene flächenhaft erniedrigt wird, sehr gering. Bei einem richtigen Schuttfächer ist stets genügend Material da, so daß auch bei vorübergehend abnehmender Schutzzufuhr die flächenhafte Wirkung immer noch möglich ist. Die Zerschneidung eines Schuttfächers kann infolgedessen im Allgemeinen erst beginnen, wenn der lockere Schutt im Wesentlichen abgetragen ist. Bei der flächenhaft sich erniedrigenden Felsebene ist das anders. Eine geringe Schuttvermehrung führt bereits zur Aufschüttung, und wir haben das Bild einer Schuttebene. Bei einer geringen Verminderung der Schutzzufuhr jedoch wird die Schuttmenge so gering, daß Verbauungen zu selten sind und die lineare Erosion zur Geltung kommen kann. Das ist m. E. der Grund dafür, daß wir aus Anstehendem aufgebaute Bergfußebenen in der Tat in der chilenischen Wüste fast regelmäßig in zerschnittenem Zustande finden.

Auch die Schuttfächer der chilenischen Wüste, und zwar besonders der Kernwüste, befinden sich überraschend häufig in ihrem obersten Teile in Zerschneidung begriffen (Abb. 1). Das ist zuerst einmal nur möglich, weil die auch nur etwas älteren

Schichten des Schuttkegels die erwähnte große Standfestigkeit besitzen, also in Wirklichkeit sich gegenüber dem Wasser wie fester Fels verhalten. Aber trotzdem ist die Tatsache der rezenten Zerschneidung der bergnahen Teile der Pampas bemerkenswert, da sie uns zeigt, daß die Abtragungsvorgänge sich in geologisch gesprochen jüngster Zeit irgendwie geändert haben müssen.

Worin diese Änderung bestanden hat, ist nicht eindeutig zu sagen. Einmal ist eine rezente Hebung aller der Bergketten, deren umrahmende Pampas zerschnitten werden, möglich. Zum andern sind klimatische Ursachen denkbar, und zwar in der Kernwüste nicht etwa ein Feuchterwerden des Klimas, sondern ein Trockenerwerden! Wir werden später erkennen, daß die Schuttproduktion in dem nur etwas weniger extremem Wüstenklima der randlicheren Gebiete größer ist, und zwar nicht nur absolut, sondern auch im Verhältnis zu dem doch stärkeren Abtransport. Ein feuchteres Klima in der Kernwüste müßte also größere Schuttproduktion und Aufschüttung zur Folge haben und nicht Einschneiden! Umgekehrt würde eine unter etwas weniger extremem Klima stattgehabte Aufschüttung sich in Zerschneidung umwandeln, wenn infolge Trockenerwerdens die Schuttproduktion im Verhältnis zum Abtransport sinkt. Wir würden dann in der heutigen Zerschneidung die Auswirkung der Änderung eines vielleicht doch in der Pluvialzeit anzunehmenden etwas feuchteren Wüstenklimas (z. B. dem heutigen Klima der Taltal-Wüste gleichend) in das heutige extrem-aride Klima sehen dürfen. Beweisen können wir das nicht. Ebenso gut kann die rezente Zerschneidung eine Folge des bereits oben wahrscheinlich gemachten Angleichens der Formen an die wirkenden Kräfte und der damit verbundenen Verminderung der Schuttproduktion sein. Vielleicht gehen die beiden letztgenannten Möglichkeiten Hand in Hand.

Auch aus der Verteilung bezw. der Häufigkeit der rezent in Zerschneidung begriffenen Bergfußebenen wage ich keinen Schluß auf tektonische oder klimatische Bedingtheiten zu ziehen. Theoretisch muß man natürlich fordern, daß eine Klimaänderung sich über ein großes Gebiet universell geltend macht, daß also alle Pampas in ihrem oberen Teile in Zerschneidung begriffen sein müßten. Bei Annahme tektonischer Ursachen, die ja lokal begrenzt sein können, braucht man eine solche Forderung nicht zu erheben. Meine in dieser Richtung allerdings lückenhaften Beobachtungen scheinen mir nur zu zeigen, daß die Zerschneidung im Wesentlichen dort fehlt, wo aus irgendwelchen Gründen die Schuttentwicklung auf den Hängen der an die Pampas grenzenden Berge besonders

stark ist. Es ist selbstverständlich, daß in diesem Falle eine Klimaänderung sich nicht so schnell auswirken kann wie in den Gebieten mit geringerer Schuttbedeckung der Berge. Auch tektonische Bewegungen würden ja in diesem Falle für die erste Zeit paralyisiert werden können. Eine Entscheidung vermag ich infolgedessen aus meinen bisherigen Beobachtungen nicht zu treffen. Sehr wohl möglich ist es auch, daß die Zerschneidung gerade der bergnahen Teile der Pampas u. a. auch eine Auswirkung des unten diskutierten Zurückschneidens der Bergfußebenen in die Berge hinein ist (vgl. die darauf bezügliche Anm. 1 unten S. 82).

Das durch die Zerschneidung entstehende Formenbild kann verschieden sein. Die deutlich rezenten Schuttfächer sind, soweit ich Derartiges gesehen habe, in der Regel durch ziemlich geradlinige bzw. flach mäandrierende parallele Trockentäler zerschnitten (Fig. 16 und 17; Abb. 8¹⁾), die einen Abstand von beispielsweise 20—50 m, mitunter auch weniger, haben. Die zwischen den Tälern stehengebliebenen Riedel sind verhältnismäßig intakt, zum Mindesten nicht nach den Paralleltälern zu zerschnitten. Die Täler vereinigen sich erst, nachdem sie eine erhebliche Strecke fast parallel verlaufen sind (Fig. 21a). Auch einige aus Anstehendem aufgebaute Ebenen waren so zerschnitten.

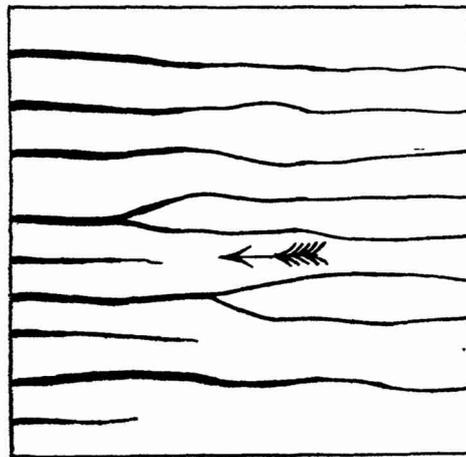


Fig. 21a. Entwässerungssysteme von Bergfußebenen: Puelma-Wüste; Beispiel für „Parallelzerschneidung“.

Maßstab 1:3500. Der Pfeil gibt das Gesamtgefälle der Ebene an.

Sehr häufig, und zwar vorwiegend bei den aus älterem Schutt oder aus Anstehendem aufgebauten Ebenen ist das Landschaftsbild

1) Die an sich schwach mäandrierenden Trockentäler auf Abb. 8 erscheinen nur infolge der Verkürzung stärker gewunden.

ein völlig anderes. Die dem Gefälle der Ebene folgenden Täler sind nicht geradlinig, sondern sie mäandrieren. Zugleich erhalten sie von den Riedeln her kleine Nebentäler, so daß die ehemalige Ebene in ein Gewirr kuppiger Hügel aufgelöst ist. Das Entwässerungsnetz wird durch Fig. 21 b wiedergegeben, das Landschaftsbild durch Abb. 17 und 18.

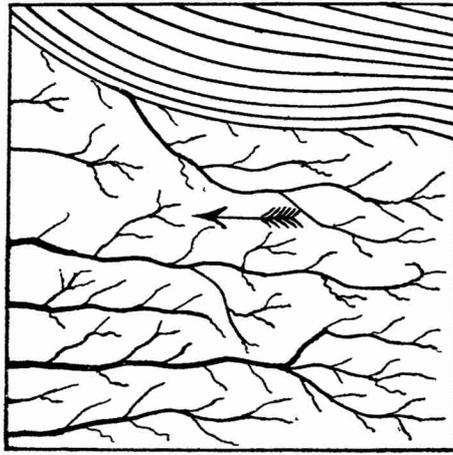


Fig. 21 b. Entwässerungssysteme von Bergfußebenen: Mittelkordillere östl. Toco. Oben ein großes, die Ebene durchreißendes Trockental. Beispiel für „kuppige Zerschneidung“.

Maßstab 1:3500. Der Pfeil gibt das Gesamtgefälle der Ebene an.

Während sich der zerschnittene Teil der Pampas bei der durch Fig. 21a wiedergegebenen Art der Zerschneidung in der Regel von dem nicht zerschnittenen in der Beschaffenheit seiner Oberfläche, Schuttbedeckung usw. nicht wesentlich unterschied, hob sich in dem durch Fig. 21b wiedergegebenen Falle der zerschnittene Teil sehr deutlich von der eigentlichen Pampa ab. Und zwar nicht nur eben durch die Auflösung in kuppige Hügel, sondern besonders dadurch, daß die Oberfläche auf dem zerschnittenen Teile ein völlig anderes Aussehen hat als auf der Pampa. Sie gleicht der Oberfläche in den Hügelgebieten, mit Staubboden, Staubhaut usw. Das der Großform nach als Ebene zu bezeichnende Gebilde war den Kleinformen nach den Berg- und Hügelgebieten völlig gleich geworden. Es ist sogar möglich, daß verschiedene der von mir anfangs, als ich die Verhältnisse noch nicht übersah, als Hügelgebiete aufgefaßten Landschaften in Wirklichkeit derartige zerschnittene Ebenen waren.

Da die kuppig zerschnittenen Ebenen somit in der Regel gewissermaßen „älter“ aussahen als die parallel zerschnittenen, so läge es nahe, die Art der Zerschneidung durch verschiedenes Alter der betreffenden Flächen zu erklären. Wir werden unten (S. 92 ff.) sehen, daß ähnliche Gebilde trotz offenbar besonders hohen Alters parallel zerschnitten sind. Ich habe eher den Eindruck, daß die bergnahen, also die steileren Teile parallel zerschnitten werden, die bergferneren oder besser ganz allgemein die flacher geneigten Flächen kuppig zerschnitten sind. Es würde sich das mit den Anschauungen, die man von der Art der Zerschneidung haben muß, durchaus decken. An den steileren Stellen folgt das Wasser geradlinig dem Gefälle; ein Zusammenfließen zweier benachbarter Trockentäler kann also nur schwer stattfinden. Bei geringerem Gefälle können die Trockentäler mäandrieren, sie können sich also zusammenschließen. Überdies kann das seitwärts der mäandrierenden Trockentäler sich bewegende Wasser infolge des geringeren Neigungswinkels der Fläche wenigstens zum Teil dem Haupttrockental zufließen; es ist nicht gezwungen, parallel zum Trockental rein dem Gefälle der Fläche zu folgen. Fließt aber auch nur ein Teil des Wassers den Trockentälern zu, so bilden sich Nebenrunsen, die sich nach bekannter Art rückwärts in den Riedel hineinfressen. Die Auflösung in kuppige Hügel ist dann nur noch eine Frage der Zeit.

Ist die Auflösung erst einmal erfolgt, so wird die Oberfläche der zerschnittenen Ebene nicht mehr mit dem Schutt der dahinter liegenden Berge beliefert. Dieser findet in den Tälern einen Ausweg. Erst dann kann die für die Berg- und Hügelgebiete beschriebene typische Oberfläche entstehen. Nach den Beobachtungen scheint es, als ob sie nicht nur entstehen kann, sondern in der Regel entstehen muß.

Die kuppig zerschnittenen Bergfußebenen gehen mitunter ganz allmählich in die Pampa über (vgl. Abb. 18, Vordergrund). Es sieht dann so aus, als ob sie in der Pampa untertauchen. Nicht selten hat jedoch das unten zu beschreibende Zurückschneiden der Pampa-Ebene aus dem allmählichen Übergang eine deutliche Stufe entstehen lassen, wie es Fig. 20 zeigt (vgl. auch Abb. 18, Hintergrund). Wir kommen damit jedoch bereits zu einem Problem, das uns erst später beschäftigen kann (siehe die Ausführungen über die Flankentreppen u. S. 88 ff.).

Die Bergfußebenen setzen, ganz gleich, ob sie zur Zeit Schuttflächen sind oder nicht, mitunter bereits in recht großer Höhe der Bergzüge an, d. h. man sieht in der Landschaft nicht selten sehr

weite, recht flach ansteigende Pampas, die von der entgegengesetzt geneigten Nachbarpampa nur durch einen zur Zeit niedrigen Bergzug getrennt sind¹⁾. In diesem Falle könnten wir die Bergfußebene, wenn wir sie mit der wahrscheinlichen ursprünglichen Höhe und Ausdehnung des überragenden Bergzuges in Beziehung setzen, besser als Flanken-Ebene bezeichnen; doch möchte ich diesen Ausdruck lieber auf eine andere Art von Ebenen, die an Berge angelehnt sind, beschränken (vgl. u. S. 89).

Wir haben bisher immer nur von der Umwandlung einer vorhandenen Bergfußebene gesprochen, haben jedoch noch nichts darüber gesagt, wie eine solche Ebene denn nun ursprünglich entsteht. Es ist das das Problem, das Waibel in seiner Karrasarbeit als Inselbergproblem bezeichnet und bezüglich der Erklärung der in den Karrasbergen vorliegenden Verhältnisse auf ganz ähnliche Weise gelöst hat, wie ich es im Folgenden für die chilenische Wüste versuchen werde²⁾.

