

17. Agrogeologische Beschreibung der Umgebung von Szabadka und Kelebia.

(Bericht über die agrogeologische Spezialaufnahme im Jahre 1908.)

VON PETER TREITZ.

Nach dem Plane der Direktion der d. kgl. ung. geologischen Reichsanstalt wurde ich vom hohen Ackerbauministerium betraut, die Umgebung von Szabadka, Bácsalmás (und Kunbaja im Anschluß) an mein vorjähriges Gebiet auf dem Kartenblatt Zone 21 Kol XXI, zu kartieren.

Im Monat August unternahm ich mit den Hörnern des höheren Lehrkurses für Weinbau und Kellerwirtschaft die jährliche bodenkundliche in das Weingebiet von Pécs.

Vom 1. August an beteiligte sich an den agrogeologischen Aufnahmen auch Herr Landwirtschafts-Praktikant L. OBICSÁN, der mir von der Direktion der kgl. ung. geologischen Reichsanstalt zugeteilt wurde, um sich die nötige Gewandtheit in den agrogeologischen Aufnahmen anzueignen. Das hohe Ministerium beabsichtigte bei der Entsendung Herrn L. OBICSÁN zu den Arbeiten im Laboratorium im nächsten Winter einen schon in der landwirtschaftlichen Praxis tätigen Fachmann in bodenkundlichen Fragen so weit auszubilden, daß er später im stande sei Fragen, die seitens der Landwirte und Behörden an das Ministerium gestellt werden selbständig zu erledigen. Die Direktion der kgl. ung. geologischen Reichsanstalt war bisher gezwungen, um einer diesbezüglichen Überbürdung der agrogeologischen Sektion auszuweichen, solche Ansuchen zurückzuweisen.

Herr L. OBICSÁN befaßte sich schon im Sommer des vergangenen Jahres mit Bodenaufnahmen, indem er die Bodenkarte der Landwirtschaftlichen Schule der kgl. Freistadt Szabadka bearbeitete und im Winter im Laboratorium unserer Anstalt die nötigen Analysen ausführte. Es gereicht mir zur Freude konstatieren zu können, daß Herr

L. OBICSÁN mit voller Hingebung und unermüdlichem Eifer an der Durchforschung und Kartierung meines Aufnahmegebietes teilnahm. Sein großer Fleiß und seine Ausdauer berechtigen zur Hoffnung, daß Herr L. OBICSÁN der ihm von Seite des Ministeriums gestellten Aufgabe vollständig entsprechen wird.

Im Monate Oktober hielt die agrogeologische Sektion unserer Anstalt unter der Leitung ihres hochverehrten Chefs Herrn kgl. Rates Dr. THOMAS v. SZONTAGH auf meinem Gebiete eine mit Exkursionen verbundene Konferenz. Es sei mir gestattet meinem hochverehrten Chef meinen herzlichsten Dank auszusprechen, nicht nur, daß er diese Konferenz ermöglichte und sie leitete, sondern auch daß er in erster Linie mein Gebiet zur Begehung festsetzte, so mir Gelegenheit bot von dem Gang der Aufnahmen im Alföld Rechenschaft geben und die Schwierigkeiten, mit welchen ich während meiner Arbeiten im Felde zu kämpfen hatte, vorführen zu dürfen.

Herr Dr. ANDOR v. SEMSEY, Mitglied des Magnatenhauses, der Mäzen der Wissenschaften in Ungarn ermöglichte mir dieses Jahr die Ergänzung meiner Studien im Wald- und Steppengebiete von Rußland und Rumänien. Es war mir geglückt den Sektionsgeologen Herrn EMERICH TIMKO als Reisegefährten für meine Studienreise zu gewinnen. Ich muß bekennen, daß diese beiden Studienreisen einen Wendepunkt in meiner Auffassung der gesamten Bodenkunde bilden. Erst seit ich Gelegenheit hatte die Hauptbodentypen in ihrer Urform in ungestörter Lagerung unter Führung ausgezeichneter rußischer Gelehrten an Ort und Stelle sehen zu können, bin ich mir über die Prozesse der Bodenbildung und den Umfang der wissenschaftlichen Bodenkunde klar geworden und über die einzuhaltende Richtung bei den bodenkundlichen Arbeiten sicher geworden. Es ist mir eine angenehme Pflicht meinen innigsten Dank den Herren Professoren in Odessa und Novo Alexandria Herrn Prof. Dr. J. Nabokich, H. Prof. Dr. E. Taufiliew, H. Prof. Dr. Laskariw und H. Prof. Dr. K. Glinka aussprechen zu können, daß sie unsere Exkursionen ermöglichten, uns begleiteten und während dieser uns mit wertvollen Lehren und Aufklärungen versahen, sowie auch für die echt russische Gastfreundschaft, welche sie während unseres ganzen Verweilens uns angedeihen ließen.

Orographie.

Das kartierte Gebiet wird durch die Stadt Szabadka, und die Ortschaften Mélykut und Bácsalmás begrenzt, bildet ein gegen Süden sich neigendes Gelände, auf welchem der Wind aus Flugsand parallel ver-

laufende Hügelzüge aufgebaut hat. Die Dünenzüge des westlichen Teiles sind mit Löß und sandigem Löß, jene der östlichen mit grobkörnigem holozänen Flugsand überdeckt, die letztere Ablagerung ist noch gegenwärtig in Bewegung.

In dem mit Löß bedeckten Teile des Gebiets reihen sich NW--SE-lich ziehende schmale Dünengebilde parallel neben einander und schließen schmale tiefe Rinnen ein.

