

Sitzungsberichte

der

mathematisch-naturwissenschaftlichen
Abteilung

der

Bayerischen Akademie der Wissenschaften

zu München

1928. Heft I

Januar- bis März-sitzung

München 1928

Verlag der Bayerischen Akademie der Wissenschaften
in Kommission des Verlags R. Oldenbourg München



Über edaphisch bedingte geologische Vorgänge und Erscheinungen.

Von **Erich Kaiser.**

Mit zwei Textfiguren und sechs Abbildungen auf drei Tafeln.

Vorgelegt in der Sitzung am 4. Februar 1928.

Mehr und mehr kommt man von den verschiedensten Seiten zu der Überzeugung, daß bei der Betrachtung der exogenen geologischen Vorgänge eine klimatologische Behandlung notwendig ist, um die Vorgänge und Erscheinungen deuten und für sedimentpetrogenetische Fragen verwerten zu können. Wenn ich mit anderen mehrfach für diese klimatologische Behandlung als Grundlage der Petrogenesis terrestrer Sedimente, daneben aber auch als Hilfsmittel zur Deutung mancher Erscheinungen mariner Sedimentation eingetreten bin, so war damit auch die Verpflichtung übernommen, immer wieder auf die Erscheinungen hinzuweisen, bei denen eine klimatologische Behandlung versagt oder leicht zu Trugschlüssen führt.

Die Betrachtung der Verwitterung von geologischer Seite und die Entwicklung der Bodenkunde haben zuerst Hinweise dahin gegeben, daß innerhalb einer bestimmten Klimazone sich Erscheinungen einstellen, welche mit dem Klima des Gebietes nicht übereinstimmen. Die neuere Bodenkunde sucht alle bodenbildenden Fragen vom Standpunkte der klimatischen Bodenzonen aus zu lösen und entwirft über immer größere Räume Bodenzonenkarten kleineren und größeren Maßstabes. Daneben aber sieht man auch in den bodenkundlichen Darstellungen das Bestreben, die von dem Klima des Gebiets abweichenden Erscheinungen her-

auszuschälen. H. Stremme¹⁾ hat bei seiner Gliederung der Böden nach der Horizontbildung manches hierher gehörige unter seine AC Böden eingeordnet. Früher hatte schon Glinka²⁾ endodynamomorphe Bodenarten abgetrennt, bei denen eine Wirkung von dem unterlagernden Gestein erkennbar ist. R. Lang³⁾ spricht direkt von örtlichem oder edaphischem Wasser, von der Ortsbeeinflussung der Bodenbildung, von „hypoklimatischen, edaphischen Böden.“

Von etwas anderem Gesichtspunkte war von geographischer Seite an diese Fragen herangetreten worden, als A. Penck⁴⁾ von pseudoariden Gebieten sprach, während S. Passarge⁵⁾ in seinem für diese Fragen sehr wichtigen neueren Werke Fremdlingsformen und Fremdlingskräfte, Jetztzeit- und Vorzeitformen usw. voneinander unterschied. H. Harrassowitz⁶⁾ hat sich sodann eingehender mit diesen Fragen von geologischem Gesichtspunkte aus beschäftigt. Er spricht von einer „Diaspora arider, humider und nivaler Vorgänge in fremden Gebieten“ oder einer „pseudoklimatischen Diaspora.“ Er faßt dabei unter diesen Begriff alle die dem Klima des Gebietes fremdartigen Erscheinungen und Vorgänge zusammen, ohne diese noch nach ihrer Genesis voneinander zu trennen. Ich habe schon einmal kurz darauf hingewiesen, daß ich diesen Ausdruck der pseudoklimatischen Diaspora nicht übernehmen könne⁷⁾. Ich wies in jener geologischen Zwecken dienen-

1) H. Stremme, Grundzüge der praktischen Bodenkunde. Berlin 1926. — Über einige Systeme der natürlichen Bodeneinteilung nebst einem Vorschlage einer für Feldpedologen verwendbaren, Actes de la IV. Conférence internationale de Pedologie, Rom 1924. Vol. III, 326—342, Rom 1926.

2) K. Glinka, Die Typen der Bodenbildung, ihre Klassifikation und geographische Verbreitung. Berlin 1914.

3) R. Lang, Forstliche Standortslehre (Forstliche Geologie). Lorey's Handbuch der Forstwissenschaft, 4. Aufl., herausgegeben von H. Weber. Tübingen 1926, I, 213—475.

4) A. Penck, Versuch einer Klimaklassifikation auf physiogeographischer Grundlage. Sitz.-Ber. d. Pr. Akad. d. Wiss., phys.-math. Kl. Berlin 1910, 236—246.

5) S. Passarge, Grundlagen der Landschaftskunde, Bd. III. Die Oberflächengestaltung der Erde. Hamburg 1920, S. 100 u. f.

6) H. Harrassowitz, Klima und Verwitterungsfragen. Neues Jahrb. f. Min. usw., 1923, Beil. Bd. 47, 495—515.

7) E. Kaiser, Was ist eine Wüste? Mitt. d. geographischen Gesellschaft in München 1923, 16, Heft 3, S. 1—20.

den, aber mehrfach falsch aufgefaßten Studie über die Wüstenbildungen¹⁾ bereits darauf hin, daß eine große Reihe der Vorgänge und Erscheinungen, die wir in einem bestimmten Klimagebiete beobachten können, sich abhängig von dem Untergrunde erweise. Ich betonte schon damals, daß ein großer Teil dieser sonst als aklimatisch, pseudoklimatisch oder als pseudoklimatische Diaspora bezeichneten Vorgänge und Erscheinungen edaphisch bedingt sei, indem ich einen in der Pflanzengeographie benutzten Ausdruck nun auf diese Erscheinungen anwandte. Harrassowitz hat auch davon gesprochen, daß ein Teil der hier in Frage stehenden Erscheinungen edaphisch sei, lehnt es aber ab, die von dem Untergrunde abhängigen, dem Gebiete fremden Erscheinungen besonders zu bezeichnen. Ebenso geht Passarge nicht auf die Beziehungen zum Untergrunde ein.

Bei meiner Reise 1927 nach Südafrika, welche mich dem ganzen Reiseplane nach durch die verschiedensten Klimagebiete Südafrikas führte, ist mir nun überall immer wieder aufgefallen, wie außerordentlich weit verbreitet in dem ariden Gebiete Erscheinungen auftreten, die vom Untergrunde abhängig sind. Kennen wir, wie ich nachher noch kurz andeuten werde, wohl auch im humiden Klimareiche solche Abhängigkeit einzelner Erscheinungen vom Untergrunde, so scheint mir doch nach meinen Beobachtungen in Südwest- und Südafrika innerhalb des ariden Gebietes dieser Einfluß des Untergrundes auf die Boden-, Krusten- und Rindenbildung, wie überhaupt auf die chemischen Vorgänge unter und an der Oberfläche, auf die Oberflächengestaltung, dann aber auch auf die Abtragung und damit auch auf die terrestre Sedimentation so groß zu sein, daß wir nicht so ohne weiteres in der Geologie darüber hinweg gehen können. Denn wir treiben derartige Untersuchungen doch nicht, um nur die Erscheinungen an der heutigen Oberfläche zu erklären und zu verstehen, sondern um die Ergebnisse später mehr und mehr für die Paläogeographie und die fossile Sedimentation zu verwerten. Ich sehe auch schon Wege, wie wir derartige Untersuchungsergebnisse für die marine

¹⁾ Vgl. hierzu auch die Bemerkungen, die ich darüber vor kurzem machte: Trans. Geol. Soc. S. Africa 1927, 30, 122.

Sedimentation in der Nähe der alten Trockengebiete verwerten können. Wir müssen eben weiter gehen und unter den Fremdlingsformen weiter zu gliedern suchen, als es bisher geschehen ist.

Ich will an dieser Stelle aber vornehmlich zu zeigen suchen, wie ausgedehnt derartige vom Untergrunde abhängige Erscheinungen gerade im Trockengebiet Südafrikas sind, wie aber die verschiedenen Teile des Trockengebietes sich in dieser Hinsicht verschieden verhalten. Selbstverständlich kann das nur in allgemeiner Übersicht geschehen.

Es sei aber schon hier darauf hingewiesen, daß E. de Martonne bereits sagt, daß die Reliefunterschiede, welche durch die Gesteinsart und deren Lagerung bedingt seien, in den Trockengebieten viel mehr hervorzutreten scheinen als in den humiden Gebieten der Erde¹⁾.

1. Edaphischer Einfluss auf die Oberflächengestaltung.

1. Deflationslandschaft. Die morphologische und geologische Untersuchung der Namibwüste hatte im kleinen wie im großen gelehrt, wie weitgehend die Oberflächenformen durch den Untergrund beeinflusst sind. Das größte Beispiel hierfür liegt in der Deflationslandschaft vor, über die ich mehrfach berichtet habe²⁾. Die Mulden der in einen kristallinen Untergrund eingefalteten Namaschichten sind hier durch chemische Verwitterung mit nachfolgender Deflation so herausgearbeitet, daß man direkt aus den Oberflächenformen den tektonischen Bau des Untergrundes herauslesen kann. Ohne das Auftreten der leichter angreifbaren Schichten der Namaformation wären diese eigenartigen Oberflächen-

¹⁾ E. de Martonne, *Traité de Géographie Physique*. Tome II, *Le Relief du Sol*. Paris 1926, p. 951.

²⁾ Abh. d. Gießener Hochschulgesellschaft, II, 1920. — Zeitschr. d. D. geol. Gesellschaft 1920, 72. Monatsber., S. 64 u. f. — Verh. d. 20. Deutschen Geographentages Leipzig 1921. — Verh. d. 21. Deutschen Geographentages zu Breslau 1925. — Die Diamantenwüste Südwestafrikas, Berlin 1926, Bd. II. — Sitz.-Ber. d. B. Akad. d. Wiss., Math.-naturw. Kl. 1926. — Höhen-schichtenkarte der Deflationslandschaft in der Namib Südwestafrikas und ihrer Umgebung. Abh. d. B. Akad. d. Wiss., Math.-naturw. Klasse, XXX. Bd., 9. Abh., München 1926. — Mitt. d. geogr. Ges. München, 19, 1926. — Düsseldorf geographische Vorträge und Erörterungen. Breslau (F. Hirt) 1927, S. 68–78.

formen der Deflationslandschaft nicht entstanden. Die ja wohl klimatisch bedingten Erscheinungen der chemischen Verwitterung und der Deflation kommen erst durch den Bau des Untergrundes in der Oberflächenausbildung zur vollen Auswirkung.

2. Klinghardtgebirge¹⁾. Wenn ich dann in dem Klinghardtgebirge auf den Phonolithbergen eigenartige Senken beobachtete, so war hier der Einfluß des Untergrundgesteins geringer. Chemische Verwitterung hat dort von einer kleinen Senke auf der Bergspitze aus angegriffen. Deflation hat dann die Verwitterungsprodukte abgetragen und in einem Falle innerhalb des geschlossenen Phonolithes eine Senke geschaffen. Chemische Verwitterung und Deflation sind aber in anderen Fällen über das Salband des Phonolithes hinaus tätig gewesen, so daß die gebildete exzentrische Form nur einen geringeren Einfluß des Untergrundes erkennen läßt. Wohl mag die Wasserführung in dem Phonolith eine gewisse Rolle bei dieser Herausarbeitung gespielt haben. Aber eine so direkte Beziehung zu dem Untergrunde wie in der Deflationslandschaft der vorderen Namib ist bei diesen Senken auf den Bergspitzen des Klinghardtgebirges nicht festzustellen. Wenn dann neuerdings H. Reck²⁾ aus meinen Beobachtungen im Klinghardtgebirge den Begriff der Deflationscalderen ableitet, so tritt in diesen das Edaphische wieder etwas mehr hervor, indem eben eine solche Abblasungscaldere sich eben nur dort entwickeln konnte, wo leicht abhebbare oder durch chemische Verwitterung in einen Zustand leichter Abhebung überführbare Gesteine in größerer Verbreitung auftreten. Diese Deflationscalderen können im ariden Gebiete am leichtesten ausgebildet werden.