1) Vgl. z. B. Fig. 28, u. S. 98. Die Zeichnung, die Waibel auf S. 91 seiner Karrasarbeit gibt, könnte mit einigen kleinen Abänderungen auch aus der chilenischen Wüste stammen.

2) Verf. ist zu den im Folgenden niedergelegten Anschauungen gekommen, ohne Waibels Ergebnisse zu kennen, zu einem Zeitpunkt, als er noch glaubte, daß seine Beobachtungen im Gegensatz zu den herrschenden Anschauungen ständen. Auch die Niederschrift vorliegender Arbeit war beendet, als ich von den Waibelschen Darlegungen Kenntnis bekam. Wenn trotzdem die Beobachtungen und die von Waibel und von mir daraus abgeleiteten Folgerungen sich so weitgehend decken, so scheint mir das ein Beweis dafür, daß die entwickelten Ansichten nicht irrig sind. So weit möchte ich allerdings nicht gehen, diese Lösung als eine Lösung des Inselbergproblems zu bezeichnen. Nach der Waibelschen Fassung des Begriffs „Inselberg“ gibt es auch in der chilenischen Wüste eine große Zahl von „Inselbergen“. Aber man darf m. E. nicht die von Passarge gegebenen Charakteristica abwandeln und dann an Hand dieser Formen, die der Passargeschen Fassung gar nicht mehr entsprechen, Passarge zu widerlegen versuchen. So scheint es mir eine sehr wesentliche Änderung, wenn man den Neigungswinkel der die Berge umgebenden Ebenen mit beispielsweise 1—5° angibt, Winkel, die auch in Chile nicht selten sein dürften (so ergibt sich auf einer Pampa der Puelma-Wüste ein Gefälle von fast 200 m auf ca. 6 km, also von 1:30, in der Vergara-Wüste 150 m auf 15 km, also 1:100. Das O-W-Gefälle der Großen Längsebene bei Iquique beträgt ebenfalls ca. 1:100), während Passarge gerade den Schutthaushalt auf einer fast völlig wagerechten Fläche für so schwierig erklärbar hält. Die von Waibel und vor ihm von anderen (vgl. die von Waibel gegebenen Zitate) und nunmehr auch von mir, immer einer unabhängig von dem anderen, beobachteten Tatsachen dürften einem so anerkannt ausgezeichneten Beobachter, wie es Passarge ist, kaum entgangen sein; wenn er trotzdem die Lösung des Inselbergproblems auf anderem Wege sucht, muß es wohl daran liegen, daß tatsächlich die von Waibel und auch von mir gesehenen Formen keine Inselberge im Sinne Passarges sind. Waibel

Nach den Formen der chilenischen Wüste scheint es ganz sicher, daß eine derartige an den Fuß eines Berges oder Bergzuges sich anlehrende geneigte Ebene sich auf Kosten des Bergzuges zurückverlegt, und zwar ganz gleich, ob der Übergang vom Berghang zur Bergfußebene konkav ist oder einen Knick bildet. Derartiges ist auch in anderen Gegenden der Erde beobachtet worden¹⁾. Waibel faßt nun den Vorgang so auf, daß die am oberen Ende der Ebene aufsteigende Wand durch Wandverwitterung zurückweicht und die auf der Fläche wirkende flächenhafte Abspülung den Schutt immer wieder abtransportiert, sodaß die Zurücklegung der Wand nicht durch Ersticken im eigenen Schutt zur Ruhe kommt²⁾. An sich habe auch ich in Chile diesen Vorgang ursprünglich so angesehen und würde ihn wohl noch heute so ansehen, wenn ich nicht einige kleine Beobachtungen gemacht hätte, die das Bild in interessanter Weise vervollständigen.

Das Rückwärtseinschneiden der flächenhaften Abtragung in die Berge habe ich nämlich an verschiedenen Stellen unmittelbar an den Kleinformen beobachten können, wenn auch nicht gerade für die sheetflood-erosion, sondern für die ihr im Prinzip ja ähnelnde flächenhafte Abtragung mittels engständiger Erosionsrinnen.

An einer Stelle, wo ein Hügel gegen eine mäßig geneigte Ebene absetzte, schlossen sich die den Hügelhang und die die geneigte Fläche durchreisenden Trockentälchen in der Weise aneinander an, wie es das Längsprofil Fig. 22 aus der Toco-Wüste zeigt.

Die in Betracht kommenden Erosionsrinnen besaßen auf der Fläche eine Tiefe von ca. 30 cm und hatten einen gegenseitigen Abstand von ungefähr 1 Meter. Man erkennt aus der Figur deutlich, daß die Tälchen der Fläche direkt den Berg unterspülen, sich geradezu hineinfressen in den Berg. An dieser Stelle vernichtete die flachgeneigte Ebene unter Aufrechterhaltung ihres Flächen-

selbst hat ja wiederum die Deutung W. Pencks als den Begriff Inselberg zu weit fassend abgelehnt. Man wird gespannt sein dürfen, wie sich Passarge zu diesen Fragen äußern wird.

1) Vgl. die von Waibel angegebene Literatur, insbesondere die von ihm auszugsweise wiedergegebene Arbeit von W. J. Mc Gee, Sheetflood erosion, Bull. of the Geological Society of America, Vol. 8, Rochester 1897 (S. 87 ff.), S. 109.

2) Dieser Vorgang ähnelt grundsätzlich dem lange bekannten und von W. Penck in sein System der morphologischen Analyse hineingearbeiteten Vorgang, daß eine Wand zurückflieht, während der Haldenhang sich auf ihre Kosten aufwärts fortsetzt, nur daß Waibel die von W. Penck nicht berücksichtigte Flächenabspülung mit heranzieht.

charakters den Berg, der, ohne tiefgehend erosiv zerschnitten zu werden, zurückgedrängt wurde. Wenn ich mir auch anfangs dieses merkwürdige Verhalten physikalisch nicht erklären konnte, so war die Tatsache doch aus der Kleinform deutlich erkennbar. Ich habe ähnliche auch an anderen Stellen gemachte Beobachtungen als Wegweiser dafür genommen, daß das Rückwärtsausdehnen der Ebenen tatsächlich ein offensiver Vorgang ist und nicht nur, wie ich es selbst ursprünglich naturgemäß angenommen hatte, ein ein-

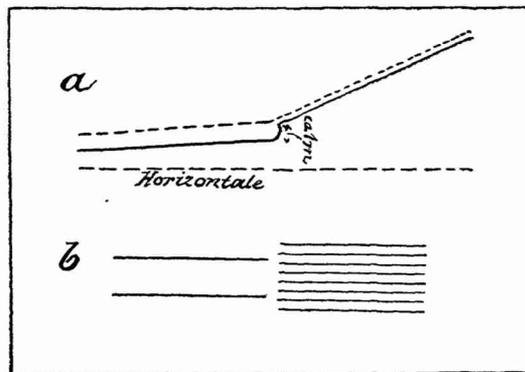


Fig. 22.

Längsschnitt durch eine Gehänge-Runse (Spülrinne) beim Übergang vom Hügelhang auf die Bergfußebene. Mittelkordillere östl. Toco.

- a) Vertikalabschnitt. ——— Tallinie; - - - - - Hang- bzw. Ebenen-Oberfläche.
 b) Horizontalschnitt (Grundriß). Rechts die Runsen am Hügelhange, links nach Überwindung der in Fig. a erkennbaren Stufe auf der Bergfußebene.

faches Nachrücken gegenüber dem weichenden Hang der Berge. So ist es bemerkenswert, daß an verschiedenen Stellen die von den Hügeln herabkommenden größeren Runsen und Tälchen oft gegen ihre Fortsetzung auf der Pampa hingen, obwohl keine Wandverwitterung, sondern nur das fließende Wasser als wirkende Kraft in Betracht kam. Ich glaube, daß diese kleinen Beobachtungen, falls die Vorgänge in anderen trockenen Gebieten ähnlich sind — und nach dem Aussehen der Karrasberge halte ich das für möglich — von nicht zu unterschätzender Bedeutung für die Erklärung der Bildung der Bergfußebenen ganz allgemein sind, auch wenn die weiterhin von mir versuchte Erklärung nicht haltbar sein sollte.

Bleiben wir bei dem durch Fig. 22 dargestellten Falle. Zuerst einmal müssen wir feststellen, daß von einer eigentlichen Evorsion, Unterspülen durch das aufstürzende Wasser, nicht die Rede sein kann. Der Berghang ist bei weitem nicht steil genug, als daß eine derartige, bei einem Wasserfall wohl beobachtete Wirkung möglich wäre.

Das direkte Unterschneiden des Hanges durch die Tälchen der schwach geneigten Fläche können wir uns nur so erklären, daß die abtragende Kraft derselben Wassermenge auf der gering geneigten Fläche stärker ist als auf dem stärker, ungefähr 30° geneigten Hange. Unmittelbar hat das darin seine Ursache, daß sich an der Verschneidung zwischen Hang und Ebene mehrere ganz kleine Runsen des Gehänges zu einem etwas größeren Tälchen zusammenschließen (Fig. 22b). Damit ist wahrscheinlich eine stärkere Abtragung, insbesondere bei schwächeren Regen, verbunden. Warum schließen sich nun aber die Hang-Runsen gerade an dem Knick zwischen Hang und Fläche zusammen, und wie kommt es, daß die infolge stärkerer Linearwirkung wohl etwas stärkere Erosionskraft nicht weitaus paralysiert wird dadurch, daß die Erosion doch eigentlich auf dem steileren Hange stärker sein muß als auf dem flachen? Die Betrachtung des Wasserhaushaltes auf dem Hangelhang und auf der Fläche gibt uns vielleicht die Antwort.

Auf dem Hange eines Berges kann naturgemäß nur das Wasser wirksam werden, das unmittelbar auf die Grundfläche des Hügels fällt. Diese Wassermenge ist nun selbst bei den stärksten Platzregen, auf die Sekunde reduziert, außerordentlich gering. Sie kann auf dem Hange nur eine verhältnismäßig geringe Wirkung entfalten, solange sie flächenhaft bleibt. Erst etwas abwärts der eigentlichen Bergkuppe wird die Wirkung, da sich das Wasser einer größeren Fläche summiert, etwas größer, und insbesondere wird sie das, wenn das oben flächenhaft fließende Wasser sich zu kleinen Runsen zusammenschließt. Das Zusammenschließen zu Runsen im unteren Teile, wie wir es auf Abb. 3, 4, 5, 6 so prächtig sehen, ist natürlich selbst wahrscheinlich eine Folge der stärkeren Wasserwirkung unten, wo das abfließende Wasser sich immer stärker summiert. Diese Summation ist aber keineswegs eine einfache Addition! In den unteren Teilen des Hanges, der infolge der Tiefenerosion, aber vielleicht auch durch die im unteren Teile des Hanges aus dem erwähnten Grunde größere Wirkung der Flächenabspülung, steiler geböschet ist, nimmt auch die Abflußgeschwindigkeit zu. Dies äußert sich nun nicht etwa immer in einer Zunahme der Erosionskraft, sondern u. U. gerade umgekehrt. Aus bekannten Gründen wird nämlich infolge der dauernden Beschleunigung, die das Wasser beim Wege bergab erleidet, das Wasser auseinandergezerrt¹⁾, die Wasserschicht immer dünner. Dadurch

1) An jeder Wasserleitung kann man das sehen; der Staubbachfall im Lauterbrunnental ist das extremste Beispiel in der Natur für diesen Vorgang.

wird die an sich mit der größeren Geschwindigkeit und auch der größeren Wassermenge verbundene Steigerung offenbar derartig wieder wett gemacht, daß die Erosionswirkung am Hange relativ gering ist, zum mindesten bei weitem nicht so stark, wie man es nach der in der Zeiteinheit herabkommenden Wassermenge erwarten müßte. Der Winkel, bei dem die Erosionswirkung trotz Wasser- und Geschwindigkeitszunahme nicht mehr steigen kann, dürfte übrigens derjenige sein, den das Gefälle der Runsen nicht überschreitet, dem daher der Gehängewinkel jeder Bergflanke mit gleichförmiger Bodenbeschaffenheit (z. B. Staubboden) zustrebt. Tatsächlich haben die staubbedeckten Hügel einen auffallend gleichen Gehängewinkel.

In dem Augenblick, wo das Gefälle geringer wird, also bei Betreten der flach geneigten Fläche, staut sich das Wasser; es schließt sich, im Längsschnitt betrachtet, zusammen und kann nun trotz geringerer Geschwindigkeit erst die Erosionswirkung ausüben, die seiner Masse eigentlich zukommt. Als Nebenergebnis dieser stärkeren Erosionswirkung erfolgt der Zusammenschluß mehrerer kleiner zu einer größeren Erosionsform, der auf dem Hang infolge des senkrechten, allzu schnellen Wasserabflusses nicht erfolgen konnte. Bei allmählichem Übergang vom steilen zum ganz flachen Hang wird der Augenblick, in dem sich das Wasser infolge verminderter Geschwindigkeit staut, gemessen am Gefällswinkel ziemlich spät, bei sehr flachem Gefällswinkel eintreten. Ist das Wasser nämlich erst einmal auseinandergezerrt, so staut es sich nicht etwa mit dem Moment, wo der Hangwinkel kleiner wird. Es wird sogar, solange der Hangwinkel so groß ist, daß das herabschießende Wasser die Reibung mehr als zu überwinden vermag, immer weiter auseinandergerissen, da ja zu der bereits erlangten Geschwindigkeit die durch die allerdings kleinere Beschleunigung erlangte noch hinzukommt. Erst wenn der Hangwinkel recht klein geworden ist, wird sich die Bremswirkung der Reibung so ausgewirkt haben, daß ein wirklicher Stau eintritt und das Wasser nun als geschlossene Masse abfließt und nunmehr morphologisch wirksam wird. Dieser Winkel wird zwar für jede Wassermenge und damit für jeden Regenfall ein anderer sein; aber nach den Beobachtungen, deren eine ich Fig. 22 wiedergegeben habe, dürfte es ein unerwartet kleiner sein. Verstärkt wird der geschilderte Effekt wohl noch dadurch, daß bei sehr großen Wassergeschwindigkeiten die die Erosionskraft herabsetzende innere Reibung ganz gewaltig groß ist, um mit abnehmender Geschwindigkeit abzunehmen, und zwar wahrscheinlich diskontinuierlich.