Auf dem Flugsandgebiete hingegen bildet der holozäne Flugsand breite, durch Kuppen und Mulden unterbrochene Hügelzüge, die ebenfalls mehr oder weniger die SE-liche Richtung einhalten, und breite langgestreckte Mulden begrenzen. In diesen Trockentälern findet heute das Gebiet seine Entwässerung, sie setzen sich aus mehreren Einzelbecken zusammen, in welchen sich das Schmelzwasser aufstaut, und zur Bildung von Sümpfen Anlaß gibt.

Die höchste Erhebung des Gebietes liegt an der Grenze des Flugsandes und des Lößgebietes, sie entstand infolge einer Überwehung des Lößrückens durch den Flugsand. Der Sand fließt vor dem Winde, durch den trockenen Nordwind getrieben füllte er erst das alte Trockental aus, durch das westliche Steilufer im Laufe gehemmt, staute er sich und zuletzt überlief er das Lößplateau.

Die Landstraße, welche Szabadka und Mélykut verbindet, deutet die Richtung der ehemaligen Schmelzwasserinne an, dessen östliches Ufer von der Steilwand des Lößplateaus, das westliche von seichten Sanddünen gebildet wurde.

Da die Steilwand dem Fluß des Sandes als Barre entgegen wirkte, wurde dieser aufgestaut, sein Niveau bis zur Höhe des Lößplateaus erhoben, und sowie dies erreicht war, flog er auf diesem ohne Hindernis weiter, wurde zu Dünen und Barchanen aufgetürmt, die 8 bis 10 m hoch über das Niveau der Umgebung reichen, so die höchste Erhebung des Geländes bildend. Von diesem Höhenzug sinkt das Gelände nach allen Richtungen, ausgenommen NW.

Die Flugsandhügel, welche den E und SE-lichen Teil des kartierten Gebietes bedecken, sind unregelmäßig geformt, und halten keine genaue Richtung ein. Die Dünengebilde im Norden und Westen hingegen sind durch parallele Entwicklung und dichte Lage charakterisiert. Den Kern dieser letzteren bildet feinkörniger Sand, die Decke sandiger Löß. Die einzelnen Dünen sind 4—8 m hoch, 50—90 m breit, schließen ebenso breite Täler ein. Die Länge der Dünen und Täler beläuft sich auf 2—4 Km.

Die beschriebene Orographie wird nur im Süden durch die Sandinsel von Bácsalmás gestört, deren nördliches Ende noch auf mein

Gebiet hereinreicht. Diese Sandinsel war einst ein Ausläufer des großen Sandlandes, welches nördlich von hier liegt und eine Fläche von 40—60 km² einnimmt. Sie wurde vom Hauptstock während der letzten großen Bewegung des Sandes abgetrennt.

Die Barchane in der Mitte der Insel erheben sich einige m hoch über das ganze Gelände. Der östliche Rand senkt sich sachte in das Niveau der lößbedeckten Dünengebilde, der westliche Rand findet seinen Abschluß in der breiten Schmelzwasserrinne, die etwas nördlicher beginnt und in das Tal der Tisza mündet. An ihrem oberen Ende ist sie durch Flugsand aufgefüllt, sehr seicht, mit ganz flachen Ufern begrenzt, gegen die Mündung zu, sobald die Rinne die Lößtafel erreicht hat, werden die Ufer allmählich steiler und höher. Der Boden dieses Trockentales ist die tiefste Stelle des kartirten Gebietes.

Der Aufbau des Geländes.

Den geologischen Aufbau dieses Landstriches beschrieb ich in dem Berichte von 1907¹ detailliert.

Die Ergebnisse der Aufnahmen, welche ich im letzten Sommer ausführte, bestätigen die Angaben meiner bereits veröffentlichten Erläuterung vollends. In diesem Jahre beschäftigte ich mich hauptsächlich mit der Erforschung des Aufbaues der oberen Bodendecke.

Das kartierte Gebiet gliedert sich, nach der Natur der die obere Decke bildenden Bodenarten in zwei Landstücke, nämlich, in ein Lößgebiet und in ein Sandgebiet. Der petrographische Charakter, wie die Schichtenfolge der beiden Ablagerungen deuten auf eine verschiedene geologische Entstehung, sie müssen demzufolge gesondert besprochen werden.

1. *Lößgebiet.* Die Schichtenfolge des Lößlandes ist ziemlich gleichartig, nur die Mächtigkeit der Lößschicht wechselt.

Die obere Decke bildet eine 170—200 cm mächtige Lößlage, darunter folgt eine Ablagerung von feinkörnigem Sand, der den einheitlichen Untergrund des ganzen Gebietes darstellt. Beide Bodentypen wurden durch Einwirkung der Vegetation noch weiter verändert, wie dies das Profil bezeugt:

1. Brauner Steppenboden (vályog)...	50—60	cm
2. Löß	120—140	«
3. Bleichsand	60—80	«
4. Sandige Orterde	30—50	«
5. Gelber feinkörniger Sand (Untergrund)...	300—500	«

¹ Jahresbericht der k. ung. Geologischen Anstalt für das Jahr 1907.

Den geologischen Ursprung dieses Bodenprofiles erklären die petrographischen und morphologischen Eigenschaften der einzelnen Glieder, die ich im Felde, sowie im Laboratorium feststellte.

Tabelle I. Mechanische Analyse der Hauptbodentypen.