3. Tafelberge der vorderen Namib. In der vorderen Namib treten viele Tafelberge auf, die oben von einer Decke von sogenanntem Pomonaquarzit gekrönt sind. Dieser Pomonaquarzit ist aus der Verkieselung einer Oberflächenkalkdecke hervorgegangen. Kennen wir wohl in der Kalahari eine flächenhaft ausgedehnte Verkieselung, so liegt doch noch kein untrüglicher Beweis für die Annahme einer einst auch über die vordere Namib ausgedehnten, flächenhaft entwickelten Verkieselungsdecke vor. Meiner

¹⁾ Vgl. Diamantenwüste, Bd. I, S. 277 u. f.

²⁾ H. Reck, Deflationscalderen: Erscheint im Centralbl. f. Mineralogie usw. 1928 B 209—221, mit einem Zusatze von mir, S. 221—224.

Ansicht nach spricht sogar vieles dafür, daß diese Verkieselung auf den Tafelbergen mit ihrer Pomonaquarzitdecke gebunden ist an alte Pfannen, und daß nur das in den Pfannen einst verkieselte harte Gestein durch die spätere Denudation frei gelegt worden ist. Darnach wären dann diese Tafelberge einst Senken in der alten Landoberfläche gewesen, aber durch die edaphische Wirkung des Untergrundgesteines zu Bergformen umgewandelt.

4. Korrasionslandschaften¹⁾. In den gleichmäßig ausgedehnten Dolomitgebieten der Namaformation haben sich weit ausgedehnte Kuppenlandschaften durch die korradierende Wirkung des Sandschliffes gebildet, die eben nur in größerer Ausdehnung sich dort bilden konnten, wo ein leicht ausschleifbares Gestein in größerer Ausdehnung die Oberfläche bildet. Ich denke dabei nicht an die einzelnen, zweifellos wieder vom Untergrunde abhängigen Windschliffe und Korrasionsformen, wie ich sie in der „Diamantenwüste“ beschrieben und abgebildet habe, sondern an die geschlossenen und größere Flächenräume umfassenden Oberflächenformen in Kuppen und selbst Bergen. Es war keine neue Oberflächenform, die ich dort an den Dolomiten der Namaformation beobachtete. Sven Hedin hatte uns schon vorher aus dem Lob Nor Gebiet des Tarimbeckens in seiner „Jardang“-Landschaft ganz ähnliche Korrasionslandschaften bekannt gemacht²⁾. Sie sind aber im Lob Nor Gebiet aus tonigen Absätzen des wandernden Lob Nor Sees ausgeschliffen worden, also aus einem noch weicheren Material. Ich habe im vergangenen Jahre ganz ähnliche Korrasionsformen gesehen, die aus den Hochflutabsätzen des unteren Oranje durch den Sandschliff herausgearbeitet sind. In allen diesen Fällen würde sich keine Korrasionslandschaft entwickelt haben, wenn nicht ein für diese Korrasionswirkung geeignetes Gestein vorgelegen hätte. Die Jardang- und Korrasionslandschaften sind überall edaphisch bedingt.

5. Bushveld Intrusivkörper. Morphologisch ganz besonders wertvolle Beispiele lernte ich sodann bei den Touren kennen,

¹⁾ Vgl. Diamantenwüste, Bd. II, S. 224 u. f., 248, 408 u. a. Stellen.

²⁾ Sven Hedin, Scientific results of a journey in Central Asia 1899—1902. Stockholm 1905, II, S. 11, 53—56, 65—69, 115, 224—231, sowie viele andere Stellen mit vielen Abbildungen. Abbildung dieser Jardang-Landschaft auch in E. Kayser's Allgemeiner Geologie 1921, I, S. 312.

die ich 1927 im Gebiet des Bushveld Intrusivkörpers, jenes einzigartigen Lopolithen¹⁾ Transvaals, ausführen durfte. Herr Dr. Percy A. Wagner hat mich hierbei zeitweise geführt und zu anderen Fahrten vielfache Ratschläge gegeben. Viele Beobachtungen sind mit ihm besprochen worden und mannigfache Diskussionen gaben mir so viele neue Gesichtspunkte für die weitere Forschung, daß ich ihm für seine vielfachen Hilfen und Anregungen auch an dieser Stelle gerne herzlichst danke.

Der westliche Teil des Bushveld Intrusivkörpers bildet eine Fastebene, aus der nur einzelne Härtlinge herausragen, über die noch später (S. 44, 68) zu sprechen sein wird. Das ganze Eruptivmassiv aber wird umrandet von einem fast geschlossenen scharfen Bergzuge, von welchem Abb. 4 auf Tafel II ein Teilstück wiedergibt. Dieser randliche Höhenrücken wird gebildet von den unter den Bushveld Intrusivkörper untersinkenden Magaliesbergquarziten des Transvaal-Systems, dem Liegenden des Lopolithen. Schichthänge, von Magaliesbergquarziten gebildet, ziehen von allen Seiten gegen die Fastebene des westlichen Bushveldes herunter. Wie am Süd-, so ist es auch am Nordrande,



Figur 1

Abfall der Quarzite gegen den Bushveld Intrusivkörper nördlich von Rustenburg. Die langen Schichthänge werden von den Quarziten des Transvaal-Systems gebildet. Rechts im Vordergrund die Lagentextur randlicher Noritberge.

dessen Verhältnisse durch die schematische Textfigur 1 angedeutet seien. Diese Schichthänge wiederholen sich auf allen Seiten des Intrusivkörpers oftmals hintereinander, den aufeinander folgenden harten Quarzitbänken des Transvaal-Systems entsprechend. Mehrere Höhenrücken verlaufen weiter außerhalb, parallel zu dem ersten, dicht am Eruptivmassiv befindlichen. Die weiter abgelegenen Höhenrücken entsprechen den tieferen Quarzithorizonten des Trans-

¹⁾ A. L. du Toit, *The Geology of South Africa*, Edinburgh 1926. — R. A. Daly and G. A. F. Molengraaff, *Structural Relation of the Bushveld Igneous Complex*. *Journal of Geology*, 32, 1924, 1—35. — R. A. Daly, *Our mobile Earth*, New York 1926, p. 252—257.

vaal Systems. Jede einzelne harte Bank ist herauspräpariert (Taf. II, Abb. 4). Die ganze Folge der Rücken und Bergzüge um den Eruptivkörper herum ist ein genaues Abbild von Strati-graphie und Tektonik des Untergrundes, der hier aus den Schichten im Liegenden der Intrusivmasse gebildet wird. Die weit verbreiteten Schichthänge dieser Gegend sind edaphisch bedingt.

Aber innerhalb des innersten Höhenrückens ist die äußere Noritzone im westlichen Teile des Bushveldes zu einer fastebenen Fläche abgetragen, trotzdem innerhalb der Noritzone ganz verschieden zusammengesetzte Eruptivgesteine lagenweise miteinander wechseln. Nur hie und da stehen vereinzelte Härtinge, welche dann in ihren äußeren Formen die Lagentextur (Pseudoschichtung) zeigen, die von den wechselnden anorthositischen, noritischen, peridotitischen, pyroxenitischen und anderen Lagen des hochdifferenzierten Eruptivkörpers herrühren. Aber zwischen diesen Härtingen und auf weite Erstreckung außerhalb ist jede Beeinflussung der Oberflächenformen durch die hochdifferenzierten Gesteinslagen des Untergrundes auch völlig verwischt. Tiefgründiges Eluvium bildet hier die Oberfläche. Nur da, wo wenige Flußsysteme bis in das Bushveld zurück eingeschnitten sind, da ist die eluviale, tiefgründige Verwitterungsdecke vollständig abgetragen, so daß der frische Untergrund freigelegt ist. Eine horizontale Bewegung des Schuttes ist nicht erfolgt, so daß sogar in dem oft sehr tiefgründigen Verwitterungsschutte die Platinführung leicht festgestellt werden kann, welche immer an bestimmte Differentiationslagen des Intrusivkörpers geknüpft ist. Das platinhaltige Lager ist in dem Verwitterungsschutte ohne Ortsveränderung liegen geblieben. Dadurch ist man dann in der Lage, den Platinhorizont der Norite selbst in dem tiefgründigen Verwitterungsschutte meist mit erstaunlicher Genauigkeit zu erfassen und in die Tiefe bis in das frische Gestein hinein zu verfolgen¹).

¹) Auf ganz ähnlicher Grundlage beruht auch das Auffinden von Diamantröhren dort, wo eine mächtige Oberflächenkalkdecke den Untergrund zu verschleiern scheint. Der Oberflächenkalk ist in dem Verwitterungsschutt der Diamantröhre selbst, also auch im eluvialen Schutt, abgesetzt worden, so daß man in dem Kalk noch die Rückstände des verwitterten Blaugrundes erkennen und daraufhin die Diamantröhre aufschließen kann. Die Verkrustung lockert nicht, sondern verkittet den noch an Ort und Stelle des primären Eruptivgesteines befindlichen Verwitterungsschutt.

Gerade diese Schürfungen nach dem Platinhorizonte gaben mir mannigfache wertvolle Aufschlüsse für die Untersuchung der Verwitterung unter der Fastebene des Bushveldes.

Diese Fastebene des westlichen Bushveldes geht über die verschiedensten Gesteine hinweg, auch über die Grenze der noritischen zu den höheren granitischen Gesteinen des Intrusivkörpers. Sie ist nicht rein edaphisch bedingt. Sie ist auch jetzt noch in der Weiterbildung; es liegt keine Vorzeit-, sondern eine Arbeitsform vor. Dabei werden die verschiedenen Gesteine der Noritzone zu einem gleichmäßig zusammengesetzten Endprodukte umgewandelt (klimatisch bedingte Konvergenz der Verwitterungsprodukte!). Erst bei ganz entgegengesetzten Gesteinen kommt es zum Abweichen von dieser Konvergenz der Verwitterungsprodukte.

Trotz einzelner Unterschiede kann ich doch in der Ausbildung dieser durch tiefgründige Verwitterung ausgezeichneten Fastebene des westlichen Bushveldes nur eine klimatisch bedingte Erscheinung sehen, ohne daß ich aber in der Lage bin, die so ausgezeichnete Verebnung damit ausreichend erklären zu können¹⁾. Auf der anderen Seite zeigen die einzelnen Härtlinge innerhalb der Noritzone und die das Eruptivmassiv umgebenden Rücken edaphisch bedingte Formen. Edaphisch bedingte Formen sehen wir dann weiter in den vielen das Gebiet durchsetzenden Syenitgängen (vgl. Abb. 1 auf Tafel II) und dann in den die Fastebene des Bushveldes überragenden Pilandsbergen (Abb. 3 auf Tafel II). Bei den letzteren aber ist auffallend, daß morphologische und geologische Grenze nicht zusammenfallen. Die klimatisch bedingte Abtragungsfläche dringt vielmehr ein Stück weit in die Pilandsberge hinein. Eine flache Verebnung vor dem höher aufragenden Härtlinge, der aus Syeniten und Phonolithen gebildet wird, wird nicht von den Gesteinen der Noritzone, sondern aus den Gesteinen der Pilandsberge selbst gebildet. Aber darüber hinaus setzt die klimatisch bedingte Stufe der Fastebene noch in Talungen in das Innere der Pilandsberge hinein fort, bei welchen Beobachtungen wir uns nicht durch die hie und da tiefer eingeschnittenen Erosionsrinnen täuschen lassen dürfen.

Die klimatisch bedingten Formen suchen also hier die edaphisch bedingten wieder zu zerstören. Das ist die

¹⁾ Vgl. hiezu den Nachtrag auf S. 68.

nicht überraschende Erscheinung in einem Übergangsgebiet, auf die ich nachher noch einmal zurückkomme.