Nehmen wir an, daß die morphologisch wirksam werdende Wassermenge stets dieselbe wäre, so würde der Winkel, bei dem die besonders starke Erosion infolge Wasserstaus eintritt, stets derselbe sein. Diesem optimalen Winkel müßte also das Gefälle der ganzen Fläche zustreben. Nach unten zu wird das dadurch aufgehoben, daß die Wassermenge mit Entfernung von den Bergen immer kleiner wird, teils infolge Auseinanderfließens, teils durch Versickern dort, wo der lokale Regen nicht mehr hingelangt.

Damit haben wir übrigens eine weitere Begründung dafür, daß der Schuttfächer nach unten zu flacher werden muß. Je geringer nämlich die Wassermenge wird, desto geringer muß das Gefälle sein, um eine derartige Zusammenfassung des Wassers aufrecht zu erhalten, daß es morphologisch wirksam bleiben kann. Auf den jeweiligen optimalen Winkel aber stellt sich das Gefälle des Schuttfächers ein.

Wie dem auch sei, so besteht nach oben zu auf jeden Fall kein anderes Hindernis für die Fläche, sich auszudehnen, als der darüberliegende steile Hang, und diesen vermag die Fläche zu unterschneiden. Sie wird sich also in dem erwähnten optimalen Winkel in den Berg hineinarbeiten.

In Wirklichkeit sind nun die Niederschläge und damit die abfließenden Wassermengen nie gleich groß, sodaß auch der optimale Winkel immer wieder ein anderer ist. An der Tatsache, daß sich eine flache Bergfußebene rückwärts in den Berg hineinschneidet, wird dadurch nichts geändert. Die einzige Folge der verschiedenen Stärke der Niederschläge ist, daß die direkte Unterschneidung sich so sehr selten unmittelbar in der Form ausdrückt, sondern daß statt der Unterschneidung ein konkaver Hang entsteht, der sich gewissermaßen zusammensetzt aus einer Menge optimaler Neigungswinkel. Die Hangverschüttung von oben trägt natürlich auch dazu bei, ein konkaves Profil in der Nähe des Berges zu bewirken. Nur in den wenigen Fällen, wo ein Wolkenbruch die Form hat beeinflussen können und die Formen sich seitdem in Erstarrung befunden haben, haben wir das Glück, derartiges unmittelbar in der Form ausgedrückt zu finden. Die an sich geringe Häufigkeit der als Grundlage dieser Ausführungen gegebenen Beobachtung ist demnach auch keineswegs ein Gegenbeweis gegen die allgemeine Gültigkeit der gemachten Beobachtung für die Formung der chilenischen Wüste. Wenn diese Beobachtung nicht mehr als einmal gemacht wäre, so würde sie meiner Meinung nach doch zeigen, wie die Sachlage ist¹⁾.

1) Dieses Zurückschneiden des flacheren in das steile Gehänge ist vielleicht auch, wie oben S. 74 bereits angedeutet, ein Mitgrund für die häufige Zerschneidung

Die gemachten Überlegungen geben uns auch einen Hinweis, warum trotz des Vorwiegens flächenhafter Abspülung das Wasser die Gesteinsunterschiede der Ebene nicht herausarbeitet. Ich gebe zu, daß ich selbst diese Frage nicht für so sehr wichtig gehalten habe, da mir die flächenhafte Tendenz des Wassers zur Erklärung der Tatsache ausreichend erschien. Ich selbst habe die Empfindlichkeit flächenhaft wirkenden Wassers gegenüber den Gesteinsunterschieden nie an den Formen besonders hervortreten sehen. Waibel hebt jedoch in seiner Arbeit über die Karrasberge besonders hervor, daß das spülende Wasser so sehr empfindlich selbst auf die kleinsten Gesteinsunterschiede reagiere (z. B. a. a. O. S. 31). Wenn das stimmt, wie kommt es dann über die verschiedensten Gesteine hinweg überhaupt zur Bildung von Ebenen? Wahrscheinlich liegt das daran, daß infolge des Rückschneidens der Ebenen auf die Berge und Hügel zu etwa entstehende Härtinge fast stets in statu nascendi vernichtet werden. Nur dort trifft das nicht zu, wo besonders harte Gesteine herauspräpariert werden oder wo die zurückschneidende Kraft der Ebenen aus anderen Gründen besonders gering ist. Dieses letztere ist vorwiegend am unteren Ende der Pampas der Fall, weil dort die herangeführte Schuttmenge den größten Wert hat gegenüber der nicht größer werdenden Transportkraft des Wassers. Damit hängt es wohl zusammen, daß wir inselhafte Berge in der chilenischen Wüste so sehr selten unmittelbar in der Nähe eines größeren Bergmassivs finden. Es ist also dort nicht etwa so, wie wir es z. B. in Deutschland finden, daß sich das Bergmassiv nach dem Rande zu allmählich immer stärker in Einzelberge auflöst. Das Massiv selbst ist in der chilenischen Wüste meist intakt; es wird in der Regel von einer ununterbrochenen Ebene umgeben, aus der sich erst in recht großer Entfernung inselhafte Berge erheben.

Auf das Unterschneiden der Einzelberge durch die umgebenden Ebenen sind die Stellen zurückzuführen, auf denen allein auf den Pampas sich richtige Blockmeere finden. Diese sind nämlich stets in der Nähe gerade der Einzelberge, und man kann aus der halb-eluvialen Beschaffenheit des Schuttes, gelegentlich auch aus der Beschaffenheit des Anstehenden, feststellen, daß es sich um auf

des oberen Teiles sonst flächenhaft entwickelter Schuttfächer. Im allgemeinen wird zwar dieses Zurückschneiden flächenhaft vor sich gehen, sodaß die steileren Hänge vollkommen aufgearbeitet werden. Wenn jedoch gleichzeitig die Schuttproduktion abnimmt (über die Gründe vgl. oben S. 51), so ist es wohl denkbar, daß nur die Trockentäler der Tendenz zum Zurückschneiden folgen können, die dazwischen liegenden Ebenheiten jedoch intakt bleiben.

anstehendem Fels liegende Blockanhäufungen handelt. Mitunter ist an der Stelle der Blockanhäufungen bereits ein Übergang der Pampa zu den kuppigen Formen des Hügels zu sehen, nicht selten unterscheidet sich aber die Oberfläche orographisch nicht von der umgebenden Pampa.

Es bleibt uns nun noch übrig, uns klar zu werden, warum ähnliche Erscheinungen wie die oben beschriebene Unterschneidung der steileren durch flache Gehängewinkel sich nicht in irgend einer Weise auch in unseren gemäßigten Klimaten äußern¹⁾. Wenn zwar eine flächenhafte Wirkung in unserem Klima ohnehin nicht zu erwarten ist, so könnte man doch vielleicht erwarten, daß sich dem beschriebenen entsprechende Vorgänge im Längsprofil der Flüsse äußerten. Auch das kann nicht der Fall sein. Infolge der kräftigen und auch relativ weitständigen Erosion hat der einzelne Wasserlauf auch bei steilem Gefälle immer so viel Wasser, daß eine Zerreißung sich auch nicht annähernd bemerkbar machen kann, solange man von den eigentlichen Wasserfällen absieht. Überdies erhält der Wasserlauf in feuchterem Klima im Verlauf des Abwärtsfließens soviel Wasser durch Nebenflüsse zugeführt, daß eine eventuelle Zerreißung durch das Wasser der Nebenflüsse ohne weiteres wettgemacht wird. Bei den erwähnten Erosionsrinnen der chilenischen Kernwüste ist Derartiges nicht der Fall; sie laufen parallel, erhalten also an der für den Hangknick und das Zurückarbeiten der Ebene entscheidenden Strecke keine Zuflüsse. Der einzige Fall, wo wir bei unseren Flüssen dem Geschilderten Ähnliches erwarten dürfen, ist ein Wasserfall bzw. eine sehr steile Schnelle. Dort zerreißt tatsächlich von einem gewissen Gefälle an das Wasser, so daß seine Wirkung auf die Unterlage so gut wie aufhört. Aber gerade bei Wasserfällen ist ja ein besonders schnelles Unterhöhlen der Wand, über die der Fall geht, immer wieder beobachtet worden. Zwar führt man diese Unterhöhlung und das dadurch bedingte schnelle Zurückschreiten des Wasserfalles in der Regel auf die direkte Wirkung des aufschlagenden und dann gegen die Wand geworfenen Wassers zurück; ich halte es jedoch gar nicht für ausgeschlossen, daß auch bei unseren Wasserfällen eine in denselben Ursachen begründete Unterschneidung der Steilwand durch das infolge Staus zur Wirkung kommende, vorher auseinandergerissen gewesene Wasser mitspielt.

1) Die Zurückverlegung eines Haldenhanges auf Kosten der dahinter befindlichen Wand, wie sie in unseren gemäßigten Klimaten oft beobachtet worden ist (vgl. z. B. W. Penck, *Morphologische Analyse* S. 110), ist ein grundsätzlich anderer Vorgang, da dort das allmähliche Verschwinden der Wand das Primäre ist.

Das Unterschneiden einer Steilwand durch eine davorliegende, allerdings ziemlich steile Halde unter Aufrechterhaltung der Steilwand habe ich übrigens an der samländischen Steilküste des öfteren beobachtet und auch bereits beschrieben¹⁾, ohne zwar damals die Zusammenhänge völlig richtig erkannt und gedeutet zu haben.

Wir können die oben gemachten Überlegungen bezüglich der Zunahme der Erosion bei Abnahme des Gefälles auch, in allerdings ganz roher Rechnung, durch Zahlen erhärten:

Der stärkste je auf der Erde gemessene Platzregen hatte eine Intensität von 10 mm Regenhöhe pro Minute; er dauerte 20 Minuten²⁾. Er dürfte zu den stärksten überhaupt möglichen Platzregen gehören. Auch Hann hebt hervor (a. a. O. S. 376), daß beispielsweise die tropischen Platzregen diese Höhe nicht erreichen. Wenn wir diese excessive Regenhöhe als die Norm für die chilenischen Wüsten annehmen, so können wir folgende Überlegung anstellen. Die Hanglänge eines der kuppigen Wüstenhügel betrage in der Horizontalen gemessen 150 m. Unter der Voraussetzung, daß das Wasser rein flächenhaft abfließt, und daß nichts von dem Wasser unterwegs durch Versickerung oder Verdunstung verloren geht, würde von dem Augenblick an, wo Niederschlag und Abfluß sich die Wage halten, unten auf eine Hangbreite von 1 m in jeder Sekunde eine Wassermenge von $1 \text{ m} \cdot 150 \text{ m} \cdot 10/60 \text{ mm}$ abfließen. Bei einer Geschwindigkeit von 1 m/sec würde die Höhe der Wasserschicht also $150 \cdot 10/60 \text{ mm}$ betragen. Eine Geschwindigkeit von 5 m/sec scheint mir nun für den untersten Teil des Hanges nicht zu hoch gegriffen. Die Höhe der Wasserschicht beträgt bei dieser Annahme $150 \cdot 10/60 \cdot 1/5 = 5 \text{ mm}$. Da der Abfluß in Wirklichkeit nicht ganz flächenhaft, sondern engständig linear erfolgt, so können wir die angenommene Höhe der Wasserschicht vielleicht verfünffachen, erhalten also eine Höhe von 2,5 cm. Daß eine derartig geringe Wasserhöhe sich selbst bei größter Geschwindigkeit (bei Annahme größerer Geschwindigkeit müßte man ja im Übrigen die Höhe der Wasserschicht als noch geringer annehmen) keine starke morphologische Wirkung haben kann, ist nicht allzu erstaunlich. Die Beobachtung an kleinen Wasserrissen mit ähnlicher Wasserführung in unseren Klimaten bestätigt das. Nicht vergessen darf man, daß überdies der Druck auf die Unterlage mit Größerwerden des Hangwinkels sinkt.

1) H. Mortensen, Die Morphologie der samländischen Steilküste. Veröff. des Geogr. Inst. der Universität Königsberg, Heft III, Hamburg 1921, S. 41 und Fig. 17.

2) J. von Hann, Lehrbuch der Meteorologie, 3. Aufl. (R. Siring), Leipzig 1915. Tab. S. 375.