Bodenart	Argillite	Steinmehl	Staub	Fein-Sand	Mittel-Sand	Summe	Anmerkung
	Körnergröße in Millimetern						
	bis 0·002	0·002-0·02	0·02-0·05	0·05-0·1	0·1-0·5		
1a. Brauner Steppenboden	35·00	29·25	19·25	8·30	2·90	94·76	—
1b. Brauner Steppenboden ohne Humus	29·74	33·13	23·26	10·12	3·72	99·99	Geglüht
2a. Löß mit Kalk	45·50	10·00	26·25	13·56	4·70	100·01	—
2b. Löß ohne Kalk	39·54	11·11	27·80	15·73	5·74	99·99	Kalk durch HCl gelöst
3. Dünen sand ohne Kalk	0·42		0·23	81·72	15·90	98·21	Kalk durch HCl gelöst

Aus der mechanischen Analyse ersehen wir, daß das Profil sich aus zwei Bodenarten aufbaut, aus Löß und aus Sand. Die obere Lage beider Bodenarten wurde, als sie die Oberkrume bildeten, durch die jeweilige Pflanzendecke verändert. Trotz dieser Veränderung zeigt es sich, daß die Körner des Materiales in dem Löß und in dessen humosem Teile, in der Braunerde, viel kleiner sind als jene der einzelnen Glieder des darunterliegenden Schichtenkomplexes. Im Löß bildet den Hauptbestandteil ein feines Mineralmehl (Diameter = 0·002—0·02 mm) 51—64% ; der Sand hingegen besteht größtenteils aus feinen abgerundeten Sandkörnern (Diameter 0·05—0·1 mm) 81%, Mineralmehl und Staub sind in ihm weniger als 1% enthalten. Die Sandkörner sind meist rund; sie erwiesen sich als abgerundete Splitter von: Quarz, Feldspat, Granat, Amphibol, Epidot und stellenweise viel Magnetit. Glimmerblättchen sind wenig vorhanden.

Im Löß dagegen sind viel Glimmerblättchen enthalten, während Magnetit fehlt.

Wenn wir die Korngröße der Schichten mit jener vergleichen,

¹ Die Schlämmanalysen und Kalkbestimmungen wurden von L. OBICSÁN ausgeführt.

welche in der Tabelle von UDDEN¹ angegeben sind, so sehen wir, daß der Stammort der beiden Bodenarten, Löß und Sand, sehr entfernt von einander liegen muß.

Nach UDDEN transportiert der Wind:

8—1	mm	große Sandkörner	auf eine	Entfernung	von einigen	Fuß			
1— $\frac{1}{4}$	«	«	«	«	«	«	«	«	m
$\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{8}$	«	«	«	«	«	«	«	«	einem km
$\frac{1}{8}$ — $\frac{1}{16}$	«	«	Staubkörner	«	«	«	«	«	einigen «
$\frac{1}{16}$ — $\frac{1}{32}$	«	«	«	«	«	«	«	«	100 «
$\frac{1}{32}$ — $\frac{1}{64}$	«	«	«	«	«	«	«	«	500 «

Die Mineralsplitter, die kleiner sind als $\frac{1}{64}$ mm (d. h. kleiner als 0·015 mm) schweben in der Luft und geraten sie in eine trockene aufsteigende Luftschichte, so werden sie durch diese auf ungeheure Entfernungen verfrachtet.

Den Hauptbestandteil des Sandes bilden Körner von 0·05—0·1 mm, die vom Winde auf eine Entfernung von höchstens 1 km getragen werden, meist werden sie nur geschoben, so daß sie übereinander rollend weiter wandern, ihr Ursprung kann also nicht weit liegen.

Der Löß und die Braunerde besteht größtenteils aus solchen kleinen Körnchen, welche der Wind auf unermeßliche Entfernungen verfrachten kann.

Das Material beider Schichtengruppen stammt aus dem großen Sandgebiete, welches nördlich von dieser Gegend zwischen den Städten Halas, — Jánoshalma, — Baja liegt. Die Tatsache, daß aus dem genannten Gebiete einmal grobes Material, ein andermal feines Material hier zur Ablagerung gelangte, daß weiter die Ablagerung der beiden längere Zeit hindurch ohne Störung erfolgte, deutet darauf, daß das Klima, welches während dem Aufbau dieser beiden Bodenarten herrschte, nicht gleichartig sein konnte.

Die Bildung solcher Dünenzüge kann nur in sehr trockenem Klima vor sich gehen, Löß hingegen lagert sich auch in feuchtem Klima ab, so ist im Alföld heute noch immerwährend starker Staubfall zu beobachten. Außer dem Materiale der Dünenzüge weisen auch noch die Formen der einzelnen Dünen, sowie deren Anordnung auf eine sehr trockene Periode hin. Solche parallel ziehende Dünenreihen bilden sich nur unter der Herrschaft von sehr trockenem Klima. Was weiter den Aufbau der unteren Sandschichten anbetrifft, so können wir aus der

¹ UDDEN J. A. The mechanical composition of wind deposits. Augustana libr. publ. No. 1. Rock. Island. 1898. 8.

petrographischen Natur der einzelnen Glieder deren Bildungsweise erklären.

Die Sandablagerung beginnt mit einer weißen dichten Schicht, in welcher die Poren zwischen den Sandkörnern mit kohlensaurem Kalk ausgefüllt sind. Eisen ist in den Verwitterungsprodukten dieses Sandes (in der Kruste der Sandkörner) nur in Spuren enthalten. Unter dieser hellen Sandschicht folgt eine zweite von rostbrauner Farbe und dichter Lagerung, welche dann dem gelben unteren, mehrere Meter mächtigen Dünen sand auflagert. Die genannten Schichten sind sehr charakteristisch, sie bilden die typischen Glieder einer echten Heideformation. Die erste ist die Bleichsandschichte, die zweite die sandige Orterde, (auch Fußerde, Branderde genannt), die dritte, der gelbe Sand bildet auch im nordeuropäischen Tieflande regelmäßig den Untergrund der Heiden.¹

Die chemische Untersuchung lieferte folgende Resultate:

In der weißen Schichte sind 60% kohlenaurer Kalk enthalten, doch weder Humus, noch Eisen konnte ich in den Verwitterungsprodukten nachweisen.