Gehen wir nun aber in das östliche Bushveld hinüber, so kommen wir in ein Gebiet, in welchem die nach der Ostküste Südafrikas ständig abfließenden Flüsse sich tief in den Bushveld-Intrusivkörper rückwärts eingeschnitten haben. Verwitterung der Norite können wir wohl noch sehen, aber nicht in der gleichen Mächtigkeit wie im westlichen Bushveld. Die typischen Verwitterungsprodukte des westlichen Bushveld, wie „black turf“ und „red soil“ treten auch noch auf, meist aber auf kolluvialer Lagerstätte am Berghange oder völlig in die Talsohle, das Alluvium, abgeschwemmt. Aber doch hat auch hier noch die Abtragung Formen herausgearbeitet, welche durch eine normale Schichtung der Sedimente oder durch die Differentiationslagen in den Noriten zu einer flächenhaften Abtragungsform hineigen (vgl. Taf. I, Abb. 2). Die Täler sind bei dem immer mehr oder weniger starken Fallen dieser Texturlagen immer asymmetrisch. Auf der einen Seite herrschen Schichthänge vor (Taf. I, Abb. 2), wenn wir hier den Ausdruck Schicht auch auf die einzelnen Lagen der differenzierten Norite anwenden. Die andere Talseite zeigt ganz andere steilere Formen, die quer zu den Noritlagen stehen. Vielfache einzelne Stufen am Gehänge aber lehren, daß auch hier noch der edaphische Einfluß des einzelnen Gesteins zur Geltung kommt.

Ich glaube, daß wenn einmal die verschiedenen Verwitterungsprodukte aus den eben berührten beiden Teilen des Bushveldes miteinander verglichen werden können, sich ein allmählicher Übergang gerade in dem wild zerschnittenen Bergland des östlichen Bushveldes zu den nun einheitlicheren Bildungen am und vor dem großen Steilrand weiter im Osten zeigen wird.

6. Ostabfall des südafrikanischen Blockes. Wenn wir nun über den Ostrand des Bushveld-Intrusivkörpers hinweg durch die zunächst steil unter den Lopolithen einsinkenden und dann immer flacher lagernden Schichten des Transvaal-Systems an den Rand des großen Steilabfalls kommen, dann ist wohl noch in der steilen Böschung eine Beeinflussung durch die harten Quarzitbänke erkennbar, wie z. B. am Devils Kantoer (Teufelskanzel) bei Kaapsche Hoop, an dem 1300 m relative Höhe erreichenden Steilabsturz der Drakensberge Natals, wo die Diabaslaven mor-

phologisch hervortreten, usw. Auch noch am Fuße des großen Steilabfalls zeigen die über 800 km langen Lebomboketten die Herauspräparierung einzelner Lavabänke. Aber doch ist nun an diesem Abhänge überall wieder das Auftreten einer Anzahl von Verebnungsflächen kenntlich in den Stufen einer Piedmonttreppe (im Sinne von W. Penck)¹⁾. Diese einzelnen Stufen sind dem großen Steilabfall vorgelagert und entsprechen den Stillstandslagen während der Emporhebung des südafrikanischen Blockes. Es sind von der jeweiligen Küstenlinie aus in das Land zurückgreifende Abtragungsflächen, die nun über die verschiedensten Gesteine hinweggreifen und höchstens in den Kleinformen noch eine edaphische Wirkung erkennen lassen. Ganz wie es W. Penck in seinem nachgelassenen schönen Werke¹⁾ zeigte, sind die höchsten Stufen auch hier die ältesten. Ich glaube, daß sich bei der späteren Einzeluntersuchung dieser Stufen ein hohes, tertiäres, wenn nicht kretazisches Alter wird nachweisen lassen.

Diese Stufen am Rande des südafrikanischen Blockes sind auch schon mehrfach aufgefallen. A. W. Rogers²⁾ meint, daß Anzeichen für mehrfaches Einschneiden von derartigen Verebnungsflächen namentlich im Süden nachzuweisen seien. Er spricht auch von der langen Dauer dieser Aufwärtsbewegung des südafrikanischen Blockes. Auch für ihn liegt der Beginn der Ausgestaltung dieser morphologischen Gestaltung in spätkretazischer Zeit. A. L. du Toit bespricht noch eingehender besonders eine tertiäre „peneplain“, die an der Südküste festgestellt ist. Sie fällt unter eocäne, bzw. oligocäne marine Schichten und kann damit ihrem Alter nach festgelegt werden³⁾.

Ich habe derartige Stufen sehr schön zwischen Pietermaritzburg und Durban in Natal in dem Gebiet des „Valley of a thousand Hills“ gesehen (vgl. Taf. 3, Abb. 6), wo in der durch junge Erosion wild zerschnittenen „bad land“ Landschaft die Höhen der einzelnen auftretenden Riedel mehrfache derartige alte Verebnungen erkennen lassen⁴⁾. Ein anderes sehr schönes Beispiel trat mir in

1) W. Penck, Morphologische Analyse. Stuttgart 1924.

2) A. W. Rogers, Origin of the Great Escarpment, Proc. of the geol. soc. of S.-Africa 1920, XXV—XXXIII.

3) A. L. du Toit, The Geology of South Africa, 1926, 363 u. f.

4) Sicher können derartige Verebnungen, die sich durch gleiche Höhe der

dem Tale des Godwan River im östlichen Transvaal entgegen. Hier ziehen die einzelnen Verebnungsflächen, die Stufen der Piedmont-treppe von W. Penck, in eine uralte Talung hinein, die sich in den Steilabfall rückwärts eingeschnitten hatte (vgl. Taf. 3, Abb. 5). Wer in den Stufen am Godwan River alte Erosionsterrassen mit Geröllern zu finden glaubt, der wird enttäuscht sein, da wir in diesen Stufen nur die Verebnungsflächen der aufeinander folgenden Stillstandslagen der Hebung Südafrikas, eben Piedmontstufen im Sinne von W. Penck vor uns haben. Das schließt aber nicht aus, daß gelegentlich alte Abtragungsrelikte in Form von Geröllagern zu verzeichnen sind.

Aber auch an der Westküste Südafrikas sehen wir den gleichen treppenartigen Aufbau¹⁾. Hier ist die Zerschneidung durch jüngere Talbildungen und ein Rückgreifen der jüngeren Stufen in die älteren hinein nicht so intensiv, wie an der Ostküste. Die einzelnen Treppenstufen am westlichen Steilabfall stellen, wie ich bereits früher schilderte, alte terrestre Abtragungsflächen dar, die dort nicht durch die heutigen klimatischen Verhältnisse bedingt sein können, sondern sicher als Vorzeitformen aufzufassen sind. Beeinflussung durch die Stillstandslagen in der Emporhebung des südafrikanischen Blocks ist hier deutlich festzulegen, ja wir müssen hier sogar für eine der tieferen Stufen schon prämittel-eocänes Alter annehmen, da diese Stufe bereits durch die fossil-führenden eocänen Schichten angeschnitten ist.

Ich mußte hier diese klimatisch bedingten Formen gesondert besprechen, um sie den edaphisch bedingten gegenüber zu stellen.

7. Normal arides Gebiet. Wenn wir von der westlichen Küstenabdachung, von der Namib aus nach dem Westrand der innerafrikanischen Hochfläche hinaufsteigen, so kommen wir durch ein Gebiet, das, entgegen der starken Abtragung auf der Ostseite, durch starke Schuttanhäufung meist fluvio-arider²⁾, seltener fluvialer Art gekennzeichnet ist. Wir treten dann auf die Hochfläche und sehen dort in den zahlreichen intermontanen, nur zum Teil abflußlosen Senken eine starke Schuttanhäufung bis zur völligen Zuschüttung derselben. Auch hier bilden sich Fastebenen aus und die Zuführung durch die vielen einzelnen Schuttkegel, die von

Riedel zwischen den vielen einzelnen Erosionsrinnen kenntlich machen, auch einmal edaphisch durch besonders widerstandsfähige Schichten bedingt sein.

¹⁾ Diamantenwüste, II, 426 u. f.

²⁾ Diamantenwüste, II, 318.

den benachbarten Bergen herunter kommen, ist kaum noch in einer ganz flachen Böschung erkennbar. Aber diese Fastebenen sind ganz anderer Entstehung als die bereits besprochene Fastebene in dem Bushveld Transvaals. War letztere Form im wesentlichen durch rein chemische, aber tiefgründige Verwitterung entstanden, so sind die Senken in dem Gebiete weiter im Westen typische Aufschüttungsgebiete. Im Bushveld stellen sich, abgesehen von den Rändern, ebenso wenig starke Abtragung, wie starke Auflagerung ein. In den weiter westlich gelegenen Senken aber ist die Aufschüttung zum Teil ganz gewaltig. Selbst in der Nähe der großen Flußläufe, welche als Fremdlinge die Landschaft durchziehen (Oranje, Kuiseb, Swakop, Kunene usw.), welche entweder dauernd, periodisch oder episodisch allen zugeführten Schutt abtransportieren könnten, ist überall die starke Schuttfuhr bis in die Nähe der Talsohle festzustellen. Immer wieder begegnen wir den großen eingedeckten Hohlformen¹⁾, deren Auffüllung bis zum „Ertrinken“ der Bergformen im eigenen oder von seitwärts zugeführten Schutte geht.

Hier treten die edaphischen Einwirkungen zurück, sind aber immerhin noch zu beobachten. Klimatisch bedingte Eindeckung herrscht vor. Abtragung ist an den Randbergen der Senken zu beobachten.

8. Kalahari. Die so oft fälschlich als Wüste bezeichnete Kalahari bietet uns nun eine ganz große Eindeckung normal ariden Gebiets. Es ist ein typisches Steppengebiet. Ein großer Teil ist sogar dauernd bzw. periodisch bewässert. Nur kleinere Teile erhalten nur episodisch geringen Niederschlag. Würden die mächtigen Anhäufungen von grobem Flugsand nicht alles auffallende Wasser nach einem sicher vorhandenen, aber tief liegenden Grundwasserspiegel abführen, so würde schon jetzt dies Gebiet in intensiver Kultur sein. Einzelne Teile haben ein durch das Auftreten von Wanderdünen welliges Gelände. Ich habe diese Gebiete leider nicht durchqueren können. Aber nach den vorliegenden Schilderungen ist ein großer Teil dieser Wanderdünen durch Vegetation festgelegt.

In dem westlich von Kanya gelegenen Teile, wo mir dann

¹⁾ Vgl. das schematische Bild Fig. 84 in: Diamantenwüste II, 401.

allerdings ein Motorwagen-Unfall ein weiteres Eindringen unmöglich machte, ist eine völlig ebene Eindeckung durch Flugsand festzustellen. Wir sind hier in einem großen Aufschüttungsgebiet, dessen Oberflächenformen allein durch die klimatisch bedingte Sedimentation hervorgerufen werden. Edaphisch bedingte größere morphologische Formen treten ganz zurück. Ich glaube auch nicht, daß sie etwa in den anderen mir durch persönlichen Augenschein nicht bekannten Teilen vorhanden sind. Wasserführung und chemische Vorgänge sind in einem großen Teile der Kalahari edaphisch durch die großen Sandablagerungen beeinflusst.

II. Edaphisch bedingte chemische Vorgänge.

Manche hierhin zu rechnende Erscheinungen sind bereits berührt worden bei der Besprechung der Entstehung der morphologischen Formen, so daß ich darauf nur zurückzuverweisen habe.

1. Extrem arides Gebiet. Viele Darsteller des Wüstenbildes geben an, daß die Wüste das Gebiet intensiver Verkrustungen sei. Dem gegenüber habe ich bereits früher darauf hingewiesen, daß wir die Rinden- und Krustenbildungen in der Wüste, wenigstens zunächst in der Namib, nur hie und da, zuweilen sogar nur gelegentlich sehen. Dabei wechselt die Zusammensetzung der Krusten ständig. Hier treten Kalk-, dort Gips-, dann Eisenvitriol-, dann verschiedenartige bunt gefärbte, weiter auch Natriumchlorid-Krusten auf. An einigen Stellen, zuweilen sogar flächenhaft, sind die Kalkkrusten verkieselt. Zwischen den Gebieten mit diesen Krusten liegen weite Striche, an denen der feste Fels zu Tage tritt und zudem nichts von einer Verwitterung zeigt¹⁾. Soweit es sich nicht um durch den Flugsand zugeführte Meeres-salze handelt, können wir leicht feststellen, daß in der Krustenbildung überall der Einfluß durch den Untergrund hervortritt. Das an der Oberfläche in der Kruste ausgeschiedene Salz ist meist aus dem darunter liegenden Gestein herausgelaugt worden. Die Kruste ist eben edaphisch bedingt. Hie und da sehen wir ein auch anderwärts beobachtetes Übergreifen aus dem Gestein der Auslaugung auf das Gestein der Nachbarschaft hinüber, auf welche Erscheinung ich später noch einmal zurückkomme (vgl. S. 53/4).