Bei Übergang auf die flache Böschung mögen sich ungefähr 5 Runsen des Gehänges zu einem Trockentälchen zusammenschließen und gleichzeitig die Strömungsgeschwindigkeit infolge des geringeren Neigungswinkels auf $\frac{1}{3}$ der Geschwindigkeit am Hange ermäßigen. Damit wird die Höhe der Wasserschicht insgesamt verfünfeinfacht, beträgt also in unserem Falle 37,5 cm. Es scheint mir leicht verständlich, daß eine derartige Wasserschicht selbst bei der geringeren Geschwindigkeit eine wesentlich stärkere Wirkung ausüben kann als die zwar schneller bewegte, aber so viel dünnere Wasserschicht am Hange. Insbesondere gilt das dann, wenn man berücksichtigt, daß mit abnehmender Mächtigkeit der Wasserschicht die morphologisch unwirksame innere Reibung einen relativ größeren Wert besitzt.

Bei Zugrundelegung einer bestimmten Geschwindigkeitsverminderung bleibt für jede Stärke des Niederschlages das Verhältnis der Wassermächtigkeit am Hange und auf der Bergfußebene immer das gleiche. Durch ein auch nur geringes Variieren der eingangs angenommenen Zahlenwerte kann man rechnerisch erreichen, daß die am Hange bewegte Wasserschicht noch dünner und schließlich morphologisch absolut unwirksam wird, während auf der flach geneigten Fläche stets eine gewisse morphologische Wirkung bestehen bleibt. Die vorgenommene Rechnung zeigt demnach m. E., daß wir uns mit den vorher gegebenen Darlegungen im Rahmen des physikalisch Möglichen bewegen. Das war ihr Zweck; eine genaue rechnerische Wiedergabe des natürlichen Vorgangs dürfte vorläufig kaum möglich sein.

Die Vorstellung, daß fließendes Wasser auf flachen Böschungen stärker wirkt als auf steilen, ist übrigens keineswegs neu. In seiner Landschaftskunde (Bd. 3, S. 241) sagt Passarge: „Es muß das Wasser langsamer abfließen als durch den Platzregen . . . Zufuhr erfolgt. Nur dann kann sich eine zusammenhängende und auch der Mächtigkeit nach wirksame Wasserdecke entwickeln. Demgemäß sind flachgeböschte Hänge am günstigsten, auf denen der Reibungswiderstand bereits kräftig wirkt und zur Ansammlung des Wassers führt.“ Auch daraus kann man unmittelbar ableiten, daß es für jede Wassermenge eine optimale Böschung geben muß, auf der die morphologische Wirksamkeit des abfließenden Wassers am größten ist. Diese optimale Böschung muß sich, wie mehrfach gesagt, auf Kosten der darüber liegenden steileren Hänge zurückschneiden. Das Ergebnis meiner bisherigen Darlegungen ist dann das, daß für die in der chilenischen Kernwüste maßgeblichen Niederschläge der optimale Winkel sehr klein ist, wesentlich kleiner jedenfalls, als es Passarge anscheinend für möglich hält.

Ich kann auf Grund der gemachten Beobachtungen und der daraus zu ziehenden Schlüsse auch nicht für die chilenische Kernwüste der allgemeinen Behauptung Passarges zustimmen, daß das von den Bergen linear und flächenhaft abfließende Wasser mit der größtmöglichen Masse am Bergfuß ankommt und daß dann der plötzliche Gefällsknick ein akutes Erlahmen der Transportkraft und eine Ablagerung der Sinkstoffe bewirken müßte¹⁾. Gerade das Gegenteil ist, wenn meine Darlegungen stimmen, bezüglich des flächenhaft wirkenden Wassers der Fall. Etwas anderes ist es natürlich mit der von Passarge beobachteten und angezogenen „langsamen Abspülung unter dem Blockschutt“. Für diese gelten meine Darlegungen naturgemäß nicht. Ebenso wenig gelten sie für die langsamen oberflächlichen Bodenbewegungen, langsames Abwärtswandern des Schuttes an steilen Hängen, wie sie in der chilenischen Wüste aus der Verteilung des Schuttes gelegentlich zu erschließen sind (vgl. o. S. 29 ff.). Diese Vorgänge können also neben der o. S. 82 erwähnten Ursache die Verschüttung des Knickes bewirken und dadurch die Erkenntnis des Vorganges verhindern. Der Vorgang als solcher bleibt stets derselbe und behält neben allen anderen mit oder gegen ihn arbeitenden Vorgängen seine Bedeutung.

Für die nicht von den Hängen kommenden, sondern aus dem Berggebiet auf die Ebene ausmündenden, großen Täler gelten meine Überlegungen natürlich nicht. Für diese gilt das für das humide Klima Gesagte, daß ihre Wassermenge zu massiert ist, um ein Auseinanderzerren des Wassers morphologisch in Erscheinung treten zu lassen, insbesondere da die Wassermenge durch Zuflüsse dauernd vermehrt wird. Die durch diese Täler kommenden Wassermengen haben in der Tat beim Austritt aus den Bergen das größtmögliche Maß an Geschwindigkeit und Masse erreicht; hier wird, wie aus der gesamten Darstellung der Verhältnisse der Pampas erkennbar, das Material beim Austritt aus den Berggebieten zu einem beträchtlichen Teile abgelagert. Bei den kleineren Tälern mit steilerem Gefälle findet man jedoch sehr häufig am Rande der Hügel einen kleinen Gefällsbruch; sie hängen nicht selten mehrere Meter gegen ihre Fortsetzung auf den Pampas. Das Hängen der Hangrunsen gegen die kleinen, etwas weniger geneigten Tälchen, wie es auf Abb. 3 schön zu sehen ist, mag ebenfalls z. T. auf dieselbe Ursache zurückzuführen sein.

Ich habe mir aus meinen Beobachtungen kein Bild darüber machen können, wie weit die Ebene sich durch die mit der Änderung

1) S. Passarge, Das Problem der Skulptur-Inselberglandschaften. *Pet. Mitt.* 1924, S. 119.

des Böschungswinkels verbundene Änderung der Abtragungsintensität unmittelbar in den anstehenden, intakten Fels einzuschneiden vermag. Aber selbst wenn, was ich für wahrscheinlich halte, diese unmittelbare Wirkung gering ist, so ist sicher, daß durch die Abtragung wenigstens der feineren Teilchen in der Gegend des Knickes jeder Art von Verwitterung die Wege geebnet werden und zwar in stärkerem Maße als an den darüber liegenden Hängen. Damit ist die Unterschneidung auch im anstehenden Fels zu erwarten.

Neben den beschriebenen Bergfußebenen findet man in den chilenischen Wüsten, und zwar einschließlich der Randwüsten, gelegentlich eine Anordnung mehrerer übereinander liegender Ebenen, wie sie Fig. 23 darstellt. Derartige Formen in der

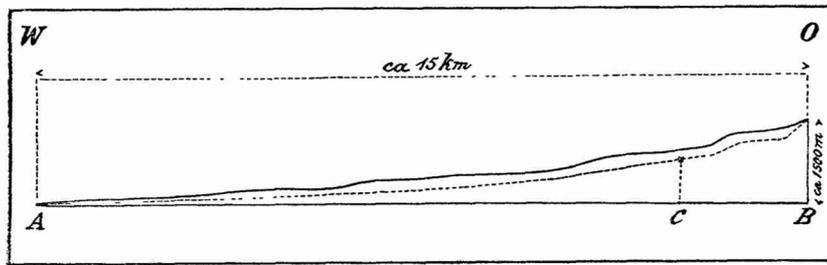


Fig. 23.

W-O-Profil durch die Kordillere Domeyko in der Gegend von Aguas Profetas.
Halbschematisch.

----- Tallinie eines durchlaufenden Trockentaales.

A Beginn der unzerschnittenen Pampa.

B Längsachse der Kordillere Domeyko.

C Aguas Profetas.

zu beschreibenden Ausbildung sind zwar nicht auf die Wüsten beschränkt; in humiden Gebieten sind sie jedoch von mir nicht beobachtet worden. Sie scheinen sich in Chile nur in den ariden Gebieten zu finden. Auch auf der Ostseite der Andenkordillere bei Mendoza, also ebenfalls im ariden Gebiet, habe ich derartige Formen, allerdings nur von der Bahn aus, gesehen. Am schönsten ist dieser Typ nach meinem Eindruck in der Kernwüste entwickelt; er soll daher hier beschrieben werden. Vorausschicken möchte ich allerdings, daß ich diesem Problem nicht die Aufmerksamkeit geschenkt habe, die es nach seiner Bedeutung für den Formenschatz eines Teils der chilenischen Wüsten eigentlich verdient hätte. Ich lernte die Gebiete, in denen ein derartiger Formenschatz besonders schön ausgeprägt ist, ziemlich spät kennen und wollte überdies mich nicht durch ein Verfolgen zu vieler Fragen zersplittern. Immer-

hin ist die erwähnte Anordnung der Ebenen in den Gebieten, wo sie auftritt, so landschaftbeherrschend, daß hier darauf eingegangen werden muß.

Ich habe derartige Formen gesehen in der Tacna-Wüste, bei Pica, am Westabfall der Mittelkordillere in der Toco-Wüste und an beiden Seiten der Kordillere Domeyko. Am schönsten ausgebildet waren sie in der Mittelkordillere und am Westabfall der Kordillere Domeyko. Im letztgenannten Gebiet sind meine Beobachtungen am wenigsten lückenhaft. Es scheint, daß derartige Formen zum mindesten überall dort auftreten, wo ein langer meridional erstreckter Höhenzug, d. h. einer der Kordillerezüge, durch eine meridional erstreckte Pampa begleitet wird. Nur an den Abhängen der Küstenkordillere sowohl zum Meere als auch zur Großen Längsebene habe ich sie nicht gesehen.

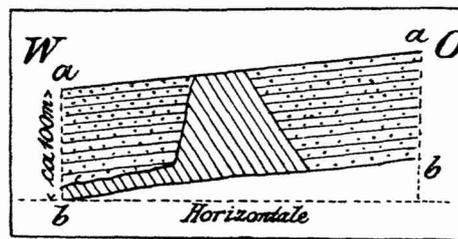
Es scheint mir, als ob diese stufenartig übereinanderliegenden Ebenen dem von W. Penck kürzlich entwickelten Formentypus der Piedmonttreppen¹⁾ angehören. Allerdings sind die Formen in der chilenischen Wüste kleinräumiger, und es stimmen manche Einzelheiten nicht mit den von W. Penck gegebenen Merkmalen einer Piedmonttreppe genau überein. Im ganzen würden wir vielleicht keinen Fehler machen, wenn wir die stufenartige Anordnung der Ebenen in Nordchile als Piedmonttreppen bezeichnen würden. Um jedoch einen für die Verhältnisse in der chilenischen Wüste anschaulicheren Ausdruck zu benutzen und überdies das Fremdwort zu vermeiden, möchte ich den Ausdruck „Flankentreppe“ benutzen und die einzelnen Ebenen einer solchen als Flankenebenen bezeichnen.

Da die Flankentreppe in der Mittelkordillere östlich Toco und in der Kordillere Domeyko so charakteristisch ausgebildet sind, will ich diese beiden Gebiete zuerst beschreiben. In diesen Gebieten brauchen die Flankentreppe nicht erst aus gleichen Gipfelniveaus usw. konstruiert zu werden, sondern können keinem auch nur einigermaßen aufmerksamen Beobachter entgehen.

Die einzelnen Flankenebenen sind meist aus dem Anstehenden herausgearbeitet. Teile von ihnen, besonders die unteren Ebenen, sind, abgesehen ohnehin natürlich von der rezenten Schuttbene am äußeren Rande des Systems, aus jüngerem Schwemmschutt aufgebaut. Dieser verhältnismäßig junge Schwemmschutt lagert

1) „Morphologische Analyse“, S. 152 ff. und „Die Piedmontflächen des südlichen Schwarzwaldes“, Zeitschr. der Ges. für Erdk. zu Berlin 1925, S. 81 ff.

sich offenbar in das früher vorhanden gewesene, recht bewegte Relief ein. In der Kordillere Domeyko waren die niederen Flankenebenen zum großen Teil aus Jura-Schichten aufgebaut, während die mittleren Schichten aus Schwemmschutt bestanden, der an einer Stelle von Jura durchragt, im übrigen meist von Jura unterlagert wurde. Auch an der Stelle, wo im Aufschluß eines Tales die Durchragung sichtbar war, war die Oberfläche der Riedel in keiner Weise von der Nachbarschaft unterschieden (vgl. Fig. 24). Daß es



////// Steilgestellte Juraschichten.

==== Schwemmschutt.

a-a Niveau der Flankenebene.

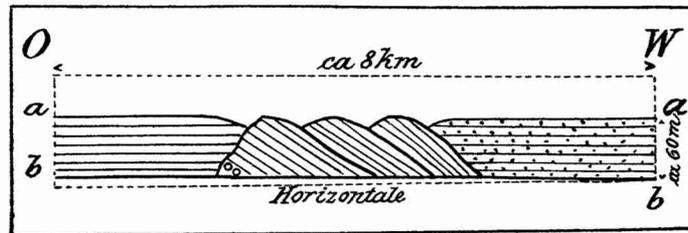
b-b Tallinie.

Fig. 24. Nördlicher Hang eines Tales nord-nord-westl. Aguas Profetas.

sich dort um eine Durchragung handelt, wird dadurch bestätigt, daß gerade an dieser Stelle sich in dem Tale eine Schuttquelle befand. Das Wasser der recht weit oberhalb befindlichen Aguada¹⁾, das zuerst einmal im Schwemmschutt versickert, soweit es nicht in Röhren gefaßt und fortgeleitet wird, muß gerade an dieser Stelle, wo es von den undurchlässigen Jura-Mergeln gestaut wird, wieder hervortreten, um sofort unterhalb der Jura-Durchragung wieder zu versickern. In der Mittelkordillere östlich Toco waren die oberen Ebenen anscheinend völlig aus Jura-Schichten aufgebaut, die unteren nur aus Schwemmschutt.