Ein wichtiger Umstand ist, daß in dieser Schichte sich kein Magnetit vorfindet, während die Orterde und der Dünen sand viel kleine Magnetitkristalle enthalten.

Die Orterde ist so fest, daß aus ihr sich Würfel schneiden lassen. Die Sandkörner sind durch ein Gemisch von Eisenoxydhydrat und Humus verkittet.

Die Schichtenfolge bildet einen untrüglichen Beweis, daß dieses Gebiet vor der Ablagerung des Lößes, während der Bildung dieser Schichten mit Heide und mit einem dieser Formation entsprechenden Walde bedeckt war. Alle drei Schichten sind das Resultat der Wirkung einer Pflanzenformation, welche sich nur in bedeutend feuchterer Atmosphäre entwickeln kann, als jene, welche über dieses Gebiet heutzutage herrscht.²

Im Heideklima bedeckt sich der Boden mit einer 10—15 cm mächtigen Lage von Humus, d. h. mit Heidemull oder mit Waldmull, welcher den größten Teil des Jahres feucht ist.³ Die Feuchtigkeit wird

¹ RAMANN E. Der Ortstein usw. Jahrbuch d. kgl. preuss. geol. Landesanstalt 1885. — MÜLLER. Humusbildungen.

² Seit ich diesen Bericht eingereicht habe, war es mir durch die Unterstützung von Herrn Dr. ANDOR v. SEMSEY, dem großmütigen Mäzen der Wissenschaften in Ungarn möglich, die deutschen Heidegebiete zu bereisen; die hier gepflogenen Untersuchungen bestätigten in allen Details die Folgerungen, die ich aus der Untersuchung der einzelnen Schichten zog.

³ Die Feuchtigkeit stammt nicht von den Niederschlägen, sondern von den

weiter durch das Laub oder das Nadeldach der Wälder vor Verdunstung bewahrt, insoferne, daß sie verhindern und hiemit das Eindringen der Sonnenstrahlen, die Verdunstung der Feuchtigkeit hintanhaltend, den Boden vor der austrocknenden Wirkung des Windes bewahren. Im Walde, wie in dessen Nähe herrscht ständige Windstille, hier kann der Wind den Boden nicht erreichen. Es ist eine bekannte durch Untersuchungen nachgewiesene Tatsache, daß die Verdunstung der Bodenfeuchtigkeit durch den Wind, der den Boden streift hervorgerufen wird.

Die Zersetzung der organischen Stoffe in feuchter Umgebung liefert sauer reagierende Produkte, saure organische Salze und Säuren. Die atmosphärische Feuchtigkeit löst, indem sie diese Walddummlage durchsickert, die sauren Zersetzungsprodukte auf und ätzt die Mineralsplitter des Bodens an, löst mit Hilfe ihres Säure- und Salzgehaltes die Basen, (insbesondere Eisen, Erdmetalle, Alkalien) auf und wäscht sie in den Untergrund. Die Auslaugung ist natürlich in der feuchten Jahreszeit am stärksten. Im Sommer ist die Luft überall trockener. Auch im Walde trocknet die Mullschichte, sowie die darunter liegenden Bodenschichten einigermaßen aus. Um den Wasserverlust zu ersetzen, steigt die Bodenfeuchtigkeit aus den tieferen Lagen empor, führt die aus den oberen Bodenschichten ausgelaugten Salze zurück, wirkt also der Auslaugung entgegen.

Die in der Bodenfeuchtigkeit enthaltenen Salze erreichen unverändert nur jenen Horizont des Bodenprofils, bis zu welchem die ersten Spuren des atmosphärischen Sauerstoffes, sei es durch Diffusion, sei es durch die Platzregen des Sommers, hinunter gelangen. Diese Bodenlösung, die sich in einer sauerstofffreien Atmosphäre bildete, wird, sobald sie mit einer sauerstoffhaltigen Luft in Berührung kommt, verändert, die oxidationsfähigen Salze nehmen Sauerstoff auf und ein Teil fällt aus der Lösung aus.

In diesem Horizonte lagern sich die Basen mit den Humusstoffen vereint ab und bilden den Ortstein oder die Orterde. In feuchter Lage unter der Herrschaft von feuchtem Klima enthält die Abscheidung mehr organische Stoffe (bis zu 17%) in trockeneren Zonen mehr Basen (organische Stoffe 2—3%)¹

Ausdünstungen des Bodens, der sich bei der Abkühlung des Abends zu Nebel verdichtet und die Täler und Mulden ausfüllt, endlich als Tau niederfällt.

¹ Die Untersuchungen, die ich in der letzten Zeit ausführte, ergaben, daß bei der Ausscheidung der verschiedenen Verbindungen aus der Bodenlösung auch jene Alkalisalze, namentlich Ammonsalze, eine große Rolle spielen, welche während des Sommers mit dem niederfallenden Tau auf den Boden gelangen, hier von der Bodenfeuchtigkeit gelöst und in die Tiefe geführt werden.

Die Rosterde, überall wo ich sie nur erbohrte, lag bei normaler Lage in einer Tiefe von 40—60 cm. Dies entspricht auch jener Tiefe, bis zu welcher der Sauerstoff hinuntergeführt wird.

Die Folge der Bewegung und der Umwandlung der salzhaltigen Bodenlösung ist die Bildung der Bleichsandschicht und der Orterde. Aus der oberen Bodenlage werden die Basen so auch das Eisen ganz ausgelaugt, in der unteren Lage wird der größte Teil dieser Stoffe abgelagert, sie verkitten auf solche Weise die Körner und bilden eine mehr oder weniger feste Steinbank.

Der kohlensaure Kalk, welcher die Poren der Bleichsandschicht ausfüllte und deren Körner verkittete, ist ein sekundäres Gebilde und schied sich aus der Bodenfeuchtigkeit erst nach der Ablagerung der Lößschicht aus.