¹⁾ Diamantenwüste, II, 302 u. f.

Die großen Kalksinter- und Kalkonyxmassen der vorderen Namib sind an die Austrittstellen von Grundwasser und Grundfeuchtigkeit geknüpft¹⁾. Da die geringe Wasserführung in den Untergrundgesteinen hier noch viel schärfer als im humiden Gebiete die Abhängigkeit von dem Porenvolumen und der Klüftigkeit der Gesteine zeigt, so ist auch hier bei den großen Sinter- und Onyxmassen eine Beziehung engster Art zum Untergrunde vorhanden.

Wo Eisenverbindungen im Untergrunde fehlen, da kann es auch nicht zur Ausbildung von Eisenkrusten in der Form des sogenannten „Wüstenlack“ kommen. Diese Bildung von Wüstenlack ist keine typische Erscheinung des trockensten Teiles des ariden Gebietes. Wir sehen sie, wenigstens in Südafrika, erst besser ausgebildet, wenn wir in häufiger durchfeuchtetes Gebiet kommen. Aber gelegentlich sind doch auch in der Namib einige beschränkte Gesteinsausstriche vorhanden, an denen eine wie poliert aussehende Rinde, dem Wüstenlack ähnlich, zu finden ist²⁾. Bei dem sonstigen Fehlen von Wüstenlack können diese beschränkten Stellen von Lack nur als edaphisch aufgefaßt werden.

Eine auch edaphisch zu deutende Erscheinung zeigt sich in der stellenweise tiefgründigen Verwitterung einzelner Eruptivgänge in der vorderen Namib³⁾. Wenn derartige Gänge in den auch hier nahezu wasserundurchlässigen Gneisen und Graniten aufsetzen, dann sind sie zumeist völlig frisch oder zeigen nur eine ganz geringmächtige Verwitterungsrinde. Wenn aber diese Gänge in einem für Wasser durchlässigen Nebengesteine aufsetzen, dann ist, trotz der geringen Menge des Senkwassers bei den nur episodischen Niederschlägen, das Ganggestein auch tiefgründig verwittert. Es ist dies dann ein Übergreifen der Wirkung des Wassers in dem Nachbargestein auf den Gang. Aber die tonigen, bzw. kaolinartigen Verwitterungsprodukte sind dann doch edaphisch, direkt vom auftretenden Gesteine abhängig. Das nicht seltene Auftreten von Gipsausscheidungen an den verwitterten Gängen ist ebenfalls edaphisch durch den Gang bedingt.

¹⁾ E. Kaiser und W. Beetz, Die Wassererschließung in der südlichen Namib Südwestafrikas, Zeitschrift f. praktische Geologie, 1919, 27, S. 165 bis 178, 183—198. — Diamantenwüste II, 169 u. f.

²⁾ Diamantenwüste II, 301/2.

³⁾ Diamantenwüste I, 236/7, II, 284.

Edaphisch bedingt sind die meisten Bröckellöcher, viele Pilzfelsen, die zum Teil nur besondere Arten von Krusten und Rinden darstellen.

Es möge genügen, auf diese edaphisch bedingten chemischen Erscheinungen des extrem ariden Gebietes in der Namib Südwestafrikas hingewiesen zu haben. Es ließen sich dazu noch viele weitere Beispiele hinzufügen.

Bereits früher¹⁾ habe ich mich dahin ausgesprochen, daß „die Wanderung der Kieselsäure und die davon abhängigen Neubildungen zu den wichtigsten Erscheinungen des Wüstenbildes gehören.“ Aus dem Auffinden noch schleimiger Kieselsäuregelé in den Drusenräumen eines verwitternden Gneises bei der Prinzenbucht schloß ich, daß die wandernde Kieselsäure aus heute noch fortschreitender Verwitterung hervorgehe. Da nun fast alle Gesteine der Namib mehr oder weniger verkieselt auftreten, so könnte man zu dem Gedanken kommen, daß es sich bei der Wanderung und Wiederausscheidung der Kieselsäure nur um ganz allgemein klimatisch bedingte Vorgänge handle, und daß keine edaphischen Wirkungen zu beobachten seien. Dem ist aber nicht so. Denn erstens kann Kieselsäure nur dann wandern, wenn Gesteine vorliegen, die bei dem Angriff des Wassers eben Kieselsäuresole liefern. Und weiter tritt eine Ausscheidung der Kieselsäure in bevorzugter Weise an ganz bestimmten Gesteinsgrenzen auf. Die Verkieselungen treten²⁾ „an der Grenze der verschiedensten Gesteine gegen ein anderes Medium auf, wobei dies auch die Atmosphäre sein kann, eben an den Inhomogenitätsflächen von Storz³⁾.“

Verkieselungszonen zeigen sich vornehmlich an der Grenze zweier, das Wasser verschiedenartig durchlassender Gesteine und dann ganz besonders mächtig entwickelt, wenn Karbonatgesteine an ein für Wasser undurchlässiges Gestein anstoßen. Wenn auch die Verkieselung in der vorderen Namib in erster Linie klimatisch bedingt ist, so sehen wir in der Art des Auftretens im einzelnen die Einwirkung des Untergrundes ganz besonders deutlich, also wiederum eine edaphische Beeinflussung zusammen mit einer allgemeineren klimatischen Herleitung.

¹⁾ Diamantenwüste, II, 294 u. f.

²⁾ Diamantenwüste, II, 295.

³⁾ Diamantenwüste, II, 256.

Wie nun zu dieser Verkieselung in der vorderen Namib sich die weit verbreitete Verkieselung an der Basis der Kalahari-Schichten, die zuerst S. Passarge feststellte, verhält, das bedarf noch besonderer Untersuchungen, über die ich bald hoffe berichten zu können.

Je weiter wir in dem extrem-ariden Gebiet der vorderen Namib gegen das normal-aride Gebiet vordringen, um so reichlicher werden die Rinden auf den einzelnen Gesteinen. Dort ist auch das Gebiet der schönsten Bröckellöcher, der Rinden und Krusten, auch des Wüstenlacks¹⁾. Dort finden wir dann auch die geschlosseneren Kalkdecken, die in das normal-aride Gebiet hinüber ziehen.

2. Normal-arides Gebiet. Je intensiver die auf S. 48/49 besprochene intensive Aufschüttung innerhalb des normal-ariden Gebietes ist, um so weniger können einzelne edaphische Wirkungen festgestellt werden. Die ganze Fläche wird in gleicher Weise von den klimatischen Vorgängen betroffen, und eine Einwirkung des einzelnen Gesteins kann nur in selteneren Fällen erfolgen. Erst dort, wo Felsen aus den großen Eindeckungen hervortreten, sehen wir, wie im einzelnen der Untergrund die Oberflächenbildungen beeinflusst.

In einem typisch normal-ariden Gebiet fand ich eine ganz eigenartige, an den Untergrund geknüpfte Oberflächenerscheinung. Bei Postmasburg in Griqualand West, etwa 180 km west-nord-westlich von Kimberley sind im letzten Jahrzehnt sehr große Manganerzlagerstätten aufgedeckt worden²⁾. Die Oberfläche der zu Tage austreichenden Manganerze ist mit einer eigenartigen Politur bedeckt, so daß die Ausbisse wie mit einem Lack überzogen erscheinen. Es ist eine typische Rindenbildung, bedingt durch die Ausschwitzung der aus dem Untergrund, eben dem Manganerzlager, nach oben gebrachten Lösungen. Das auch in

1) Man wolle beachten, daß nicht alle Gesteine, welche eine wie lackiert aussehende Oberfläche haben, als mit Wüstenlack überzogen aufgefaßt werden dürfen. Der Windschliff, die Korrasionswirkung der zahlreichen vom Wind bewegten Sandkörner, ruft eine sehr gute Politur hervor, die einen Wüstenlack vortäuschen kann. (Vgl. Diamantenwüste, II, 301).

2) A. L. Hall, The Manganese Deposits near Postmasburg, West of Kimberley, Trans. Geol. Soc. South Africa 1926, 29, 17—46.

diesem Gebiet in den Untergrund eindringende, wieder aufsteigende und verdunstende Niederschlagswasser bringt hier eine gewisse Summe von Manganoxiden an die Oberfläche und überrindet den ganzen Gesteinsausbiß. Diese Überrindung ist eine edaphisch bedingte Erscheinung. Die Manganerze sind verknüpft mit Roteisenerzlagern, die eine ähnliche Oberflächenpolitur zeigen, welche sich aber schon in der Farbe deutlich von der Rinde auf den Manganerzen unterscheidet. Daß es sich bei diesen Mangan- und Eisenerzrinden um noch heute fortschreitende Erscheinungen handelt, zeigt sich darin, daß am Abhang unterhalb der Erzausstriche liegende Quarzitblöcke die gleiche Überrindung durch Mangan- oder Eisenerz aufweisen. Hier ist die edaphisch bedingte Krustenbildung nicht auf das die Lösung liefernde Gestein beschränkt, sondern geht auf das Nachbargestein über. Es ist ein schirm- oder pilzartiges Übergreifen edaphischer Vorgänge auf die Nachbarschaft.

War vorher bei der Besprechung der chemischen Vorgänge im extrem-ariden Gebiet die Kalksinter- und Kalkkrustenbildung als eine dort edaphisch auftretende Erscheinung besprochen worden, so wurde auch schon erwähnt, daß innerhalb des extrem-ariden Gebietes der Namib eine geschlossenere Kalkkruste sich erst gegen das normal-aride Gebiet hin einstellt, die weit bis in dieses hinüber zieht. Dort ist dann das Gebiet der weit verbreiteten Oberflächenkalkkrusten, die in weicher, dann immer härterer Verkittung die obersten Bodenzonen bilden und dort den durch andere Vorgänge gelockerten Schutt verfestigen¹⁾. Je weiter wir aber durch das normal-aride Gebiet hindurchwandern, umsomehr nimmt mit zunehmendem Regenfall die Menge der Kalkkrusten wieder ab und tritt dann nachher, auf der anderen Seite der geschlosseneren Verbreitung, nur wieder örtlich beschränkt, edaphisch bedingt, auf.

Wir sehen aus diesem einen Beispiel schon, wie in dem Optimum der Entwicklung ein bestimmter chemischer Vorgang klimatisch bedingt sein muß, dann aber auf beiden Seiten dieser geschlosseneren Verbreitung, also in den Gebieten geringeren oder größeren Niederschlags, nur örtlich auftritt. Es wäre sehr wichtig, einmal dieses Optimum feststellen zu können,

¹⁾ Vgl. hierzu Anmerkung 1 auf Seite 44.

vielleicht sogar ziffernmäßig die Höhe des Niederschlags festzulegen, welcher zur Oberflächenkalkbildung notwendig ist. In unserem Beispiel löst sich eine weiter verbreitete, klimatisch bedingte Erscheinung auf beiden Seiten in einzelne, nur an örtlich begrenzten Stellen auftretende Erscheinungen auf. Das sporadisch vereinzelte Auftreten kann dann durch die örtliche Lage zu den Niederschlägen (die „Ortslage“ der Bodenkunde), aber noch viel mehr durch die Wasserbewegung im Untergrunde und damit edaphisch bedingt sein. Selbstverständlich sehe ich dabei von den Fällen ab, wo durch Verschiebung der Klimazonen örtliches Auftreten von Kalksintern durch ein früheres, anderes Klima, also durch eine Vorzeitererscheinung, bedingt ist. Ich schließe also Vorzeitformen aus, die sicherlich auftreten. Ist die vorhergehende Angabe über die Auflösung der geschlossenen Kalkdecken schon rein deduktiv ableitbar, so läßt sie sich auch durch die örtliche Beobachtung als richtig nachweisen.