Eine Anpassung an die Untergrundverhältnisse ist stellenweise bemerkbar, jedoch keineswegs beherrschend. In der Mittelkordillere östlich Toco erlitt z. B. das Normalbild der Flankentreppe eine deutliche Unterbrechung gerade dort, wo die Schichten verworfen waren (vgl. Fig. 25). In der Kordillere Domeyko lehnte

1) Über die Aguadas der Kordillere Domeyko und ihre Bedingtheit ist in dieser Arbeit mit Absicht nicht eingegangen worden, da es sich nicht eigentlich um Wüstenformen handelt.



 (jurassische?) Sandsteine, gut geschichtet, mit einer Konglomeratschicht an der Basis.
 Schwemmschutt.

a-a Niveau der Flankenebene. *b-b* Tallinie.

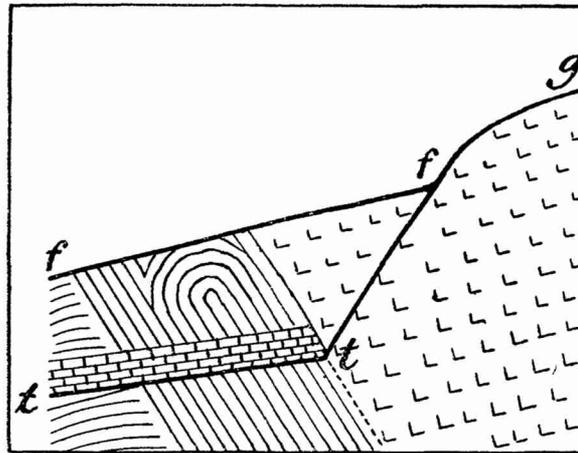
Fig. 25. Südhang eines großen rio seco in der Mittelkordillere östl. Toco. Halbschematisch.

sich der Aufschwung zur obersten Flankenebene deutlich an den Wechsel zwischen jurassischen Mergeln und Sandsteinen zu dem Porphyry und Granit des zentralen Massivs an. Als Beispiel sei die Gegend der Aguada Minero genannt und durch Fig. 26 wiedergegeben. An allen anderen Stellen entsprechender Lage waren die Verhältnisse grundsätzlich dieselben.

In den durch die Zeichnung wiedergegebenen Fällen ist die Anlehnung an das Gestein heute nicht mehr ganz vorhanden. Die Ebene hat sich immerhin schon ca. 100 m in den überschobenen Granit hineingearbeitet.

In der Regel ist die Anpassung an die Gesteinsverhältnisse fast gar nicht vorhanden. Insbesondere wird die starke Faltung, die die Juraschichten etwas westlich der durch Fig. 26 wiedergegebenen Stelle zeigen, durch eine der Flankenebenen glatt abgeschnitten.

Die einzelnen Ebenen sind recht deutlich durch Stufen voneinander getrennt. Gelegentlich gehen sie auch in einander über, wie es W. Penck für die Piedmonttreppe der Nordabdachung des Fichtelgebirges (Morphologische Analyse a. a. O.) anschaulich geschildert hat. Insbesondere die über der rezenten Schuttfläche liegende Ebene geht an vielen Stellen allmählich in die Schuttfläche über. Im Landschaftsbild ist gegenüber den einfachen Bergfüßebenen nicht der geringste Unterschied zu erkennen. Auflösung einer Ebene in Zeugenberge am Rande zur nächst tieferen Ebene habe ich nicht gesehen. Wie es W. Penck für das Fichtelgebirge schildert, sind auch an der Westflanke der Kordillere Domeyko die



-  Porphyr und Granit in verschiedenster
Ausbildung.
 Stark gestörte Juraschichten.
 Jugendlicher Flußschutt, längs des Tales
den Juraschichten angelagert.

f-f Niveau der (zweitobersten) Flankenebene.

f-g Aufschwung zur obersten Flankenebene.

t-t Tallinie eines Trockentales.

t-f Rückwand des Trockentales (Talschluß) ca. 80—100 m hoch.

Fig. 26. Geologisches Profil bei Aguada Minero in der Kordillere Domeyko.
Rechts Osten; links Westen.

die obersten Ebenen trennenden Stufen am höchsten; nach unten zu werden die Stufen niedriger. Gleichzeitig sind die obersten Flankenebenen flächenhaft kleiner.

Die Flankenebenen sind in ganz ähnlicher Weise erosiv zerschnitten, wie wir es oben für Teile der Bergfüßebenen beschrieben haben. Die kuppige Zerschneidung wiegt vor, doch fehlt auch die Parallelzerschneidung nicht. Bei letzterer ist der Verlauf der Täler fast noch geradliniger als in Fig. 21 a dargestellt. In der Kordillere Domeyko waren die beiden obersten Flankenebenen parallel zerschnitten, während die unteren Ebenen kuppige Auflösung zeigten. Auch die dicht unter dem Kamm der Kordillere ansetzende, nach Osten abfallende und daher eigentlich nicht mehr zu unserem Gebiet gehörende, aus zwei Stufen bestehende Flankentreppe war parallel zerschnitten. Es erscheint mir denkbar, daß die unteren Ebenen der Treppe dort auch bestanden haben, jedoch nachträglich durch die jungen Lavaergüsse, die die große Puna-

Ebene dort geschaffen haben, verdeckt worden sind. In der Mittelkordillere östl. Toco lag über einer parallel zerschnittenen, ziemlich hohen Flankenebene (Abb. 14) noch ein kuppig zerschnittenes Gebiet, das auch eine Flankenebene darstellen dürfte.

Die Tatsache, daß gerade die höchstgelegenen und wahrscheinlich ältesten Flankenebenen in der Kordillere Domeyko und eine ebenfalls hoch gelegene Flankenebene in der Mittelkordillere östlich Toco ausgesprochen parallel zerschnitten sind, ist es, die die oben (S. 76) angedeutete Erklärungsmöglichkeit der Parallelzerschneidung aus einem geringeren Alter kaum zuläßt.

Die kuppig zerschnittenen Ebenen einer Flankentreppe unterscheiden sich in ihren Kleinformen ebenso wenig von dem Formenschatz der Berg- und Hügelgebiete wie die kuppig zerschnittenen Bergfußebenen.

Ortsfremder Schutt auf den Riedeln der Flankenebenen trat zurück, fehlte jedoch bemerkenswerterweise nicht völlig. So lagen auf den aus Jura-Schichten aufgebauten Riedeln der Kordillere Domeyko gelegentlich Gesteinsstücke aus Granit, die m. E. nur von dem zentralen Berggebiet stammen können. Da der Schutt bei den heutigen orographischen Verhältnissen dort nicht hingelangt sein kann, so haben wir damit den Beweis, daß die betreffende Flankenebene vor der Zerschneidung schon als Bergfußebene bestanden haben muß.

Die Zahl der Flankenebenen ist nicht an allen Stellen eines Systems die gleiche. Zwar begleiten die hauptsächlichsten Ebenen durchlaufend die gesamte Flanke des Bergzuges, doch schieben sich dazwischen noch eine große Zahl untergeordneter Ebenen¹⁾. Insbesondere große Talweitungen am Westrande der Kordillere Domeyko weisen noch niedriger gelegene Flankenebenen auf, die nach Westen jedoch in die von oben kommende, allmählich absteigende Flankenebene übergehen, die den Rand der Talweitung begrenzte. Auch eine offenbare ehemalige, hochgelegene Mulde war durch zentripetale Zerschneidung in eine Art Flankenebene aufgelöst.

Die Vielheit der Ebenen verschiedener Höhenlage war überaus verwirrend, und ich gestehe, daß sie dazu beigetragen hat, von der Verfolgung dieses ganzen Problems in der zur Verfügung stehenden beschränkten Zeit abzusehen. Eine wirkliche Erfassung der Verhältnisse ist dort, wenn man objektiv bleiben will, nur parallel mit einer genauen Kartierung möglich; doch glaube ich, daß eine solche die aufgewendete Zeit und Mühe lohnen würde.

1) In Fig. 23 (o. S. 88) habe ich nur die m. E. wichtigsten Stufen dargestellt.

Erschwert wurde die Übersicht noch durch die Kompliziertheit der wirklich durchlaufenden größeren Trockentäler. Besonders für den unteren Teil des Systems gilt das. Man kam aus einem Trockental auf eine Ebene, hatte jedoch keinerlei Übersicht, in welchem Verhältnis diese Ebene zu einer vielleicht wenige Minuten vorher verlassenen stand. Nur im oberen Teil des Systems der Kordillere Domeyko war die Entwässerung sehr einfach. Es ist möglich, daß das auch für die Mittelkordillere östlich Toco zutrifft; doch habe ich dort die Verhältnisse nicht so gut übersehen können.

Bezeichnend ist, daß die größeren Täler nicht, wie es W. Penck für die Nordabdachung des Fichtelgebirges beschreibt, auf die jeweils niedere Flankenebene eingestellt sind, sondern eigentlich völlig unabhängig von den Flankenebenen die ganze Flanke des Bergzuges in der Richtung des Gefälles, im unteren Teile gelegentlich auch parallel zum Streichen des Gebirgszuges — an einer Stelle wahrscheinlich bestimmt durch wenig widerstandsfähige Gipsletten — durchreißen. Die Flankenebenen der chilenischen Wüste greifen nicht, wie es W. Penck für die Piedmonttreppe des Schwarzwaldes beschreibt¹⁾, als Talböden in das höherliegende Gebirge ein. Eine Anpassung des Tallängsprofils an das Gestein ist in der Kordillere Domeyko zu bemerken, nicht aber an die Lage der Flankenebenen. Auch die kleineren, die Flankenebenen im Einzelnen zerschneidenden Tälchen sind nicht etwa auf die jeweils niedere Flankenebene eingestellt. Wenn man in einem solchen Tale aufwärtssteigt und nicht infolge des noch bestehenden Zusammenhanges der Flankenebene immer wieder auf das Niveau der Flankenebene hinaufgerät, so merkt man nicht, ob man von einer Flankenebene auf die andere gelangt ist.

Der im Fichtelgebirge vorhandene deutliche „zonenweise Wechsel der Erscheinungen aufsteigender (Konvexität) und absteigender Entwicklung (Konkavität)“²⁾ ist bei den Flankentritten östlich Toco und in der Kordillere Domeyko nicht ausgebildet. Nur an einer Stelle habe ich einen solchen Wechsel der Hangprofile gesehen, in der Kordillere Domeyko beim Übergang von der zweitobersten Flankenebene zur obersten. Bis zur zweitobersten Flankenebene sind die Hangprofile konvex; die flach eingesenkten Täler der obersten Ebene haben vorwiegend konkaves Hangprofil. Die konkaven Hänge im obersten Teile halte ich für eine Auswirkung der

1) W. Penck, Die Piedmontflächen des südlichen Schwarzwaldes, a. a. O. S. 92 f.

2) W. Penck, Morphologische Analyse, a. a. O. S. 169.

klimatischen Verhältnisse, insofern als dort bereits hochgebirgs-hafte Verwitterung herrscht, sodaß die Schuttproduktion von den Hängen her stärker ist als der Abtransport. An sich muß das so erzwungene konkave Hangprofil durch Rückverlegung der weiter unten befindlichen konvexen Formsysteme zwar allmählich zerstört werden, doch geht das sehr langsam vor sich, da in der oben wiedergegebenen Granit-Porphyr-Stufe die Erosion nur sehr langsam zurückschneiden kann. Auf tektonische Vorgänge möchte ich auf jeden Fall aus diesem vereinzelt Wechsel der Hangprofile nicht schließen.

Man könnte ja nun schließen, daß die Flankentreppen der chilenischen Wüste ein besonders weit vorgeschrittenes Stadium der Piedmonttreppen des Fichtelgebirges darstellen, insofern als sich im Laufe der Zeit das konvexe Hangprofil für eine gewisse Zeit auch im Fichtelgebirge wohl einmal durchsetzen müßte. Das würde jedoch, besonders in Anbetracht der Langsamkeit aller formenschaffenden Vorgänge in der Wüste, ein so hohes Alter im Verhältnis zu den Piedmonttreppen des Fichtelgebirges voraussetzen, wie es sicher nicht besteht.

Die Flankentreppe östlich Pica (Westabfall der Altos de Pica) hat ein etwas anderes Aussehen als die beiden bisher beschriebenen. Nur die oberen Ebenen der Treppe sind erosiv zerschnitten; die unteren Ebenen, insbesondere die, auf der Pica liegt, ist bis auf einige größere Täler völlig unzerschnitten. Es ist im Ganzen eine schwach geneigte und in Stufen zerlegte Lavadecke, die sich ziemlich jungem Schwemmschutt aufgelagert hat. Brüggen, der gerade dieses Gebiet sehr genau untersucht hat, datiert die Hebung, die das heutige Gefälle des Gesamtsystems herbeigeführt hat, in das spätere Tertiär. Er hat das Gesamtsystem bereits 1918 als den Typus einer Piedmontfläche bezeichnet¹⁾. Die einzelnen Stufen hat er jedoch, da seine Fragestellung anders gerichtet war, anscheinend nicht untersucht. Es ist vielleicht fraglich, ob man dieses Treppensystem der Entstehung nach als gleichartig neben die beiden bisher genannten Treppensysteme setzen darf.