Die Lößdecke besteht, wie oben schon erwähnt wurde, aus sehr feinem Mineralstaub und -Mehl, unterscheidet sich sehr scharf in allen Eigenschaften von dem darunterliegenden Sande. Erstens ist ihre Kornstruktur viel feiner, sie enthält keinen Sand; zweitens ist ihr Gefüge sehr porös, von vielen Röhrrchen durchzogen; endlich enthält sie kohlensauren Kalk, Eisenoxyd in kolloidaler Form. Der zutage liegende Teil der Lößdecke ist 50—60 cm tief von braunem Steppenhumus durchsetzt (Humusgehalt ca. 3%).

Aus diesen Daten, sowie aus dem Umstand, daß dies ganze Gebilde keine Spur von einer Schichtung aufweist, kann die Art und Weise seiner Bildung entziffert werden.

1. Die ganze Masse besteht aus so feinen Körnern, welche nur auf einen Transport durch den Wind hinweisen.

2. Das Fehlen einer Schichtung bezeugt die Kontinuität der Ablagerung. (Jede Ablagerung aus Wasser ist geschichtet)

3. Die Körner, auch die allerfeinsten, sind von einer Kalkkruste umgeben, welche Eisenoxyd in kolloidaler Form einschließt.

4. Die Verwitterungsprodukte enthalten keine Spur von Eisenoxydul. In jedem Sediment, ob es sich in Fluß- oder Seewasser abgelagert hat, ist ein Teil oder die gesamte Menge des Eisens als Oxydulverbindung enthalten.

5. Endlich sind die Poren und Kappillarröhrrchen, welche an Stelle der verwesten Graswurzeln zurückblieben von kohlensaurem Kalke entweder ganz ausgefüllt oder nur ausgekleidet.

Während der Ablagerung des Lösses herrschte ein Klima, welches viel trockener war als die vorhergehenden, d. h. die Luft war während des Sommers trockener, so daß der größte Teil der Bodenlösung auf der Bodenoberfläche wieder zur Verdunstung gelangte, und bei dieser

Gelegenheit die bei der Verwitterung gebildeten Basen, so Kalk, Magnesia, Eisen wieder in die oberen Bodenschichten führte.

Die Pflanzendecke war während der Ablagerung des Lösses eine Grasflur.

Aus allen diesen Daten, die wir bei der Untersuchung im Felde und der Analyse im Laboratorium erhalten haben, lassen sich sehr interessante Schlüsse auf das Klima ziehen, welches während dem Aufbau des gesamten Schichtenkomplexes herrschte.

Während der Ablagerung des Dünensandes, der den Kern der parallelen Dünenreihen bildet, herrschte ein trockenes Klima, denn die Dünensande zeigen keine Schichtung, sie wurden also vom Winde ohne Mitwirkung des Wassers aufgebaut. Als weiterer Beweis für diese Annahme ist weiter die abgerundete Form der Körner und das Fehlen des Glimmers. Die Faktoren, welche dieses trockene Klima bedingten, müssen nicht unbedingt durch eine allgemeine Klimaschwankung hervorgerufen worden sein. Wie die Erfahrung lehrt,¹ ist zur Änderung der natürlichen Pflanzendecke eine allgemeine Klimaänderung nicht notwendig. Es genügt zur Umwandlung eines Waldgebietes in Grasflur ein Niedersinken des Grundwasserniveaus.

Wenn die Flüsse in einem Hügelland oder in einer Ebene ihre Täler allmählich, jedoch fortwährend tiefer einschneiden, so sinkt auch mit dem Niveau des Flußwassers gleichmäßig das Niveau des Grundwasserspiegels. Die Bewegung dieses letzteren bedingt die Änderung der Pflanzenformation. Die beiden Extreme sind einerseits: Heide und Nadelwald bei hohem Grundwasserspiegel, andererseits Grasflur bei tiefem Stand desselben. Natürlich hängt mit diesem Faktor auch die Größe der Bodenfeuchtigkeit und der Dampfgehalt der Luft zusammen usw. Aus diesen Erörterungen ist zu ersehen, daß die pflanzenphysiologisch wirksamen klimatischen Faktoren sich aus rein geologischen Ursachen ganz und gar umwandeln können, z. B. durch ein tiefes Einschneiden

¹ Durch die Flußregulierungen und die Kanalisation des Großen Alfvöld sank das Grundwasser in allen Teilen bis zu einer solchen Tiefe, daß die Waldvegetation zu Grunde ging und die ehemaligen Laubwaldgebiete zu Steppen wurden. Allmählich trocknete der Boden dermaßen aus, daß die Niederschläge nicht mehr in die Tiefe dringen konnten und da die Verdunstung auf der Oberfläche eine solche Höhe erreichte, daß der größte Teil der Bodenfeuchtigkeit sich verflüchtigte, bildete sich im Untergrund die ewig trockene Schicht aus, welche die Zirkulation des Untergrundwassers hindert und solcherart eine Baumvegetation unmöglich macht. Die Verdunstung der Bodenfeuchtigkeit bewirkt die Anhäufung der Verwitterungsprodukte, somit die Entstehung von Alkalilandstrichen in allen Mulden und Becken, wo die Niederschlagsfeuchtigkeit sich ansammelt.

der Flußtäler oder ein starkes Aufschütten des Entwässerungsnetzes. So müssen wir uns auch den Wechsel der Pflanzenformation zu erklären suchen, welche nach der Ausbildung der Dünenreihen eintrat. Die Dünen wurden bewaldet.