In einem großen Teile des normal-ariden Gebietes zeigen die dolomitischen Gesteine, besonders des Nama-Transvaal-Systems, eine weiter verbreitete, äußerlich stumpf erscheinende Oberfläche, welche vielfach gefurcht und gerunzelt ist und zwischen diesen Vertiefungen mannigfach gestaltete, kleinere und größere Löcher aufweist. Diese eigenartigen gerunzelten Oberflächen werden von den Buren im Vergleich mit der Elefantenhaut „Olifant Klip“ (Elefantenstein) bezeichnet. Der Vergleich ist treffend. Die Oberfläche ist oft braun gefärbt. Die Oberflächenfarbe geht oft bis ins schokolade-braun über, welche Farbe durch die Oxydation kleiner Mengen von Mangan- und Eisenverbindungen in dem Dolomit hervorgerufen wird. An einzelnen Stellen bildet sich auf der Oberfläche der Dolomite ein mehr oder weniger mächtiger Verwitterungsrückstand von Manganoxydknollen, Knoten und Knöllchen, die sogar zeitweise ausgebeutet wurden. Pyrolusit und Wad treten nicht selten auf Klüften und in Hohlräumen auf¹⁾. Daß es sich bei diesen Manganoxydausscheidungen an der Oberfläche um einen noch heute fortschreitenden Vorgang handelt, geht daraus hervor, daß man derartige Manganüberzüge auch sehr gut

¹⁾ Vgl. auch: du Toit, The Geology of South Africa, Seite 89, 385 und 411.

sieht in den jungen Regenrunsen und in den Wagenspuren der heute verlassenen Wege. Manganoxyde werden dort heute noch an der Oberfläche abgesetzt. Namentlich im westlichen Transvaal sind derartige Erscheinungen recht häufig. Ich habe aber ähnliche Manganoxydhäute, -Krusten und -Konkretionen auf den gleichen Dolomiten des extrem-ariden Gebietes der Namib nur sehr selten und nur örtlich beschränkt aufgefunden. In ganz ähnlicher Weise wie bei der Oberflächenkalkbildung haben wir ein geschlossenes Gebiet intensiverer Manganoxydrindenbildung, dieses sicher wiederum klimatisch bedingt, aber auf beiden Seiten wiederum das sporadische Auftreten der Manganoxyde an örtlich begrenzten Stellen, eben wieder edaphisch durch besondere Wasserführung bedingt. Die Gebiete klimatisch bedingter großer Oberflächenbildungen von Kalkkrusten und Manganoxydausscheidungen scheinen nahezu zusammen zu fallen.

3. Semi-arides Gebiet. Je weiter wir nun in das Gebiet stärkerer Niederschläge und vor allem in das Gebiet gleichmäßiger Verteilung der Niederschläge über das ganze Jahr kommen, um so mehr sehen wir, wie alle Verwitterungserscheinungen immer gleichmäßiger gestalteten Endprodukten zustreben, eine Konvergenz in dem chemischen und physikalischen Verhalten der Endprodukte zeigen. Die chemischen Verhältnisse an der Oberfläche werden dort immer vereinzelter noch an besonders klüftigen oder dichten Gesteinen von dem Untergrund beeinflusst. Wir kommen allmählich in die Klimazone, die uns schon früher in Bezug auf die Verwitterung als so besonders einheitlich geschildert worden ist.

III. Bodenbildung.

Die chemische Beeinflussung der Oberfläche habe ich besonders abgetrennt, weil eben die auf den festen Felsen sich zeigenden chemischen Erscheinungen gewöhnlich bei der bodenkundlichen Betrachtung außer Acht gelassen werden, trotzdem eigentlich alle diese Fragen zusammen behandelt werden sollten.

Die Untersuchung der edaphischen Beeinflussung der Bodenbildung ist erst in den Anfängen, soweit ich die mir schwerer zugängliche Literatur übersehen kann; aber Andeutungen für edaphisch bedingte Böden liegen bereits vor.

Jedenfalls aber zeigen uns die schon auf S. 43—48 wiedergegebenen Beobachtungen über eine an ein bestimmtes Gestein gebundene Bodenbildung, daß auch hier edaphische Einwirkungen vorliegen. Der „black turf“ tritt auf den basischen Eruptivgesteinen auf, z. B. auf den Noriten des Bushveldes, den Ventersdorp-Diabaslaven, auf Karroo-„Doleriten“ (Diabasen) und ähnlichen Gesteinen, während der „red soil“ auf die sauren Eruptiva beschränkt ist. Die Böden in extrem-ariden Gebieten sind vornehmlich rein physikalische Schuttböden, abgesehen von einzelnen Stellen, wo eine sogar tiefgründige Aufschließung der Eruptiva erfolgt. Die Höhenzüge zwischen den Aufschüttungs- und Deflationssenken zeigen uns die Bedeutung des eluvialen, damit edaphisch bedingten Schuttes. Hier ist die edaphische Wirkung bei der Bodenbildung ganz besonders deutlich.

Im normal-ariden Gebiet zeigen die Hänge der einzelnen Härtinge, Insel- und Zeugenberge oft große Mengen edaphisch bedingten Schuttes. In den zwischenliegenden Senken haben wir entweder reine Aufschüttung oder wie in dem Bushveld tiefgründige, chemische Verwitterung, oft ohne Zeichen der Beeinflussung vom Untergrunde her.

Ich beschränke mich auf diese wenigen Andeutungen, um der gerade in Angriff genommenen Untersuchung mitgebrachter Bodenproben nicht vorzugreifen.

IV. Unterirdisches Wasser.

Die verschiedensten, im Vorhergehenden besprochenen Erscheinungen sind in ihrer Bildung auf die Bewegung des Senkwassers im Untergrunde zurückgeführt worden. Die Krusten- und Rindenbildung ist nur denkbar, wenn ein Teil des Wassers in den Untergrund eindringen, wieder aufsteigen und an der Oberfläche die in der Tiefe gelösten Bestandteile wieder absetzen kann. Die chemische Verwitterung ist abhängig von der Wasserbewegung im Untergrunde. Stellten wir in den Restprodukten der Verwitterung und in den Oberflächenformen vom Untergrundgestein abhängige Oberflächenerscheinungen fest, so waren diese auch abhängig von dem unterirdischen Wasser.

Nach einem Grundwasserspiegel absinkendes Senkwasser tritt auch in den niederschlagsärmsten Teilen des ariden Gebietes

dann auf, wenn die episodischen, aber oft katastrophalen Niederschläge herunter kommen. Es kann sich aber nur dort ausbilden, wo die Klüftung des Untergrundgesteins ein rasches Eindringen eines Wasserüberschusses in den Untergrund ermöglicht. Somit werden die schwerdurchlässigen Gesteine nur sehr wenig oder gar kein Senkwasser zeigen, während die stark klüftigen Gesteine einen sehr wichtigen, weit verbreiteten, aber oft sehr tief liegenden Grundwasserspiegel aufweisen. Dieser konnte sogar in dem trockensten Teile der Namib noch nutzbar gemacht werden¹⁾. Grundwasser ist also auch noch in der reinen Wüste nachzuweisen. Aber es ist an klüftige Gesteine gebunden, in welchen ein Niederschlagsüberfluß bei den seltenen, aber dann oft starken Regen rasch dem kapillaren Wiederaufstieg und dem Einfluß der Verdunstung an der Oberfläche entzogen werden kann. Äußerlich ist dieser Einsickerungsbetrag durch die Feuchtigkeitshorizonte und die Brackwasseraustritte gekennzeichnet.

Ist damit diese Grundwasserbildung schon geknüpft an die Gesteinsverhältnisse und deren Lagerung, so sehen wir noch eine weitergehende, edaphische Einwirkung bei Sanden, die als Flugsandablagerungen nicht nur in dem extrem-ariden Gebiete, sondern auch in anderen Teilen des ariden Klimareiches große, flächenhafte Verbreitung haben²⁾. Diese feinkörnigen Flugsande können, worauf S. Passarge zuerst aufmerksam machte, eine große Menge eingedrungenen Niederschlags aufspeichern. Dieser wird in den mächtigeren Flugsanden so festgehalten, daß er in ihnen sozusagen hängt, weder nach unten, noch nach oben eine für Wasser undurchlässige Grenze zeigt. W. Beetz hat vorgeschlagen, dieses hängende Bodenwasser in den lockeren Flugsanden im Anschluß an S. Passarge³⁾ als Grundfeuchtigkeit⁴⁾ zu bezeichnen. Diese Grundfeuchtigkeit ist ganz typisch edaphisch bedingt. Sie wird in den lockeren Flugsanden auch bei den stärkeren, episodischen Niederschlägen nicht an eine tiefere Schicht als Senkwasser abgegeben, steigt in den trockenen Zeiten nur sehr lang-

¹⁾ Vgl. Fußnote 1 auf Seite 51.

²⁾ Diamantenwüste, II, Seite 369 u. f.

³⁾ S. Passarge: Die Kalahari, Berlin 1904, Seite 573, 574, 674.

⁴⁾ Seite 171 u. f. der in Anmerkung 1 auf Seite 51 angegebenen Schrift; außerdem: Diamantenwüste, II, Seite 178.

sam nach der Oberfläche kapillar auf und verdunstet dort recht langsam. Das alles steht in scharfem Gegensatz zu der Wasserbewegung in den grobkörnigen Schuttmassen wie in den grobkörnigen und kluftreichen Gesteinen dieses Wüstengebietes. Diese Grundfeuchtigkeit bleibt bei nicht zu langen Trockenzeiten den Flugsanden erhalten und begünstigt auf ihnen die Entwicklung einer dichten Vegetation, wodurch sehr häufig die Beweglichkeit der Flugsande aufgehoben wird, so daß die Flugsande verlanden. Die Grundfeuchtigkeit der Flugsande führt auch dazu, daß auf diesen viel seltener sukkulente Pflanzen sich ansiedeln als auf benachbarten, gröberkörnigen, klüftigen oder ganz dichten und wasserundurchlässigen Gesteinen, wo eben nur Pflanzen mit besonderen, wasserspeichernden Organen sich entwickeln. Die Grundfeuchtigkeit bedingt eben edaphisch auch andere Pflanzenformationen in dem sonst fast nur von Sukkulenten besiedelten Wüstengebiet. Auch die Tierwelt wird durch die Grundfeuchtigkeit beeinflusst, da in dem oft ständig durchfeuchteten Flugsande viele Bodentiere ständig leben können. Der Eingeborene der großen Flugsandgebiete Südafrikas, besonders der Buschmann, versteht, diese Grundfeuchtigkeit zu gewinnen.

Es handelt sich bei dieser Grundfeuchtigkeit um eine ganz deutlich edaphisch bedingte Erscheinung. Wir sehen sie innerhalb des gesamten ariden Klimareiches überall auf den größeren Flugsandansammlungen. Sie ist aber nicht auf das aride Gebiet beschränkt, denn überall, wo sich geeignete, physikalische Bedingungen einstellen, ist sie auch außerhalb desselben, wie auch in dem humiden Gebiete, vorhanden. Die Fruchtbarkeit der Lößböden beruht wohl in erster Linie auf den das Festhalten des eindringenden Bodenwassers begünstigenden physikalischen Verhältnissen des Löß. Aber in den ariden Gebieten ist die Bedeutung dieser Grundfeuchtigkeit, die nur durch Oberflächen- und Kapillarkräfte schwebend festgehalten wird, bei dem oft so tief liegenden Grundwasserspiegel und der Trockenheit der oberflächlichen Ablagerungen viel auffallender. Die großen Sandaufschüttungen der Kalahari müßten bei ihrer Wasserdurchlässigkeit ganz vegetationsarm sein, wenn der Sand nicht recht beträchtliche Wassermengen als Grundfeuchtigkeit festhalten würde.