Das Gleiche gilt für die Flankentreppe der Hochkordillere östlich Arica. Wir haben dieses Gebiet bereits unter der Bezeichnung Ebene in unsere Betrachtungen eingeführt (S. 8), doch kann man die Ebene, wenn man will, vielleicht als Treppe bezeichnen. Sie ist nämlich, obwohl überall gleichsinniges Gefälle besitzend, in einige weitgespannte Wellen gelegt, sodaß 3—4

1) J. Brüggen, Sobre el Agua Subterranea de la Region de Pica, a. a. O. S. 19.

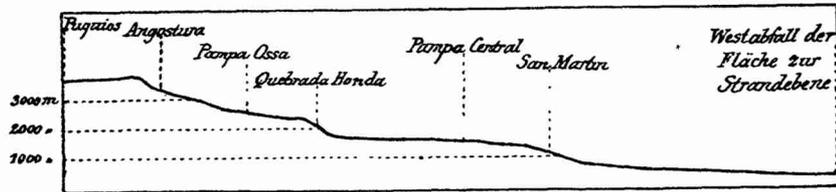


Fig. 27.

Schnitt von Puquios bis zum Westrand der Fläche nördl. Arica.
Längemaßstab 1:500 000; Höhenmaßstab 1:200 000.

Flankenebenen entstehen. Die Wellen passen sich nicht der Lagerung der Schichten an. Die einzelnen Ebenen sind abgesehen von den allerobersten Gebieten zum großen Teil völlig unzerschnitten, stellenweise allerdings auch recht stark zerschnitten. Nur die unterste Ebene ist überall auffallend unzerschnitten. An den Stufen wird die Verbindung von einer höheren zu der niederen Ebene stets durch ein System ziemlich engständiger und kurzer Trockentäler hergestellt¹⁾. Hier könnte man vielleicht von einem zonenweisen Wechsel auf- und absteigender Entwicklung sprechen, wenn man die unzerschnittenen Ebenen als Merkmal absteigender und die tief eingekerbten Trockentäler als Merkmale aufsteigender Entwicklung auffassen will. Allerdings darf man m. E. daraus keine weitreichenden Schlüsse ziehen. Ich selbst habe das Vorhandensein der Trockentäler in der Nähe der steileren Stellen des Systems nur als ein Anzeichen dafür aufgefaßt, daß selbst in diesem ariden Klima die Entwässerung das Bestreben hat, Unregelmäßigkeiten des Gefälles zu durchnagen und ein knickloses Gesamtgefälle herzustellen. Auf den ebenen Gebieten der Flankentreppe nordöstlich Arica fehlt ortsfremder Schutt ebensowenig wie in der Kordillere Domeyko.

Eine Entstehung der Flankentreppe als Folge mehrfachen Klimawechsels ist nicht wahrscheinlich, da die Treppen sonst universeller verbreitet sein müßten. Insbesondere sind sie kaum mit Pluvialzeiten in Beziehung zu setzen. Einmal würde damit eine so großartige Ausbildung der Pluvialzeiten bewiesen sein, wie wir sie sonst in keinem Teil der chilenischen Wüste außerhalb des eigentlichen Kordilleregebietes finden. Zum anderen sind in der Kordillere Domeyko tief in das Treppensystem diluviale Schotterablagerungen eingelagert, die wesentlich jünger sein müssen als das Treppensystem. Die Piedmonttreppen sind demnach merklich älter als die Diluvialzeit.

1) Beachte auch auf Fig. 27 die Namen an den betreffenden Stellen.

Die Tatsache, daß die Treppen sich gerade längs der Kordillerestränge finden, läßt am ehesten eine tektonische Ursache wahrscheinlich erscheinen.

Wenn wir auch eine bestimmte Deutung der Flankentreppen aus dem vorhandenen Material noch nicht geben können, so gestatten uns die Beobachtungen in der Kordillere Domeyko doch, über die Entstehung der dortigen Flankentreppe Vermutungen anzustellen.

Denken wir uns in der Kordillere Domeyko einmal den Treppencharakter fort, so haben wir eine Pampa vor uns, wie wir sie oben beschrieben haben. Der in die Hohlformen der alten Oberfläche eingelagerte Schwemmschutt, das Abschneiden von inselhaften Hügeln, das wir in statu nascendi auch auf den rezenten Pampas sehen, der allerdings reliktenhafte Schutt des zentralen Massivs auf den Riedelflächen, alles das paßt ausgezeichnet zum Bilde einer Bergfußebene. Die Frage ist nun die, wie aus einer solchen Pampa eine Flankentreppe mit einem zentralen Bergmassiv entstanden ist. Es ist dafür belanglos, ob wir die ursprüngliche Ebene als Primärumpf im Sinne W. Pencks oder aber als Endumpf insofern auffassen, als zu einer Pampa von der geschilderten Beschaffenheit ja schließlich stets ein Berggebiet gehört haben muß. Es ist gleichgültig, ob wir das jetzt vorhandene zentrale Massiv als das Gebiet auffassen, in dem sich die Hebung zuerst und am stärksten bemerkbar machte, oder als den Rest eines einst vorhandenen wesentlich größeren und bei Bildung der ursprünglichen Flankenebene übrig gebliebenen Berggebietes. Das Entscheidende ist, daß in einem Augenblick der durch Fig. 28 a wiedergegebene Zustand vorhanden gewesen ist.

Von diesem Zustand aus kann man sich die Entwicklung dann so vorstellen, daß vom Zentrum aus eine Hebung mit rythmisch wachsender Phase einsetzte, die einen Teil der Bergfußebene nach dem anderen in ihren Bereich zog und damit Zerschneidung der einzelnen in den Bereich aufsteigender Entwicklung gezogenen Teile der Bergfußebene und Treppenbildung bewirkte. Eine rythmische Aufwölbung mit gleichbleibender Phase kann denselben Effekt hervorgerufen haben ¹⁾.

Wie man sich die Vorgänge im einzelnen vorstellen kann, habe ich durch die Figuren 28 b, c, d dargestellt ²⁾. Die Entstehung von

1) Die Ableitung W. Pencks (a. a. O.), daß eine derartige Treppe durch einen stetigen (besser kontinuierlichen) Vorgang entstehen kann, enthält einen gedanklichen Fehler und ist daher irrtümlich.

2) Die Figuren ähneln weitgehend den von W. Penck in seiner Arbeit über den Schwarzwald (a. a. O.) ganz allgemein für die Entstehung von Piedmontflächen gegebenen; doch weicht die von mir gegebene Deutung, wie erkennbar, in einigen Zügen ab. Abhandlungen d. Ges. d. Wiss. zu Göttingen. Math.-Phys. Kl. N. F. Bd. 12, 1. 7

Stufen ist dabei auf das Zurückschneiden einer Ebene in das begrenzende Berg- und Hügellgebiet bzw. in die durch Hebung stärker geneigten Teile der Ebene während der Zwischenzeiten tektonischer Ruhe zurückzuführen. Wir hatten oben (S. 78 ff.) die Bildung

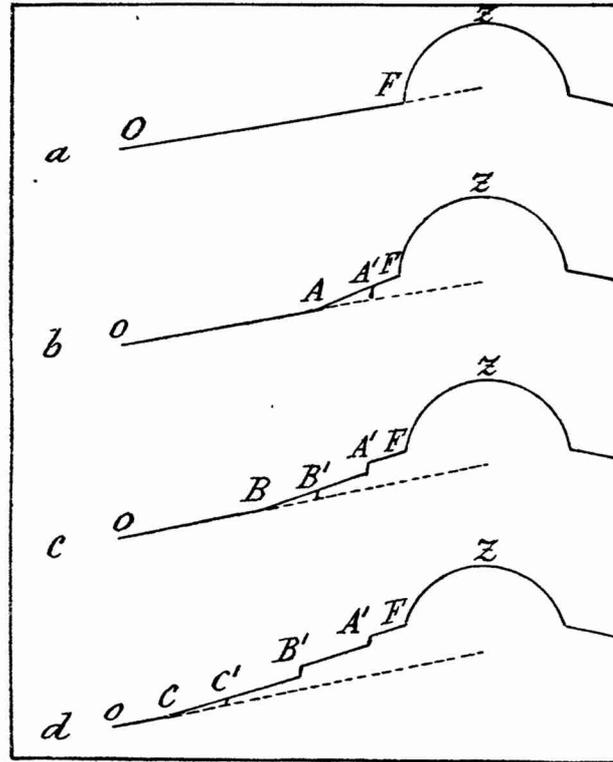


Fig. 28. Entstehung einer Flankentreppe.

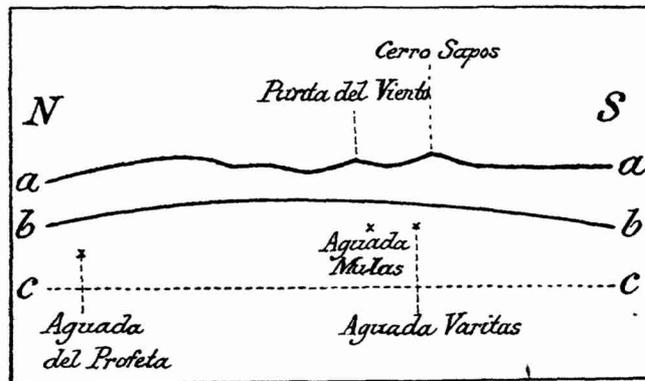
— Oberfläche. - - - - - Tallinie der Haupttäler.

- a* Anfangszustand.
b Die Hebung hat das Gebiet ZA ergriffen; die Täler schneiden sich ein. Die Fläche AF wird erosiv zerschnitten. Bei nachlassender Hebung schneidet sich die Ebene OA bis A' zurück; dort ist nunmehr eine Stufe.
c Ein neuer Hebungsimpuls ergreift das Gebiet bis B; die vorher bei A' auf die Ebene A'O ausmündenden Täler schneiden sich bis B ein. Die Fläche A'B wird erosiv zerschnitten; die erosive Zerschneidung der Fläche A'F geht weiter. Bei nachlassender Hebung schneidet sich die Ebene OB bis B' zurück; dort ist nunmehr eine Stufe.
d Zustand bei einem weiteren Hebungsimpuls.

Es ist nicht nötig, daß die Erosionsintensität der Täler den einzelnen Hebungsphasen völlig zu folgen vermag, sondern es können auch Gefällsbrüche entstehen. Die Auswirkung auf die Formen der Fläche wird dadurch nicht grundsätzlich verändert.

einer Stufe oberhalb einer Bergfußebene beschrieben; hier ist der Vorgang, allerdings wohl tektonisch bedingt, derselbe, nur daß er sich mehrere Male wiederholt.

Bei der Flankentreppe der Kordillere Domeyko kommt noch ein bisher von mir nicht erwähnter interessanter Zug hinzu, der eine verschiedene Deutung zuläßt. Die einzelnen Flankenebenen verlaufen nämlich in nordsüdlicher Richtung, also parallel zur Längserstreckung der Kordillere Domeyko, nicht horizontal, sondern zeigen in der Gegend der Punta del Viento eine deutliche Aufwölbung (vgl. Fig. 29¹⁾). Es ist vorläufig nicht zu entscheiden, ob



a—a Kammlinie: schematisch.

b—b Oberer Rand der obersten Flankenebene.

c—c Horizontale (in Höhe des Fußes der Kordillere Domeyko).

Fig. 29. Längsprofil der Kordillere Domeyko. Skizze. Längenmaßstab ungefähr 1:500 000, Höhenmaßstab 1:100 000.

diese Aufwölbung als eine nachträgliche Verbiegung des Treppensystems erklärt werden muß, oder aber ob sich in der Aufwölbung noch die ursprüngliche Form der Flankenebene spiegelt. Letztere Auffassung würde eine Parallele in der Tatsache besitzen, daß auch die Grenze der heutigen Bergfußebenen gegen die umrahmenden Berggebiete nicht immer horizontal verläuft, sondern (vgl. Fig. 10 o. S. 17) entsprechend ihrer Zusammensetzung aus einer Anzahl von Schuttfächern eine Art Wellenlinie bildet. Andererseits müßte man bei letzterer Erklärung der Aufwölbung des Treppensystems erwarten, daß die Zertalung der einzelnen Flankenebenen, insbesondere der obersten parallel zerschnittenen, in merklicher Weise

1) Die aus größerer Entfernung gezeichnete und daher nicht etwa aus Gründen falscher Perspektive fehlerhafte Skizze wird bezüglich der Höhenlage der obersten Flankenebene bestätigt durch verschiedene barometrische Messungen an den verschiedensten Punkten der betreffenden Fläche.

strahlenförmig auseinander läuft. Das ist nicht der Fall, so daß ich die nachträgliche Verbiegung für wahrscheinlicher halte. — Die Tatsache, daß der Scheitel der Aufwölbung sich ziemlich genau gerade dort befindet, wo auch die Kordillere Domeyko kulminiert, gestattet keine Schlüsse, da dieser Zusammenhang bei beiden Entstehungsmöglichkeiten vorhanden sein müßte.