Je tiefer das Grundwasser sich senkte, desto mehr trocknete der Boden aus, an den Rücken der Hügel, auf den Plateaus ging der Wald ein. Die trockene Bodenoberfläche kam zutage und gab Stoff zu einem intensiven Staubfall. Andauernder Staubfall tötet die Heide, zuletzt, sogar die Waldvegetation.¹ So können wir den Eintritt eines zweiten Wechels der Pflanzenformation erklären, ohne hiezu eine allgemeine Klimaschwankung voraussetzen zu müssen, es genügt zur Erklärung die Annahme, daß das Niveau des Untergrundwassers sich verändert hat. In Anbetracht dessen, daß sich in dem Becken auch in geschichtlicher Zeit Bodenbewegungen nachweisen lassen, daß es im Alföld selbst Landstriche gibt, in welchen Erdbeben eine ständige Erscheinung ist, so glaube ich, daß eine Niveauänderung, hervorgebracht durch geologische Ursachen, eine viel einfachere Erklärung für die Umwandlung der Pflanzendecke und — was dasselbe bedeutet — für eine Änderung des örtlichen Klimas sei, als eine allgemeine Klimaschwankung.

Wann dieser Wechsel im örtlichen Klima und wann die Umwandlung der Pflanzenformation stattfand, und endlich was ihre direkte Ursache war, will ich noch unentschieden lassen, da das Gebiet, welches ich zwischen der Donau und Tisza bis heute kartierte, viel zu klein ist, um die erhaltenen Daten verallgemeinern zu können.

Außer den besprochenen Eigenheiten der einzelnen Glieder des typischen Bodenprofils bleibt noch die Besprechung der Formen und die Anordnung der Dünen übrig. Beide sind ganz eigenartig. Während meinen Studienreisen, die mich in solche Flugsandgebiete führten, deren Dünen noch in Bewegung begriffen sind, konnte ich nirgends gleiche Bildungen weder in Rumänien, noch in Rußland, noch in Ungarn auffinden.

Die parallelen Dünenzüge.

Die charakteristischen Merkmale der mit Löß bedeckten Sanddünen sind folgende: Ihr Material ist einheitlich und ungeschichtet. Die Körner des Sandes sind abgerundet, von gleicher Größe; Glimmerblättchen sind im Sande in verschwindend kleinen Mengen enthalten. Die Kruste der Sandkörner ist gelb, enthält Eisenocker.

¹ In Rußland sowie am Rande des Waldgebietes in Südungarn habe ich untrügliche Beweise für diese Tatsache gesammelt.

Die Form der Dünen ist geradlinig, sie reihen sich dicht an einander und bilden schmale tiefe Talrinnen, die an beiden Enden offen sind, keine Garmada¹ führen.

Wenn wir die Form dieser Dünen und ihre Lage mit jenen vergleichen, welche auf den Flugsandgebieten Südeuropas zur Zeit im Bau begriffen sind, so lassen sich folgende Unterschiede feststellen:

Der Wind wühlt zwar auch hier tiefe Rinnen im Sand aus und baut auf beiden Ufern der Rinne Dünen auf, doch sind diese Rinnen nur auf einer Seite offen, an der Leeseite sperrt eine Garmada die Rinne ab.

Die Dünen sind nicht auf der ganzen Länge gleich hoch, sie sind im Beginn niedrig, werden, in der Richtung des herrschenden Windes immer höher und erreichen am untern Ende ihre maximale Höhe. Die mit Löß bedeckten parallelen Dünen meines Aufnahmegebietes halten auf ihrer ganzen Länge so ziemlich die gleiche Höhe ein.

Im Großen Alföld haben wir drei große Flugsandgebiete, das nördlichste ist die Nyírség, das größte Gebiet nimmt die nördliche Hälfte des Landteiles zwischen Donau und Tisza ein; (ca. 7000 km²), das Sandgebiet Deliblát am südöstlichen Rand des Alföld hat die geringste Ausdehnung. Alle drei dieser Sandgebiete werden von Dünenzügen umgeben, welche den hier beschriebenen in Form und Aufbau gleich kommen; sie liegen immer an der Leeseite des Sandes und sind durchwegs mit Löß bedekt.

Die Nyírség wird im Süden von geraden parallelen Dünen begrenzt, deren Richtung N—S ist. Herrschende Windrichtung N—S. Deliblát wird am nordwestlichen Rande von parallelen Dünen begrenzt, deren Richtung NW—SE ist. Herrschender Wind, die Koschava, kommt von SE. Endlich wird das große Sandmassiv, welches zwischen der Donau und der Tisza liegt, an seinem südlichen bis östlichen Rand von Dünen umgeben. Herrschende Windrichtung ist N und NW.

Während die Dünen, die aus den beiden ersten Sandgebieten Nyírség und Deliblát auslaufen, so ziemlich eine Richtung einhalten, ändert sich die Hauptrichtung der Dünen zwischen der Donau und der Tisza, von der Donau bis zur Tisza allmählich, aber ständig. In der Nähe der Donau laufen sie direkt gegen Süden, je weiter wir nach Osten kom-

¹ CHOLNOKY E. Die Bewegungsgesetze des Flugsandes. Földtani Közlöny (Geolog. Mitteilungen) Bd. 32. Heft: 1—4. (Garmada = Haufen von Körnern, welche entstehen wenn diese von oben herab auf einen Haufen geschüttet werden. Sie besitzt eine entfernte Ähnlichkeit mit einem Kegel, ist jedoch ein ganz charakteristisches Gebilde.)

men, biegen sie immer mehr gegen Osten um, zwischen Szabadka und Szeged ist ihre Richtung NW—SE und nördlich von Szeged fast W—E. Auch hier entspricht die Lage der Dünen vollkommen der herrschenden Windrichtung. Diese ist in der Nähe der Donau N—S, biegt dann gegen die Tisza zu allmählich gegen Osten um, ist in der Nähe von Félgyháza WNW—ESE. Alle diese Dünenzüge sind nach gleichem Muster aufgebaut, Ihr Material ist feiner Sand, vollkommen ungeschichtet und alle sind mit Löß bedeckt. Ihre Form ist geradlinig, sie laufen parallel und liegen dicht an einander.