Aber über die Grundfeuchtigkeit hinaus ist überall in der

Wasserbewegung die edaphische Beeinflussung gerade im ariden Gebiet zu merken. Bei den oft geringen Niederschlägen und bei dem sehr geringen Senkwasser treten die Unterschiede in der Wasserbewegung so besonders hervor. Ich brauche nur anzudeuten, daß die Wasserbewegung in den großen Dolomitgebieten Südafrikas besonders in die Augen fällt, daß hier oft bei vollkommen trockener Oberfläche die Einsenkungstrichter, Dolinen und Pfannen uns die Zeichen der unterirdischen Wasserbewegung besonders dartun. Und mitten in dem ganz trockenen Gebiet ist dann an einer durch die Lagerungsverhältnisse bedingten Stelle in dem Dolomitgebiet auf einmal eine besonders wasserreiche Quelle zu finden, an die sich ein Quellbach und nicht selten auch ein Quellfluß anschließt, der trotz großen Wasserreichtums nach wenigen Kilometern wieder versiegt.

Glinka¹⁾ erwähnt Einflüsse der verschiedenen Wasserdurchlässigkeit der einzelnen Gesteine in der „Halbwüste“ des südöstlichen Rußlands auf die Bodenbildung und führt die Buntheit der Bodendecke zum Teil auf derartige Einflüsse zurück.

V. Aufschüttungs- und Abtragungskurve.

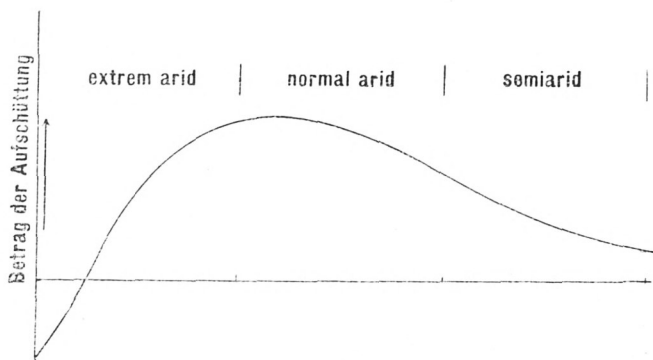
Ich versuchte an anderer Stelle²⁾ die Aufschüttungsverhältnisse in den verschiedenen Teilen des ariden Gebietes Südafrikas schematisch durch eine Kurve zusammen zu fassen, die ich auch hier in einer verbesserten Form wiedergebe (Fig. 2). Die Kurve wird zunächst nur für die Trockengebiete Südafrikas aufgestellt, und es muß noch versucht werden, sie auf andere Gebiete anzuwenden oder sie dort durch eine andere zu ersetzen. Die verschiedenen Teile des ariden Klimareiches zeigen darnach ganz verschieden starke Aufschüttung. Die Annahme intensiver Aufschüttung für das ganze aride Gebiet durch Harrassowitz³⁾ ist nicht richtig. Das Minimum der Kurve und das Hinuntergreifen unter die Null-Linie auf der linken Seite in dem einen Teile des extrem-ariden Gebietes zeigt uns die dort so intensive Abtragung durch äolischen Abtransport bis unter die Abtragungsfläche. Ein solches

¹⁾ K. Glinka, Typen der Bodenbildung, Berlin 1914. Seite 282.

²⁾ E. Kaiser, Surface Geology in arid climates (Trans. Geol. Soc. S. Africa 1927, 30, 121—131).

³⁾ H. L. F. Harrassowitz, Geolog. Rundschau 1916, 7, 194—195.

Minimum einer entsprechenden Kurve für andere Wüsten wird wohl nicht überall in dem gleichen Maße festzustellen sein. In der südlichen Namib greift, wie wir auf Seite 40 gesehen haben, die Abtragung in die feste Felsunterlage ein und trägt, nur edaphisch bedingt, die in den kristallinen Untergrund eingelagerten Nama-Schichten ab. Wenn wir dann in der Namib gegen den großen Steilabfall fortschreiten, so sehen wir dort die intensive Anhäufung im wesentlichen durch fluvio-aride Vorgänge der Schichtflut-Eindeckungen (oder Oberflächenspülungen; sheet-floods der englischen Literatur), die auch noch durch einen großen Teil des normal-ariden Gebietes anhält. Es ist das Gebiet der großen intermontanen Schuttauffüllungen (vgl. S. 48/9). Gehen wir aber weiter in feuchtere Teile des ariden Gebietes hinüber, so tritt die fluvio-aride Aufschüttung immer mehr zurück. Fluviatiler Abtransport beginnt und wird immer stärker, so daß dort die gelockerten Produkte meist immer gleich wieder abgetragen werden.



Figur 2

Schematische Kurve der Aufschüttung und Abtragung in den Trockengebieten Südafrikas.

Die Darstellung in der Kurve ist, wie besonders betont sei, rein schematisch. Sie soll uns nur relativ die Verhältnisse veranschaulichen. Sie ist auch in Bezug auf die großen Flächenräume der einzelnen Klimazonen, welche in horizontaler Anordnung angedeutet sind, viel zu steil, also vielfach überhöht gezeichnet. Eine weitere Besprechung dieser Kurve und ein Vergleich mit den örtlichen Verhältnissen wird in Kürze in den Monatsberichten der Deutschen Geologischen Gesellschaft erscheinen.

VI. Hauptgebiet der edaphischen Vorgänge und Erscheinungen.

Die vorgelegte Kurve soll nun benutzt werden, um das Gebiet der edaphischen Beeinflussung etwas näher zu bestimmen. Die großen Flugsanddecken der Kalahari zeigen nur die edaphisch bedingte Wasserbewegung in der Ansammlung von Grundfeuchtigkeit. Dies ist aber (vgl. S. 58/59) keine spezifische Erscheinung des ariden Gebietes, sondern sie hat universelle Bedeutung, so daß wir auch in den anderen Teilen unseres ariden Gebietes diese durch die physikalischen Gesteinsverhältnisse bedingte Erscheinung nicht besonders erwähnen. Sonst aber ist die einheitliche, klimatisch bedingte Sandeindeckung die HAUPTERSCHINUNG für die Kalahari.

Die intermontanen Schutteindeckungen zeigen gleichmäßige Flächenbildungen, bedingt durch die klimatisch veranlaßten Schichtfluten. Nur an den die Senken überragenden Berghängen beobachten wir edaphische Erscheinungen, dort eben, wo die Abtragung stärker als die Aufschüttung oder dieser gleich ist.

In dem Aufschüttungsteile des extrem-ariden Gebietes treten innerhalb der Schuttflächen die edaphischen Erscheinungen ebenfalls zurück. Sie werden aber sofort wieder stärker, wenn wir in das Gebiet der stärkeren, hier äolischen Abtragung in der vorderen Namib kommen.

Gehen wir aber auf der anderen Seite nach den niederschlagsreicheren Teilen, wie z. B. in das Bushveld, hinüber, so kommen wir in ein Gebiet, wo wohl, wie wir gesehen haben, tiefgründige Verwitterung vorherrscht, aber Aufschüttung nur vereinzelt vorkommt, was durch besondere Ortslage des Abtragungs- und Aufschüttungsbezirkes bedingt ist. Hier aber tritt, wie wir sahen, edaphische Beeinflussung in den Oberflächenformen, in den chemischen Vorgängen und in der Bodenbildung besonders hervor.

Gehen wir aber noch weiter in immer niederschlagsreichere Teile hinüber, so treten die edaphischen Wirkungen zunehmender Abtragungskraft des ständig abfließenden Wassers immer mehr zurück. Hie und da lehren noch Buntfarbigkeit der Böden, die Gestalt einzelner Felsen und Berge, daß zuweilen noch der Untergrund die Oberfläche beeinflußt. Aber dort tritt mehr und mehr die Eintönigkeit der gleichmäßigen Bodenbildung und das Vorherrschen rein klimatisch bedingter Faktoren hervor. Wir sind in

das Gebiet der zu einheitlichen Verwitterungserscheinungen konvergierenden klimatischen Verwitterung und Bodenbildung gekommen.

Die edaphischen Einwirkungen auf die Erscheinungen der Oberfläche waren auf diesem ganzen Profil quer durch das südafrikanische aride Gebiet hindurch besonders stark, während eine Zwischenzone und dann der Übergang zum humiden Gebiet an der Ostküste viel ärmer an edaphischem Einfluß auf die Oberflächenerscheinungen sind. Die edaphischen Erscheinungen treten dort am stärksten hervor, wo die Auflagerungszone ariden Gebietes in die reine Abtragungszone übergeht, im Westen in dem trockensten Teile, im Osten in dem normal-ariden Gebiet des westlichen Transvaal und klimatisch gleichgestellten Zonen Südafrikas.

Der große Wechsel, den wir stellenweise in den Bodenbildungen Südafrikas sehen, war es vor allem, der du Toit¹⁾ zu dem Ausspruch veranlaßte: „that many soils are only in an immature or intermediate stage of development“, daß hier in Südafrika solche unvollkommen entwickelte Bodentypen eben so häufig oder häufiger seien als Endprodukte der Bodenbildung. Er stützt sich dabei wohl auf Angaben bei Marbut²⁾. Meine vorher mitgeteilten Beobachtungen und die daraus gezogenen Schlußfolgerungen geben uns eine bessere Erklärung dieser scheinbar unregelmäßigen Erscheinungen. Wir stellten fest, daß eine große Zahl dieser starken Wechsel in den Oberflächenerscheinungen eben edaphisch bedingt ist, daß wir in diesem häufigen und plötzlichen Wechsel der Erscheinungen an der Oberfläche nicht ein unreifes, unentwickeltes Stadium der Verwitterung vor uns haben, sondern daß die von den klimatisch bedingten Bodenverhältnissen abweichenden Erscheinungen edaphisch bedingte Endprodukte sind. Die klimatisch und edaphisch bedingten Erscheinungen weichen hier deshalb so voneinander ab, weil der Untergrund einen größeren Einfluß auf die Oberflächenerscheinungen ausübt als in anderen Teilen des ariden Gebietes und in dem ganzen humiden Klimagebiet der Erde.

¹⁾ A. L. du Toit, *The Geology of South Africa*, 1926, S. 382.

²⁾ H. L. Shantz and C. F. Marbut, *The vegetation and soils of Africa*, American Geogr. Soc., Research Series Nr. 13, New York 1923; vgl. auch C. F. Marbut, *The Classification of arid-soils*, Actes de la IV. Conference internat. de Pédologie, Rom 1924, II, S. 362–375.

Man darf aber bei allen Erörterungen über Verwitterung, Abtragung und Aufschüttung in den ariden Gebieten nie vergessen, daß alle diese Vorgänge in den ariden Gebieten außerordentlich langsam vor sich gehen. Mancherlei Formen und mancherlei Verwitterungsprodukte sind uns deshalb fremdartig, weil nicht die aus humidem Klima bekannten Verhältnisse von Verwitterung und Abtragung zueinander vorliegen. Die Langsamkeit der ganzen Vorgänge führt andererseits bei der einen und anderen Form oder bei einzelnen Vorgängen zu Bedenken, ob sie nicht bei weiter vorgeschrittener Verwitterung und Abtragung sich einem anderen Endstadium nähern würden. Aber Vorzeitformen und Vorzeitvorgänge sind es nicht; sie sind, wie zumeist leicht festgestellt werden kann, noch heutige Arbeitsformen. Aber was ist zum Schluß auch ein Endstadium der ganzen Umwandlung? Die Verwitterungserscheinungen etwa des Bushveldes als noch nicht bis zum Endstadium vorgedrungen zu erklären, würde zweifellos recht gezwungen sein. Das Gleiche gilt von anderen Erscheinungen unseres Gebietes.