Wenn wir die oben vorgetragene Deutung der Flankentreppe der Kordillere Domeyko für richtig halten, so haben wir damit gleichzeitig folgende Datierung der Formen. Die postjurassische Hauptauffaltung des Kordillerensystems dürfen wir mit Brüggens in das Ende der Kreide oder den Beginn des Tertiärs setzen¹⁾. Gleichzeitig erfolgte die Intrusion der plutonischen Gesteine, die wir heute in der Gipfelregion der Kordillere Domeyko finden (Brüggens a. a. O.). Auf der Wende von der Kreide zum Tertiär bildete sich somit das Berg- und Hügelgelände, dessen Reste wir im Aufbau der Flankenebenen finden. Parallel mit der Auffaltung und auch noch in die spätere Zeit hinein ging die Bildung der ursprünglichen, nicht gestuften Bergfußebene. Für die in der Region von Pica dann folgenden Liparitergüsse habe ich in der Kordillere Domeyko keine Parallele finden können. Nur soviel ist sicher, daß die Bildung der Flankentreppe am Ende des Tertiärs abgeschlossen war, da sich der diluviale Formenschatz (s. o. S. 96) tief in die Täler der Flankentreppe einlagert. Die Hebung der Kordillere, die von Brüggens für die heutigen Reliefverhältnisse verantwortlich gemacht wird, ist von ihm in das Spät-Tertiär datiert. Ausdrücklich bezeichnet Brüggens diesen entscheidenden tektonischen Vorgang nicht als Faltung, sondern nur als Hebung. Das entspricht durchaus den Verhältnissen in der Kordillere Domeyko, und ich glaube daher, daß wir die Datierung Brüggens für die Region von Pica unbedenklich für die Kordillere Domeyko übernehmen können.

Die Bildung der ursprünglichen Flankenebene dürfte somit das Mitteltertiär über gedauert haben, eine Frist, die für die enorme zu bewältigende Abtragungsarbeit als nicht zu lang bezeichnet werden darf. Im Spätertertiär bildete sich die Flankentreppe, die durch die diluvialen Vorgänge kaum in ihrem Formenschatz geändert wurde, wie es bei der geringen Klimaänderung, die wir aus anderen Gründen für die chilenische Wüste annehmen dürfen, nicht weiter erstaunlich ist. Die Zerschneidung der Flankentreppe, die mit der Bildung derselben begann, dauert natürlich noch heute an.

1) Vgl. Brüggens, Informe, Sobre el Agua Subterránea de la Rejon de Pica (vgl. oben S. 49 Anm. 1), S. 6 f., wo Brüggens einen derartigen Nachweis für die Region von Pica geführt hat.

Mit dieser Datierung können wir dann auch die S. 45 gegebenen Hinweise auf die Dauer wüstenhaften Klimas auch für die Kordillere Domeyko bestätigen, wenn wir die zeitlich wahrscheinlich geringfügige Unterbrechung während des Diluviums in diesem Gebiete ausschließen.

Die Parallelisierung der eben skizzierten Formen und Vorgänge mit den möglicherweise zum Teil von Trachyt-Decken verhüllten Flankentreppen am Osthange der Kordillere soll hier nicht versucht werden, da es mir nicht auf eine Erklärung der Hebungsvorgänge der Kordillere Domeyko, sondern auf die Erklärung der in der Wüste beobachteten Formen, und dazu gehört die Flankentreppe, ankommt.

D. Die inselhaften Berge und Hügelgruppen.

Die aus den Pampas aufragenden inselhaften Berge und Hügelgruppen unterscheiden sich bezüglich der Beschaffenheit ihrer Oberfläche nicht grundsätzlich von den sonstigen Hügelgebieten. Es ist klar, daß sie wegen Mangels an Einzugsgebiet und wegen der verminderten Kondensationsmöglichkeiten infolge isolierter Lage keine größeren Täler aufweisen. Soweit sich solche finden, sind sie heute kaum mehr benutzt und dürften aus einer Zeit ihre Form bewahrt haben, als das Bergmassiv noch mächtiger war (vgl. oben S. 59 und S. 78). Auch die Zerrunsung der Hänge ist nicht so stark wie in den ausgedehnten Berggebieten, wenn auch immer noch vorhanden. Im ganzen sind die inselhaften Berge meist flacher und zeigen Formen, die man gegenüber denen der ausgedehnten Berggebiete als gealtert bezeichnen könnte. Das äußert sich auch im Schutt der Oberfläche, der fast ausnahmslos gröber ist als der der anderen Hügelgebiete. Die Staubhaut fehlt auf den Einzelhügeln meist. An ihre Stelle tritt der Steinchenpanzer oder aber, keineswegs selten, die Hamada. Die einzelnen Steine zeigen Wüstenlack, Mattierung und Ausblasung wesentlich stärker als selbst der Schutt der Pampas.

Wodurch dies „gealterte“ Aussehen, wenn man es überhaupt so nennen darf, bedingt ist, vermag ich nicht zu sagen. Man hat zwar den Eindruck, daß die inselhaften Berge dicht vor dem Erreichen eines ziemlich weitgehenden Ruhezustandes stehen; doch ist nicht einzusehen, warum deshalb die Staubhaut durch den Steinchenpanzer ersetzt sein sollte, wo doch der Steinchenpanzer gerade eine Folge selektiver Abtragung ist und bei Ruhe sich gerade der Staub ungehindert entwickeln können sollte. Vielleicht ist die Ruhe der Einzelberge doch nur scheinbar, insofern nämlich, als zwar die Flächenabspülung nicht mehr so stark ist, dafür aber

der Wind dort doch einige Wirkung entfalten kann. Die Wirkung des Windes braucht nicht einmal größer zu sein als in den größeren Berggebieten; sie tritt nur stärker in Erscheinung, eben weil die Wirkung des fließenden Wassers so sehr stark zurücktritt. Aber, wie gesagt, klar sind mir die Verhältnisse nicht ganz.

Recht interessant ist bezüglich der inselhaften Berge und Hügelgruppen die Frage, in welchem Verhältnis sie zu den umgebenden Pampas stehen. Wie weit sind die Berge durch die oben beschriebene Zurückschneidung der Ebenen aus dem Anstehenden herausgearbeitet, und wie weit sind sie einfach durch allmähliche Aufschüttung der Pampa um ein Bergmassiv herum entstanden, so daß sie im Schutt der Pampas ertrunkene Gebirge wären, von denen nur die höchsten Spitzen heraussehen?

Es wäre denkbar, daß die Form, in der sich der Hang der inselhaften Berge mit der Pampa verschneidet, einen Wegweiser zur Beantwortung dieser Frage bildet. Leider ist das doch nicht so ganz der Fall¹⁾.

Wir finden in der Natur grundsätzlich drei verschiedene Möglichkeiten, die in Fig. 30 schematisch wiedergegeben sind.

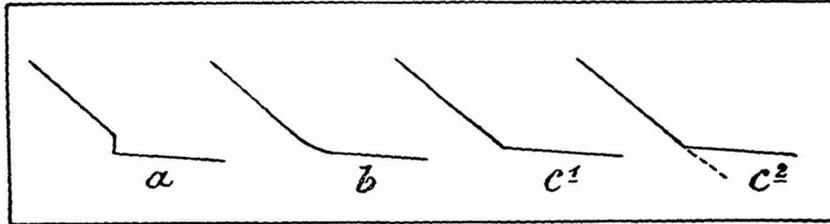


Fig. 30.

Verschneidung von (inselhaften) Bergen mit der angrenzenden Pampa.

Theoretisch würde das Profil a zweifellos anzeigen, daß die die inselhaften Berge umgebende Pampa sich in relativer Abtragung befindet. Das Profil b könnte bedeuten, daß die Abtragung von dem Berge her das Übergewicht hat; es entsteht aber auch bei Unterschneidung des Berges durch die Pampa, wie aus den Darlegungen o. S. 82 erkennbar sein dürfte. Auch das Profil c besitzt

1) Ich habe, ohne die diesbezüglichen Ausführungen W. Pencks zu kennen, in der chilenischen Wüste so weit wie möglich auf diese Zusammenhänge geachtet und insbesondere die weiterhin dargelegten Erklärungsmöglichkeiten durchdacht. Die Übereinstimmung der Natur mit der Deduktion war jedoch nicht erheblich; ich selbst würde auf jeden Fall nach meinen Erfahrungen in der chilenischen Wüste nicht den Mut haben, aus der Beschaffenheit des Knicks zwischen Pampa und Berg irgend welche verbürgten Schlüsse auf das Verhältnis von Pampa zu Berg zu ziehen.

zwei Erklärungsmöglichkeiten. Einmal kann es einem genauen Gleichgewicht zwischen Formung des Hanges und der Pampa entsprechen, also bedeuten, daß vom Hange gerade so viel Schutt kommt, wie die Kräfte der Pampa fortzuschaffen vermögen (c^1). In diesem Falle kann zusammen mit der unmittelbar am Berghange wirkenden Abtragung eine Unterschneidung des Berges stattfinden. Äußerlich dasselbe Profil kann aber auch entstehen, wenn die Aufschüttung der Pampa sehr stark ist im Verhältnis zur Schuttproduktion von den inselhaften Bergen her. Diese Tatsache soll durch Profil c^2 angedeutet werden.

Diese schon ohnehin nicht einfachen Verhältnisse werden noch dadurch kompliziert, daß keineswegs der letzte, für die Form bestimmende Vorgang derjenige sein muß, der für die Gesamtentwicklung des Systems maßgebend ist. Ein inselhaftes Bergmassiv kann sehr wohl stark im Schutte der umgebenden Pampa ertrinken, und doch kann das Profil b entstehen, wenn zufällig die Pampa als Ganzes besonders lange keine Avenidas erlebt hat, während von dem Berge her zuletzt eine Abtragung stattgefunden hat. Bei der großen Unregelmäßigkeit der Kräfte in der Wüste ist so etwas sicher möglich. Die Beobachtungen in der Natur haben mir leider keinen unmittelbaren Anhalt gegeben, wie wahrscheinlich diese Möglichkeit ist, und so dürfen wir sie keineswegs außer Acht lassen.

Besonders häufig finden wir das Profil b, also das Profil, das von W. Penck als konkav bezeichnet wird und das er allen Inselbergen ausnahmslos zuschreibt. Da W. Penck die von mir als inselhaft bezeichneten Berge sicher als Inselberge bezeichnen würde, so kann ich somit für die chilenische Wüste seine allgemeine Behauptung weitgehend bestätigen. Sehr selten ist das Profil a. Es ist eigentlich nur dort ausgesprochen erkennbar, wo ein Trockental der Pampa die Berghänge unmittelbar berührt (vgl. Fig. 31). Ob in diesem Falle tatsächlich eine Abtragung der Gesamtpampa im Verhältnis zum Berge stattfindet, läßt sich aus der Beschaffenheit des Knickes nicht feststellen. Auch die Profile c sind recht selten. Von Weitem hat man wohl öfter den Eindruck; beim Näherkommen erkennt man

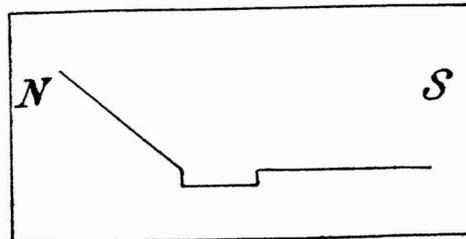


Fig. 31.
Schematisches Profil durch den Südhang der Berge nordöstlich Calama und die Ebene östl. Calama. In der Mitte das dort trockene San Salvador-Tal.

jedoch, daß in Wirklichkeit das Profil b vorliegt. Viel anfangen kann man mit dem Profil c ohnehin nicht, da es, ebenso wie das Profil b, zwei grundsätzlich verschiedene Erklärungsmöglichkeiten zuläßt.

Wir müssen, um das Verhältnis vom inselhaften Berg zur Pampa festzustellen, in jedem Einzelfalle eine besondere Untersuchung vornehmen. Auf den ersten Anblick hat man in den chilenischen Wüsten ganz zweifellos den Eindruck, daß die meisten Einzelberge nur aus dem Schutt aufragende Spitzen eines im Schutt ertrinkenden Bergmassivs sind. In einigen Fällen können wir die Richtigkeit dieses Eindrucks beweisen. So bietet z. B. die isolierte Hügelgruppe südsüdöstlich des Guanaco folgendes Bild:

Das Entwässerungssystem der Hügelgruppe ist völlig selbständig. Östlich der Hügelgruppe, also oberhalb derselben befand sich eine weite, von der Kordillere Domeyko kommende Pampa, die sich um den Berg herum nach unten zu fortsetzte und schließlich eins mit der von der Hügelgruppe kommenden Pampa wurde. Das Talsystem der oberen Pampa nun bog merklich oberhalb der Hügelgruppe nach beiden Seiten aus (vgl. Fig. 32), und das Gleiche tat der Schutt, wie man aus der Farbe erkennen konnte. Es entstanden gewissermaßen Fließlinien auf der Pampa, wie sie ein fließendes Gewässer bildet, das um ein Hindernis auf beiden Seiten herumfließen muß. Man sah deutlich, daß der Schutt der Pampa an der Hügelgruppe geradezu etwas hochbrandete. Die Hügelgruppe hatte ihr von der Pampa oberhalb unabhängiges Talsystem, dessen größere Täler ganz am Ostrand der Hügelgruppe als kleine Tälchen ihren Anfang nahmen. Das Niveau der dem Hügelgebiet angehörenden Täler war in scharfem Höhenunterschied niedriger als das Niveau der Pampa und ihrer Trockentäler. Nur geringer Aufschüttung der Pampa würde es bedürfen, um das Talsystem des Hügelgebietes zu überwältigen (vgl. Fig. 33). Hier ist offenbar die Hügelgruppe in Verschüttung begriffen. Wenn das Gegenteil, Herauspräparierung, der Fall wäre, müßte man erwarten, daß die Trockentäler der Pampa die Hügelgruppe kreuzten. Das ist nicht der Fall.