Parallel laufende Dünen sind auch in den Altälern der Tisza und der Donau mehreren Ortes zu finden, so im Norden bei Tiszafüred, im Süden bei Pádé. Ferner im Donautale begleiten Vordünen die alten Flußläufe, die heute nur die Schmelzwässer ableiten. Schön entwickelt sind sie bei Kunszentmiklós, bei Akasztó usw. entlang des Kigyósér, des Bakkér, des Vajasér. Doch diese Vordünen laufen in den seltensten Fällen gerade, sie schmiegen sich allen Windungen des Flußbettes an. Der Kern der Vordünen ist auch hier ungeschichteter Sand, die Bruchstücke von Konchylienschalen, die in ihm enthalten sind, zeigen deutliche Spuren eines Transportes durch den Wind. Alle Vordünen sind mit einem Mantel von Flugstaub bedeckt, die Mineralkörner dieser Decke wurden jedoch je nach der Pflanzendecke, die sie trug und den größeren oder geringeren Salzgehalt des Sumpfwassers, welches am Fuß der Düne stehend, diese durchtränkt hat und an den Lehnen zur Verdunstung gelangte, mehr oder weniger zersetzt. Die Sandschicht der Dünen wurde durch den sich abscheidenden Kalk auch hier verkittet, in gleicher Weise reicherte sich die obere Staubdecke aus dem Alkalisalzgehalt der Bodenfeuchtigkeit, welche an seiner Oberfläche zur Verdunstung gelangte, an Verwitterungsprodukten an, der poröse Löß verwandelte sich zu einem gelben fetten Ton. Die Deckschicht der Dünen am Oberlauf der Tisza ist viel weniger zersetzt als jene in der Nähe der Mündung.¹

Der innere Bau dieser Vordünen ist, wie gesagt, ganz derselbe, wie jener auf meinem Gebiete, die Form jedoch ist eine ganz andere.

Alle diese parallelen Vordünenreihen verfolgen die Schlingen der alten Flußläufe, sind also nicht gerade, sondern ohne Ausnahme geschlängelt. Sie verdanken ihre Entstehung der bodenformenden Wirkung

¹ Diese Erscheinung ist die Folge des verschiedenen Klimas. Im Norden des Aßfeld ist die Luft viel weniger trocken als im Süden, somit enthält die Bodenfeuchtigkeit in den südlichen Teilen viel mehr Alkalisalze, welche eine energische zersetzende Wirkung auf die Mineralkörner des Bodens ausüben.

des Windes, ihr Material wurde durch die letzte Flut eines jeden Vorkommens in den Betten abgelagert. Der Boden der Nebenrinnen von feinem Sande bedeckt bleibt nach Ablauf der Flut trocken, nur das Hauptbett führt Wasser. Da das Flußwasser alle tonigen Teile mitnimmt, und am Boden nur Sand zur Ablagerung gelangt, kann diese lockere Sandlage, so eines jeglichen Bindemittels entblößt durch den schwächsten Wind in Bewegung gesetzt werden; umso leichter, als die heißen Sonnenstrahlen des Sommers die erhöhten Teile des Bettes schnell völlig austrocknen, die keimenden Pflanzensamen löten. Die Versandungen bleiben infolgedessen kahl.

In den Rinnen, eingezwängt zwischen den beiden Uferwänden steigert sich die Kraft des Windstromes dergestalt, daß ein schwacher Wind befähigt wird größere Sandkörner aufzuraffen und auf die Ufer herauf zu schleudern.

Während meinen Aufnahmen im Donauteile habe ich öfters Gelegenheit gehabt, mich von dem ganz auffallenden Anwachsen der Windeskraft in den Rinnen überzeugen zu können, leider konnte ich von Physikern hierfür noch keine Erklärung erhalten. Im Jahre 1904 kartierte ich im diluvialen Donautale; der Boden des Tales wird von vielen alten Flußrinnen durchschnitten, in welchen zur Zeit die Entwässerung des Gebietes stattfindet. Die Rinnen führen bis zum Sommer Wasser, werden erst im Juli trocken. Am Boden bleibt der Feinsand liegen, aus welchem der Wind auf beiden Ufern der Rinne hohe Vordünen aufbaut.¹

Bei der Stadt Dunavecse treibt der Wind den Sand aus dem Flußbett der Donau auf dem Uferabhang 5 m hoch empor, über den Deich hinüber, bis in die Straßen der Stadt hinein.

In allen Flüssen, die ein kleines Gefälle besitzen, bilden sich Sandbänke: besonders viele solche Gebilde entstanden jährlich im Flußbette der Tisza vor ihrer Regulierung. In den 70-er Jahren sah ich im Sommer täglich, daß der Wind den Sand der Versandungen, die bei niedrigem Wasserstand als Inseln oder Terrassen über dem Wasserspiegel reichten, aufwirbelte, so daß dichte Staubwolken entstanden, die Deiche übersteigend ins Land hineinflogen und sich erst weit entfernt vom Wasser auflösten. Auf dem ganzen Weg entlang regnete der Sand und Staub hernieder.

Alle diese Dünenzüge längs der Rinnen sind halbmondförmig gebogen, von meist gleichmäßiger Höhe. Nur wenn eine Düne eine solche Rinne verfolgt, deren beide Mündungen, gegen zwei Haupt-

¹ TREITZ P. Jahresbericht der kgl. ung. geolog. Anstalt 1904.

windrichtungen geöffnet sind, wird jener Teil der Düne, welcher den Schenkelpunkt der Krümmung bildet, stark erhöht, da von jedem Winde dieser Teil in erster Linie von einer Staubschicht überdeckt wird.