Wenn wir dann feststellten, daß auf beiden Seiten des Maximal-Aufschüttungsgebietes der edaphische Einfluß an der Oberfläche besonders stark ist, so würde man bei oberflächlicher Untersuchung vermuten, daß hier eine erst in verhältnismäßig kurz zurückliegender Zeit freigelegte Landoberfläche in einem unreifen Stadium der Entwicklung sei. Aber wir haben keine Anzeichen dafür, daß hier tatsächlich bis in jüngste Zeit hin eine erhebliche Überdeckung vorgelegen habe und erst in jüngster Zeit von dem Untergrund fortgeführt wäre. In anderen Gebieten mag das vielleicht der Fall sein, aber für die große Ausdehnung dieser edaphische Einflüsse zeigenden Gebiete ist eine derartige Erklärung nicht durchführbar. Die Tiefgründigkeit der Verwitterung im Bushvelde, die Abtragung der Verwitterungsprodukte dort, wo die rückgreifenden Flüsse eingeschnitten haben, und die Tiefgründigkeit der Verwitterung an einzelnen Stellen extrem-ariden Gebietes deuten aber doch darauf hin, daß diese Vorgänge schon sehr alt sind. Wir stellten an anderer Stelle fest, daß die Landoberflächen schon im Tertiär nahezu der heutigen Oberfläche entsprachen, und vermuten für andere Gebiete Südafrikas noch höheres Alter. Der Anfang der heutigen Formentwicklung und der Verwitterungs-

vorgänge liegt dann weit zurück. Ein Teil der Formen und Vorgänge sind als Vorzeitformen und -vorgänge aufzufassen. Sie schreiten aber noch heute weiter fort in ihrer Ausbildung. Wir haben andererseits gesehen (S. 45/6), daß stellenweise die klimatisch bedingten Erscheinungen im Kampf mit den edaphischen stehen und letztere zu zerstören suchen. Ich stellte das zunächst nur für die morphologischen Formen fest, ich vermute aber, daß wir bei einer den hier entwickelten Gedankengängen folgenden Untersuchung der Bodenproben es auch für die Verwitterungserscheinungen feststellen können. Es wäre dabei ein Hauptgewicht auf die Feststellung zu legen, ob etwaige Konvergenzerscheinungen gleichsinnig mit oder entgegengesetzt zu den edaphisch bedingten Erscheinungen sich abspielen. Ich vermute, daß ein entgegengesetztes Verhalten sich herausstellen wird.

Wenn wir aber nun durch die Entwicklung der modernen Bodenkunde daran gewöhnt worden sind, in der neueren Bodeneinteilung immer den Standpunkt der klimatischen Bodenzonen an die Spitze gestellt zu sehen, so müssen wir uns fragen, ob wir uns mit unseren Ausführungen nicht in Widerstreit mit den von der Bodenkunde gezogenen Schlußfolgerungen befinden. Ein solcher Gegensatz ist sicher vorhanden. Ich glaube aber, daß sich klimatische Bodenzonen in ariden Gebieten dort leicht nachweisen lassen werden, wo ein einheitlicher Untergrund auf weite Erstreckung in die Bodenbildung einbezogen ist und nun hier verschiedenartige klimatische Verhältnisse auf das gleiche Gestein einwirken. Aber in dem Trockengebiet Südafrikas sehen wir einen äußerst wechsellagerungsreichen Untergrund der Bodenbildung ausgesetzt, so daß wir hier die Beeinflussung aus dem Gestein heraus, die Verwitterung von innen her, oder die „Auswitterung“ von Walther¹⁾ so besonders in den Vordergrund treten sehen.

Würde sich die Lehre von den klimatischen Bodenzonen in einem so wechsellagerungsreichen Untergrund zeigenden Land wie Südafrika entwickelt haben, so würde man vielleicht schon viel früher auf diese große Bedeutung des Untergrundes aufmerksam geworden sein. Daß aber schon Anklänge nach dieser Richtung vorhanden sind, habe ich im Anfange dieser Mitteilung erwähnt. Ich kann

¹⁾ Joh. Walther, Gesetz der Wüstenbildung, 1924, Seite 161.

aber noch hinzufügen, daß für einen Teil unseres Gebietes Waibel¹⁾ bereits darauf hingewiesen hat, daß in den großen Karrasbergen Südwestafrikas das spülende Wasser eine außerordentliche Empfindlichkeit auf die kleinsten Gesteinsunterschiede zeigen soll. Sicher sind auch noch andere Angaben darüber vorhanden, aber ich will hier nicht alle solche Punkte zusammentragen. Die Entwicklung der Bodenkunde aber in einheitlicher aufgebauten Gebieten ariden Klimas wie im südlichen und südöstlichen Rußland und in den westlichen Staaten von Südamerika führte dazu, daß man eben wegen größerer Einheitlichkeit des Untergrundes die edaphisch bedingten Formen erst in den Hintergrund geschoben sah und sie übersehen zu können glaubte.

VII. Wozu diese eingehende Darstellung vom geologischen Standpunkte aus?

Eine kurze Beantwortung dieser Frage habe ich schon an anderer Stelle gegeben²⁾, möchte sie aber hier noch einmal kurz wiederholen. Ich suche alle Beobachtungen über Vorgänge und Erscheinungen unter aridem Klima nicht deshalb zusammen zu stellen, um nun von besonderem Standpunkte aus die Oberflächenerscheinungen des ariden Klimas zu erörtern, sondern um immer mehr Material zu sammeln für eine bessere Erkenntnis der älteren Formationen arider Entstehung. Alle diese und andere noch folgende Darlegungen streben nach genauer petrogenetischer Grundlage für die Entstehung von Sedimenten der geologischen Vorzeit unter ariden Bedingungen.

Darüber hinaus werden hie und da Erklärungen sich ergeben für Erscheinungen in anderen Gebieten. Wissen wir, daß die Rendzina-Böden auf den Kalkhochflächen des Schwäbischen und Fränkischen Jura edaphisch durch den Untergrund bedingt sind und den klimatischen Bodenzonen des Gebietes fremd gegenüber stehen, so können wir die eigenartigen Waben- und Gitterstrukturen an den Sandsteinfelsen der Rheinpfalz, der Elbsandsteine Sachsens und der Heuscheuersandsteine Schlesiens viel einfacher

¹⁾ L. Waibel, Mitt. a. d. deutschen Schutzgebieten, Berlin 1925, 33, 31.

²⁾ Trans. Geol. Soc. South Afr. 1927, 30, 127. Vgl. auch die Bezugnahme auf E. de Martonne in Fußnote 1 auf Seite 40.

als bisher, nun durch eine edaphische Anknüpfung dieser Formen an die Wasserbewegung im Untergrunde erklären. Die Konvergenz der Verwitterung hier im humiden Gebiet mit der sonst in ariden Gebieten bekannten ist nicht durch das Klima, sondern durch das Untergrundgestein bedingt. Die Bausteine an den Monumentalbauten der Großstädte humiden Klimas zeigen Salzausblühungen, Verkrustungen und Rindenbildungen, also Erscheinungen, die für das aride Klima kennzeichnend sind. Ich bezog diese Verwitterung früher¹⁾ auf „Inseln ariden Klimas“ innerhalb des humiden. Andere haben diese Erscheinungen als aklimatisch oder pseudoklimatisch bezeichnet. Liegt aber nicht dasselbe hier vor wie bei den edaphischen Erscheinungen unserer jetzigen Betrachtung? Beziehen wir diese Verwitterung an den Bausteinen nicht besser auch auf die Wasserbewegung in den Quadern des Bauwerkes?

Wenn wir dann weiter an den hier beleuchteten Kampf der klimatisch bedingten Vorgänge gegen die edaphisch bedingten denken, dann verstehen wir, wie wir stellenweise auch im humiden Klimareiche von besonderen Oberflächenformen für einzelne Gesteine sprechen müssen, wie manche Lehrbücher die Morphologie der Kalk- und Dolomitgebiete in besonderen Kapiteln abhandeln.

Aber auch nach anderer Richtung hin werden sich derartige eingehende Untersuchungen im ariden Klima auswirken, was ich in späteren Mitteilungen zu zeigen gedenke. Ein Vergleich mit anderen Trockengebieten muß auch noch ausgeführt werden. Es lag mir daran, an dieser Stelle nur zu zeigen, wie in einem besonderen Trockengebiete wesentliche Unterschiede zwischen den klimatisch bedingten und den edaphisch bedingten Vorgängen und Erscheinungen sich leicht feststellen lassen.

¹⁾ E. Kaiser, N. Jb. f. Min. etc. 1907, II, 42—64. — Die Verwitterung der Gesteine, besonders der Bausteine, Handbuch d. Steinindustrie, I, Berlin 1915, S. 410—439. — Vgl. auch H. L. F. Meyer, Geolog. Rundschau 1916, 7, S. 201—202.

Nachtrag zu S. 45.

Zur Frage der Einrumpfung innerhalb des Bushveld-Eruptivkörpers.

Für die Ausbildung der fast ebenen Abtragungsfläche ist vielleicht der Umstand ganz besonders wichtig, daß die Abtragung innerhalb der Eruptivmasse lange Zeit gehemmt wurde durch die Zerschneidung mehrerer harter Quarzitrückén, welche, wie S. 43 angegeben, den Bushveld-Eruptivkörper umgeben. Nachdem die hangende Decke über der Intrusivmasse abgetragen war, konnte in dem leichter verwitternden Eruptivgestein eine tiefgründige Verwitterung und flächenhafte Abtragung voranschreiten, während die Quarzitrückén nur langsam zerschnitten wurden. Die Abtragungsbasis für das Innere des ringwallunggürteten Bushveldes lag damit lange Zeit fest oder nahezu fest, sodaß in dem leichter verwitternden Gestein Seitenerosion lange Zeit vorherrschte, wobei Flächenspülung und Regenrinnsale oder Spülrinnen¹⁾ eine besondere Rolle spielten, wozu noch Wandverwitterung²⁾ und Rückweichen der Steilwände isolierter Restberge tritt. Erst nach Durchschneiden der quarzitischen Umrandung tritt allmähliche, aber langsame Tieferlegung der Abtragungsbasis ein, und neue Abtragung setzt nun innerhalb des Bushveldes an. Tiefenerosion ersetzt die flächenhafte Seitenerosion. Das entspricht der auf S. 44 erwähnten Freilegung des frischen Untergrundes durch die nun tiefer in die Umwallung des Bushveldes einschneidenden rückgreifenden Flüsse. Die fast ebene Abtragungsfläche wäre damit zum größten Teil doch zum Teil edaphisch bedingt durch das leichter verwitterbare Eruptivgestein und durch die langsame Abtragung innerhalb desselben, behindert eben durch den Rand mit seinen harten Quarzitbänken. Diese Verebnung wäre bei dieser Auffassung in ihrem größten Teile eine tektonisch bedingte Vorzeitform; nur an einzelnen Stellen kann sie sich noch heute fortbilden. Die einzelnen die Fastebene überragenden Berge innerhalb der Fastebene wären dann Restberge der Einrumpfung und brauchen damit nicht durch besondere Härte ausgezeichnet zu sein.

¹⁾ Vgl. Waibel, Mitt. a. d. deutschen Schutzgebieten, Berlin 1925, 33, 29.

²⁾ Ebenda, S. 24 u. a. St.

Erläuterung zu den Tafeln I—III.

Abb. 1. Bleskop Syenitgang, östl. von Rustenburg, Transvaal. Die fastebene Abtragungsfläche des Bushveldes Transvaals zeigt mannigfache, durch verschiedenartigen Widerstand der Untergrundgesteine gegen die Abtragung bedingte Erhebungen. In der vorliegenden Abbildung zieht quer zum Beschauer ein großer, weitanhaltender Syenitgang, der in Beziehung steht zu den jüngeren, alkalisyenitischen Injektionen (Pilandsberge u. a.). Er erhebt sich als weithin sichtbare Marke über die Abtragungsfläche des Bushveldes. Während unter der fastebenen Oberfläche des Bushveldes (Vordergrund) die noritischen Gesteine tiefgründig verwittert sind, ist an dem Härtling des Syenitganges ein Teil der Norite gut erhalten. Man sieht sie mit ihrer nach links fallenden Pseudoschichtung der Norite vor der höheren Kuppe links im Bilde.

Abb. 2. Im Norit des östlichen Bushveldes, n. w. von Lydenburg, bei Farm St. Edmonds. Während der westliche Teil des Bushveldes Transvaals eine nahezu einheitliche, fastebene Abtragungsfläche zeigt, greifen im östlichen Teile die perennierenden Flüsse der Ostküste weit in das Bushveld rückgreifend zurück. Aber überall treten selbst im Eruptivgebiet schief gestellte Tafeln auf, die ihre Entstehung der Lagentextur, bzw. Pseudoschichtung (Differentiation) der Norite verdanken. Die Formen im Eruptivgebiete sind hier äußerlich von denen im Sedimentgebiete kaum zu unterscheiden. Edaphisch bedingte Oberflächenformen liegen hier vor (vgl. S. 46, 64).