Ca. 10 km nördlich davon befand sich eine Hügelgruppe, die wiederum ganz deutlich erkennen ließ, daß die oberhalb befindliche Pampa, obwohl sie ebenfalls ein Teil der von der Kordillere Domeyko kommenden Schuttfläche ist, sich in deutlicher Abtragung befand. Dort ging nämlich das Entwässerungssystem der Pampa nicht um das Hügelmassiv herum, sondern durchschnitt in einzelnen Tälern das gesamte Hügelgebiet. Die Täler traten ziemlich eng in das Hügelmassiv ein und wurden nach unten zu in

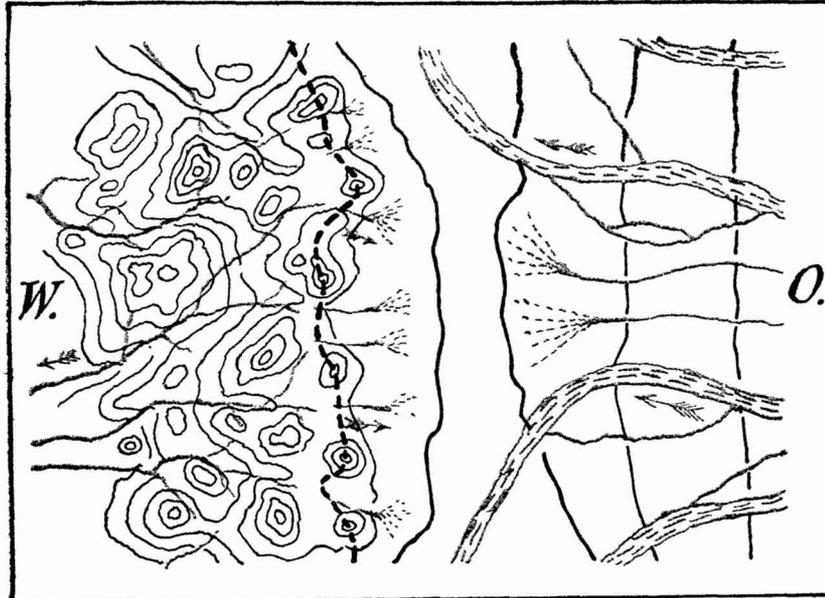
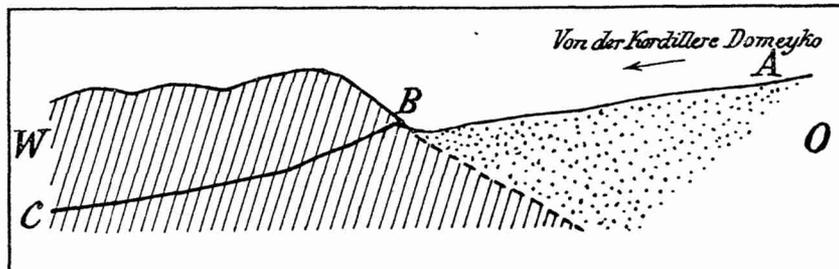


Fig. 32.
Schematische Skizze des Ostrandes der Hügelgruppe s. s. ö. Guanaco.
Maßstab ca. 1:10000.

— Formenlinien (nicht Höhenlinien).
- - - - - Wasserscheide der Hügelgruppe gegen die von Osten andrängende Pampa.
blau: Trockentäler.



Fig. 34. Hügelgruppe o. s. ö. Guanaco. Maßstab ca. 1:10000.
schwarz: Formenlinien (nicht Höhenlinien).
blau: Trockentäler.



////// Anstehender Porphyr.

..... Pampa- und Bergfuß-Schutt.

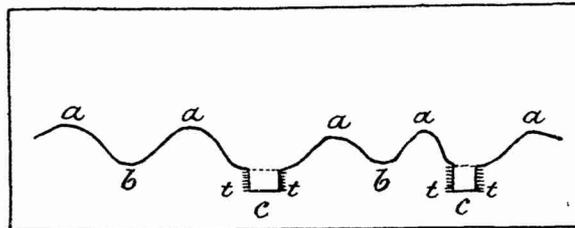
A B letzter Ausläufer der untersten Bergfußebene der Cordillere Domeyko. B C Tallinie innerhalb der Hügelgruppe.
 Höhe der Hügel über der Tallinie ca. 50 m. Gefallswinkel der Pampa etwas übertrieben.

Fig. 33. Profil durch den Ostteil der Hügelgruppe s. s. ö. Guanaco (vgl. Fig. 32).

der normalen Weise breiter (Fig. 34). Im abwärts gelegenen Teil der Hügelgruppe hätte man vielleicht glauben können, daß die betreffenden Täler ihren Ursprung in der Hügelgruppe selbst hätten. Allerdings fiel mir schon, bevor ich den Zusammenhang übersah, beim Eintritt von unten in die Hügelgruppe auf, daß gerade einige Täler so besonders breit waren. Diese Täler sind nun an der Eintrittsstelle in das Hügelgebiet recht kräftig in das Hügelgebiet eingeschnitten, so stark, daß das frühere, rekonstruierbare Talniveau bei dem heutigen Niveau der Pampa schlechthin unmöglich wäre (Fig. 35). Wenn heute die Täler nicht schon so tief in das Hügelgebiet eingesägt wären, so würden sie nie durch das Hügelgebiet hindurchfließen können. Ob hier eine Art von Antezedenz oder wahrscheinlicher von Epigenese vorliegt, vermag ich nicht zu sagen, auf jeden Fall ist die Pampa gegenüber dem Hügelgebiet in relativer Abtragung begriffen¹⁾. In dem Hügelgebiet selbst äußert sich diese Abtragung nicht unmittelbar; im Gegenteil, die eigentlich ortsfremden Täler zeichnen sich dadurch aus, daß längs ihres Verlaufes Stellen der Abtragung, also steile Einschnitte in den anstehenden Fels, mit solchen der Aufschüttung, weiten schutterfüllten Talungen, abwechseln. Es ist das ohne weiteres verständlich, wenn man beachtet, daß in einem Hügelgebiet des

1) Es ist das übrigens ein deutliches Beispiel dafür, wie auf ein und derselben Schuttfläche Aufschüttung und Abtragung ziemlich unmittelbar nebeneinander stattfinden können.

Kerngebietes die Abtragung zwar die Schuttbelieferung übersteigt, dort also alle Täler stets eingekerbt sind, daß jedoch in einer in Abtragung begriffenen Pampa gelegentlich die Aufschüttung überwiegen kann. Diese gelegentliche Aufschüttung hat sich in dem beschriebenen Falle in das Hügelgebiet fortgepflanzt und sich an einigen begünstigten Stellen in der Form breiter Schuttalungen ausgewirkt.



a Hügelkuppen.

b Einsattelungen, die nicht von Pampatälern benutzt werden.

c Durchbruchstellen von Pampatälern; die Täler sind (in der Zeichnung übertrieben) ca. 5 m in das durch die punktierte Linie wiedergegebene alte Relief eingesenkt.

t-t Talböden, zugleich Niveau der Pampaoberfläche.

▬ Pampa-Schwemmschutt eines früheren Pampaniveaus.

Fig. 35. Schematisches Nordsüd-Profil durch die östlichsten Hügel und Einschnitte der Hügelgruppe o. s. ö. Guanaco (vgl. Fig. 34).

In beiden geschilderten Hügelgruppen besaß die Verschneidung zwischen Hügelhängen und Pampafläche die Form b der Fig. 30. Nur einige der Hügel der in Verschüttung begriffenen Gruppe zeigten vielleicht eine Andeutung des Profils c².

Ein weiteres Beispiel für in Verschüttung begriffene inselhaftige Berge sind ziemlich sicher ein Teil der Joya-Hügel. Allerdings geht dort eine Unterschneidung der Hügel vielleicht Hand in Hand.

In Abtragung begriffen ist dagegen die Pampa gegenüber den Einzelbergen der Patencia-Wüste (Abb. 10), wie oben in anderem Zusammenhange erwähnt worden ist. Auch dort haben wir trotz der kräftigen Abtragung der Pampa ein konkaves Profil (b). Die Unterschneidung der Hänge ist trotzdem gerade dort aus der Beschaffenheit des Bergfuß-Schuttes besonders schön zu ersehen.

Eine sehr weitgehende Abtragung inselhafter Berge, allerdings recht kleiner, habe ich auf einem Schuttfächer in der Calama-Wüste gesehen. Dort ragten aus der Schuttfläche mehrere ganz flache, ungefähr $\frac{1}{2}$ m hohe und 10 m im Durchmesser messende, ziemlich kreisrunde Hügel auf. Die Oberfläche dieser flachen Kuppen wurde nicht, wie die Umgebung, aus Andesit- und Diorit-Schutt, dem etwas heller Jurakalk-Schutt beigemischt war, gebildet, sondern

fast oder völlig ausschließlich aus Jurakalk-Schutt. Offenbar handelte es sich hier um Durchragungen von Jurahügeln. Auch die den Schuttfächer im unteren Teile begrenzenden Hügel waren aus Jurakalk aufgebaut. Eine Herauspräparierung des Jurakalkes ist kaum möglich, einmal weil die Jurakalke keineswegs besonders widerstandsfähig sind, zum anderen weil man dann doch merklich viel von dem umgebenden Pampaschutt-Material auch auf den Hügeln finden müßte. Eine Verschüttung kann auch kaum vorliegen, da die Pampa als Ganzes in recht kräftiger Abtragung begriffen zu sein scheint, wie man an der Beschaffenheit der Ränder gegen die begrenzenden Hügel sehen kann. Es ist hier wohl das letzte Stadium der Abtragung einiger aus einer Pampa aufragender inselhafter Berge zu sehen. Wie weit die unmittelbare Abtragung der Hügel oder aber eine Unterscheidung durch die Pampa dafür verantwortlich sind, ist nicht zu sagen.

Weitere Beispiele dafür, daß keine Verschüttung vorliegt, könnten noch angeführt werden.

Im ganzen scheint, entgegen dem ursprünglichen Eindruck, daß die Verschüttung der Einzelberge sehr stark vorwiegt, auch die Herausarbeitung von Einzelbergen eine gewisse Rolle zu spielen. Allerdings wäre eine sichere Antwort wohl erst möglich, wenn durch Bohrungen die Untergrundverhältnisse besser geklärt sein würden. Sehr oft findet man, daß Verschüttung und Herausarbeitung an den entgegengesetzten Seiten desselben Berges arbeiten. Wird nämlich ein Berg durch eine von weither stammende Pampa verschüttet, so hält er den Schutt von dem pampa-abwärts gelegenen Teil des Hügels ab, und dort können sich nun, ungestört von der Aufschüttung der Pampa an der nach oben zu gelegenen Seite des Berges, die normalen Vorgänge der Abtragung entwickeln, wie wir sie an der Grenze von Hügeln und Pampas kennen gelernt haben. Auf die Dauer kann dieser Zustand allerdings nicht bestehen.

Auf diese Weise können ausgedehnte Hügelgebiete scheinbar im eigenen Schutt ersticken, obwohl sie als Ganzes Nährgebiete und somit Gebiete der Abtragung sind. Jede kleinere Hügelgruppe eines solchen Gebietes erstickt nämlich nicht im eigenen, sondern in dem von der Nachbargruppe kommenden Schutt. Auch dies ist kein Dauerzustand; bei fortschreitender Abtragung werden die zwischen den Hügelgruppen befindlichen, nicht selten stufenförmig übereinander liegenden Pampas wieder zerschnitten, wie ich es z. B. in der Küstenkordillere der Vergara-Wüste und südlich Baquedano (südlicher Teil der Puelma-Wüste) gesehen habe.

Umgekehrt kann auch der Fall eintreten, und er liegt bei einigen Einzelbergen der Patiencia-Wüste vor, daß die Pampa an sich in Abtragung begriffen ist, daß aber an die im Gefälle der Pampa oben liegende Seite des Berges nur die gelegentliche Aufschüttung der Pampa hingelangt, während die Abtragung dort schlecht arbeiten kann, da der abwärts liegende Berg den Abtransport des Materiales verhindert. Dieser Zustand kann allerdings ebenfalls kein Dauerzustand sein, auch wenn es nach der Form so scheinen könnte.

Den Fall, daß die Abtragung an der oberen Seite des Berges wirkt, während an der unteren Seite aufgeschüttet wird, habe ich, abgesehen von der unmittelbaren Verschüttung der Pampa durch von dem Berge kommenden Schutt, nicht gesehen.

E. Zusammenfassung.

Zusammenfassend können wir über den Formenschatz der Kernwüste sagen, daß die Formen fast nur durch das fließende Wasser bestimmt werden, obwohl Regen nur höchst selten fallen. Auf den Pampas haben wir Schwemmschutt, auf den Hügeln wiegt der Wüstenstaub vor, der durch einen Steinchenpanzer oder aber, häufiger, durch eine „Staubhaut“ geschützt ist vor dem Angriff des Windes. Lockerer Sand fehlt¹⁾. Weder Korrasion noch Deflation spielen eine merkliche Rolle. Die Wirkung der Schwerkraft ohne Mitwirkung anderer Kräfte ist sehr gering. In den jahrzehntelangen Pausen zwischen zwei Regengüssen liegen die wassergeschaffenen Formen wie „erstarrt“ da.

1) Auch auf das Zurücktreten von Sand in den ihm bekannten Teilen des chilenischen Wüstengebietes hat Philippi (a. a. O. S. 127) schon hingewiesen.