Wir sehen also, daß alle Dünenzüge, die sich in der Gegenwart bilden, ganz andere Formen haben als jene meines Aufnahmegebietes, es müssen bei der Entstehung dieser letz'eren notwendigerweise andere bildende Faktoren zur Geltung gelangt sein als jene, welche gegenwärtig wirken. Da sie auf beiden Enden offen sind, muß neben dem Winde auch noch eine andere Kraft, wahrscheinlich fließendes Wasser, bei dem Ausbau mitgewirkt haben. Es floß durch diese Täler, wenn auch in grossen Intervallen, jährlich Wasser hindurch, welches die vom Wind aufgebauten Barren schon im Anfangsstadium wegschwemmte. Da alle Flüsse, die ein kleines Gefälle haben, ein vielfach sich schlängelndes Bett ausbauen, so kann zur Bildung der geraden Dünenreihen kein richtiger Fluß Anlaß gegeben haben. Denn sobald ein Fluß ein so großes Gefälle hat, daß er geradlinige Betten ausgräbt, ist sein Strom so reißend, daß in seinem Bette so feiner Sand, aus welcher diese Vordünen aufgebaut sind, niemals zur Ablagerung gelangen kann.

Alle die hier angeführten Daten deuten darauf hin, daß diese Dünenzüge unter der Herrschaft eines anderen Klimas entstanden sind als das jetzige. Es wird wohl eines von viel kontinentalerem Charakter gewesen sein. Der Temperatursunterschied zwischen Winter und Sommer war ein viel größerer, der Übergang von Winter in Sommer ein viel plötzlicherer, der Schnee schmolz in kurzer Zeit, das gesamte Schmelzwasser lief rasch ab, grub in dem weichen Material tiefe Rinnen, die durch die trockenen Winde des sich bald einstellenden Sommers weiter vertieft und geradlinig ausgehöhlt wurden, gleichzeitig wurden auf beiden Ufern die Vordünen aufgebaut.

Das während der Entstehung der Dünenreihen herrschende Klima, war also viel kontinentaler als das heutige. Nach dem Ausbau der Dünenzüge hob sich das Niveau des Grundwasserspiegels dermaßen, daß sich die Dünen mit Wald bedeckten. Später sank das Grundwasser neuerdings, der Boden trocknete aus, der Wald starb ab, Grasflur wurde zur herrschenden Pflanzenformation. Mit dieser Art Bodendecke ist Staubfall, Lößbildung innig verbunden. Die Sanddünen wurden also allmählich mit einer Lößdecke überzogen. Diese Änderung des Grundwasserstandes, und der Menge der Feuchtigkeit im Boden konnte eine lokale Landeshebung, bzw. Senkung als Ursache haben, oder wurde sie durch eine allgemeine Klimaschwankung hervorgebracht. Welche von diesen beiden die hier wirkende war, muß ich noch als offene Frage betrachten. Daß eine Änderung in dem Wassergehalt der Landschaft im

und auf dem Boden nach der Ablagerung des unteren Lösses eingetreten ist, beweisen die Aufschlüsse der neuen Eisenbahn Szabadka—Palánka auf dem Lößplateau oben zur Genüge.

Szabadka liegt am nördlichen Rande des Telecskaer Lößplateaus. Die Trace der neuen Eisenbahn schneidet sich meist in die Lößdecke ein. Dicht bei Szabadka, dann weiter südlich bei Gyorgyen wurden 12—14 m tiefe Materialgruben ausgehoben, deren Wände bis auf den Grund von gleichartigem ungeschichteten Löß gebildet werden.

Die Gräben und Einschnitte entlang der Bahnlinie, auf dem Lößplateau oben, geben ein ganz anderes Bild von dem Aufbau des Plateaus als die an den beiden Enden desselben stehenden Lößwände. Wir ersehen nämlich aus der 15—18 km langen Trace, daß diese ein kupiertes Terrain durchschneidet, und zwar dicht liegende Dünen quer durch. Die Oberfläche ist ziemlich eben, im Aufschluß sieht man aber, daß diese ebene Oberfläche sich erst in der jüngsten Zeit ausgebildet hat, die Rinnen zwischen den Dünen sind mit einer 1'00—1'80 km mächtigen Lage von schwarzem Steppenboden (Tschernosiom) ausgefüllt. Darunter folgt 90—150 cm Löß, dann feiner Sand, aber *geschichtet*, aus 1—5 cm mächtigen Schichten aufgebaut, und voll mit Flußwasser-Konchylien!

Hier sehen wir also das genaue Nebenstück der Sanddünen; die Reihenfolge ist ein und dieselbe: Trocken = Löß; Feucht = geschichteter Sand mit Wassermollusken; Trocken = zweite obere Lößdecke und Schwarzerde.

Diese Rinnen hier im Lößplateau liegen in der Verlängerung der Rinnen im Sandgebiet, stimmen mit diesen auch in ihrer Richtung überein.

Die weiteren Aufnahmen in diesem Gebiete, welche ein größeres Gebiet umfassen werden, können erst die Lösung der jetzt noch offenen Fragen bringen. Mit diesen hier aufgeführten Daten wollte ich nur einen neuen Beweis zu den im Berichte vom Jahre 1907 bereits publizierten und vielfach angegriffenen und bezweifelte Angaben liefern, daß seit der Ablagerung des I-en Lösses eine zweifache Änderung der Pflanzenformation und in Verbindung mit dieser in dem Materiale der zur Ablagerung gelangten Bodendecken zu verzeichnen ist.