Abb. 3. Die fastebene Fläche des westlichen Bushveldes nördl. von Rustenburg, Transvaal. Im Hintergrund die Pilandsberge. Von O. gesehen. Über die Fastebene des Norites im westlichen Teile des Bushveldes erhebt sich das Massiv der Pilandsberge. Die Fastebene des Bushveldes ist durch die klimatischen Vorgänge des Gebietes bedingt, die Form der Pilandsberge aber durch die andersartigen Gesteine desselben edaphisch beeinflusst. Aber morphologische und geologische Grenze der Pilandsberge fallen nicht zusammen. Die fastebene, klimatisch bedingte Grenze hat über den geologischen Rand der Eruptivmasse der Pilandsberge in diese zurückgegriffen. Die Grenze der jüngeren Eruptiva liegt nicht am Fuße der Berge, sondern diesseits in der Fastebene der Abtragungsfläche. Breite Talungen greifen auch an mehreren Stellen von der Fastebene in das Bergland der Pilandsberge hinein. Es sind das alles Anzeichen dafür, daß die klimatischen Vorgänge die edaphisch bedingten Formen auch hier zu zerstören suchen.

Abb. 4. Der südliche Rand des Bushveldes bei Olifantspoort, südöstlich von Rustenburg, Transvaal. Das Bild zeigt uns links wieder die Fastebene des Bushveldes. Rechts sehen wir den nach Norden einfallenden Rand der Magaliesbergquarzite, welche unter den Norit des Bushveldes

untersinken. Während die Fastebene der Norite des westlichen Bushveldes trotz aller Unterschiede in den einzelnen Differentiationslagen der Norite eine klimatisch nahezu ganz ausgeglichene Form zeigt, aus der nur einzelne, edaphisch bedingte Norithärtlinge herausragen, sehen wir gleich in den liegenden Quarziten Formen, welche edaphisch ganz wesentlich beeinflusst sind, mannigfache Schichthänge zeigen und jede einzelne Quarzitbank hervortreten lassen. Durch eine Lücke, die durch eine Verwerfung bedingt ist, tritt hier ein wasserreicher Lauf in das Bushveld hinein, so daß hier weit ausgedehnte Citruspflanzungen (Apfelsine, Mandarine, Zitrone usw.) angelegt werden konnten, die den Vordergrund des Bildes beherrschen und gute Erträge abwerfen.

Abb. 5. Piedmontstufen in der Weitung des Godwan Rivers, östliches Transvaal. Das Bild ist zwischen Kaapsche Hoop und der Station Godwan River (an der Strecke Pretoria—Lourenço Marquez) aufgenommen. Es zeigt im Hintergrunde den Hauptsteilabfall. Die Talung zeigt, in den einzelnen Kulissen der Erosion besonders hervortretend, einzelne Stufen. Dies sind aber nicht Erosionsterrassen der Talvertiefung, sondern in eine alte Talung zurückgreifende Stufen einer Piedmonttreppe im Sinne von W. Penck. Es handelt sich um von den alten Küstenlinien zurückgreifend in das Inland vordringende Verebnungsflächen, deren jede einzelne veranlaßt ist durch eine Stillstandslage in der Emporhebung des südafrikanischen Kontinentes.

Abb. 6. Piedmontstufen in dem „valley of a thousand hills“ zwischen Pietermaritzburg und Durban, Natal. Dies von der Reklameabteilung der South African Railway and Harbours zur Verfügung gestellte Bild zeigt die wildzerschnittene „badland“ Landschaft bei Drummond zwischen Pietermaritzburg und Durban. In dieser zerrunsten Landschaft aber sehen wir in den Riedeln ausgedrückt mehrere Verebnungsstufen, die durch die gleiche Höhe der Riedel (Rücken) zwischen den einzelnen Erosionsfurchen kenntlich sind. Auch hier handelt es sich um einzelne Einebnungsflächen im Sinne der Piedmonttreppe von W. Penck. Sie unterbrechen geradezu das einheitliche Bild dieser zerrunsten Landschaft. Hie und da mag ja eine einzelne harte Bank edaphisch die Oberflächenform beeinflussen. Aber im ganzen handelt es sich um klimatisch bedingte Formen, die wir in Parallele stellen können zu Abb. 5. Wenn ich selbst auch nur einen kurzen Blick auf diese eigenartige Landschaft am späten Abend werfen konnte, so haftet dieser Blick doch um so fester. Herrn P. Fritzsche in Durban, der mir diesen Blick bei einer Motorwagenfahrt gerade bei der richtigen Beleuchtung zugänglich machte, bin ich zu besonderem Dank verpflichtet.

Abb. 1—5 vom Verfasser aufgenommen, Abb. 6 von den South African Railway and Harbours in dankenswerter Weise zur Veröffentlichung zur Verfügung gestellt.



Abb. 1. Bleskop Syenitgang, östl. von Rustenburg.



Abb. 2. Im Norit des östlichen Bushveldes n. w. von Lydenburg.

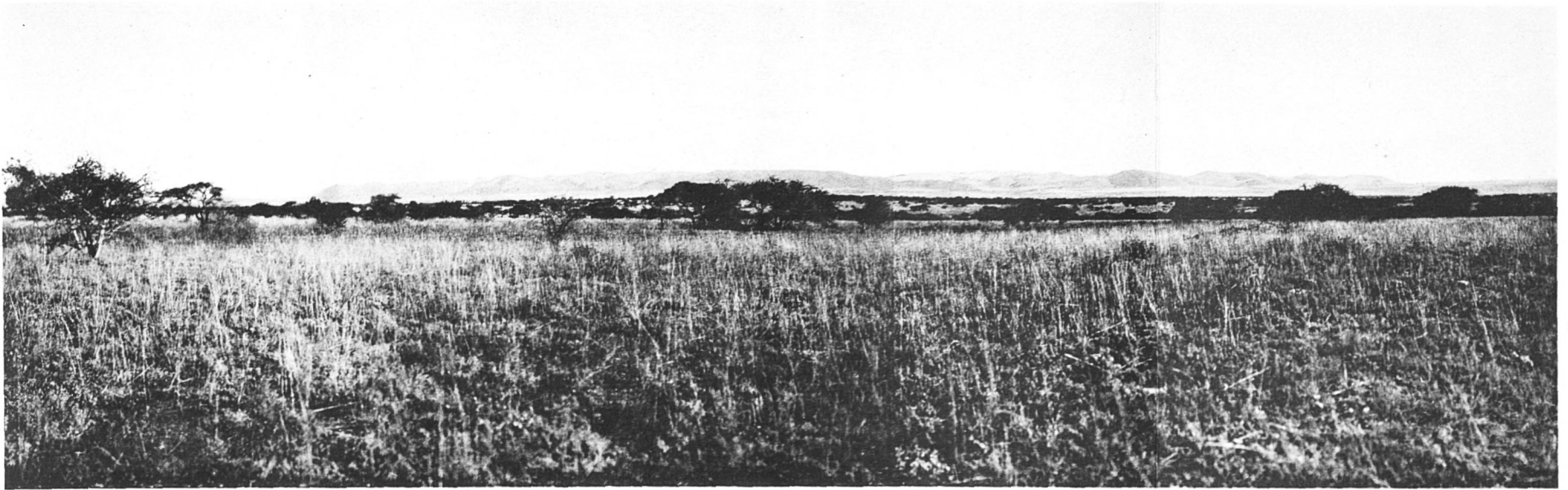


Abb. 3. Die fastebene Fläche des Bushveldes; im Hintergrunde die Pilandsberge; von O gesehen.

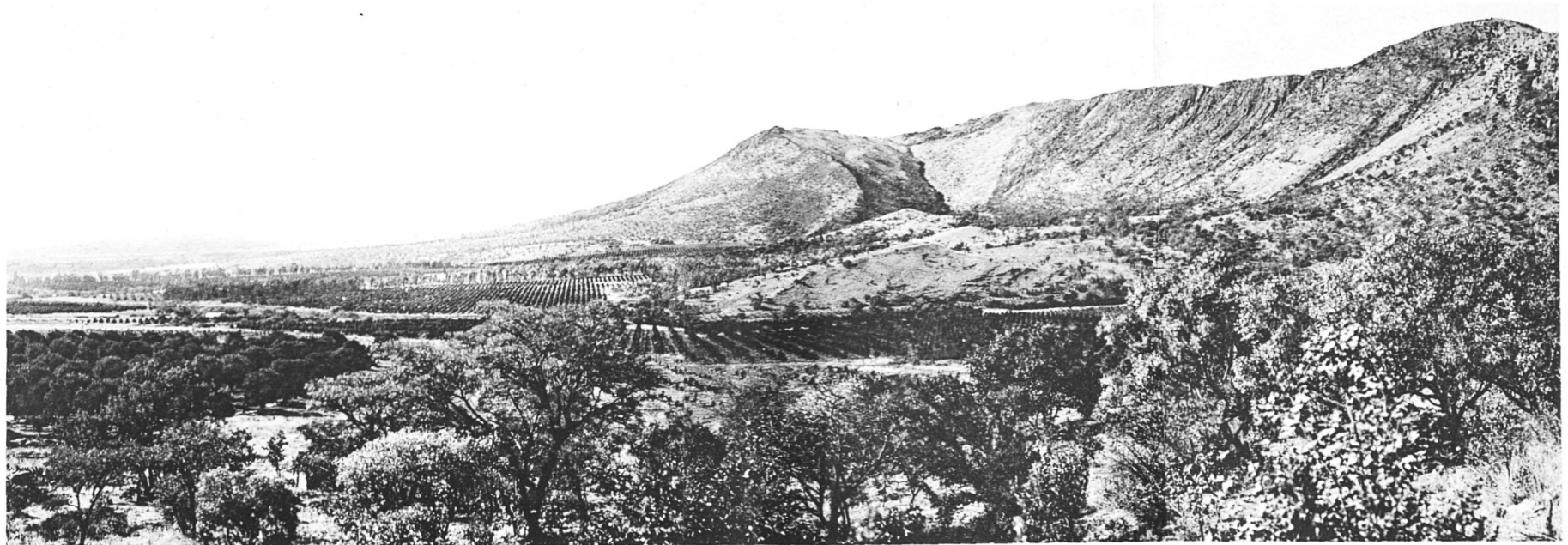


Abb. 4. Der südliche Rand des Bushveldes bei Olifantspoort; s. ö. von Rustenburg.

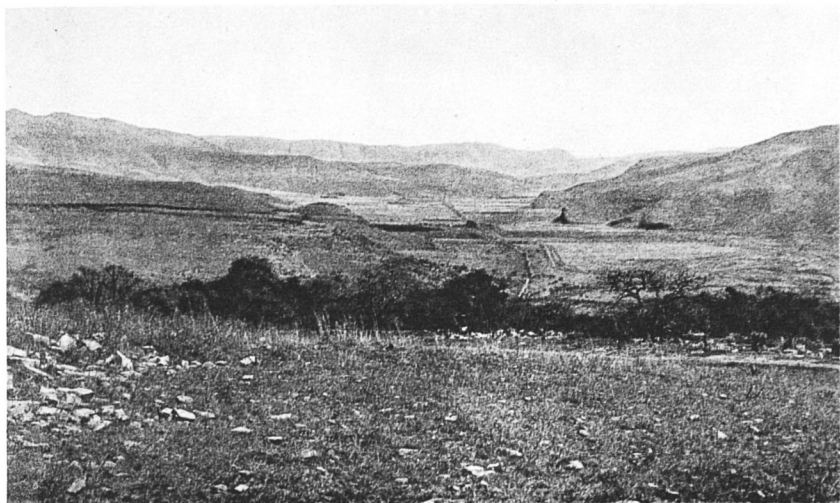


Abb. 5. Piedmontstufen in der Weitung des Godwan River.



Abb. 6. Piedmontstufen in dem „valley of a thousand hills“
zwischen Pietermaritzburg und Durban, Natal.