

# GEOLOGISCHE UND MORPHOLOGISCHE VERHÄLTNISSE DES PLEISTOZÄNS UND HOLOZÄNS DER GROSSEN UNGARISCHEN TIEFEBENE UND IHRE BEZIEHUNGEN ZUR BODENBILDUNG, INSBESONDERE DER ALKALIBODENENTSTEHUNG.

(Bericht über die Aufnahmen in den Jahren 1925—1928.)

Von Dr. Emil Scherf.

## I. Vorbemerkungen.

Vom 19. Juni 1925 bis 15. Oktober 1926 hatte ich ein Forschungsstipendium der amerikanischen Rockefeller-Stiftung (International Education Board) an der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich inne,<sup>1</sup> weshalb ich an den Aufnahmsarbeiten dieser Jahre nicht teilnehmen konnte.

Für 1927—28 war folgender Arbeitsplan festgesetzt:

1. Geologische und bodenkundliche Detailaufnahme des Kartenblattes 1:25000 Zon. 18. Col. XXI. Sekt. NO in der Umgebung von Kecskemét (Kom. Pest);

2. Detaillierteste geologische und bodenkundliche Aufnahme des Gutes der Kgl. Ung. Ackerbauschule Kecskemét im Massstabe 1:2880.

Dieses Doppelprogramm entsprach den Leitlinien, welche wir in den vorhergehenden Jahren mit P. Treitz für die Arbeit der agrogeologischen Abteilung ausgearbeitet hatten.

Unser Endzweck war: die Verbreitung der verschiedenen Bodentypen in Ungarn festzustellen. Zusammen mit dieser kartierenden Arbeit musste aber eine damals noch mangelnde eingehende Charakterisierung der vaterländischen Bodentypen nach ihren Eigenschaften einerschreiten. Wir waren uns darüber im Klaren, dass die herzustellenden Bodenkarten nur dann einen praktischen Wert haben würden, wenn wir an den verschiedenen Bodentypen nicht nur jene chemischen und physikalischen Eigenschaften zahlenmässig bestimmen würden, welche zu einer wissenschaftlichen Definition ausreichen, sondern auch die für Bodenbearbeitung und Pflanzenzucht wichtigen Eigenschaften. Untersuchungen solcher Art an ungarischen Böden gab es damals noch wenig; wir fingen z. B. als

<sup>1</sup> Während dieser Zeit weilte ich vom 2.—6. April 1926 als Vertreter der Geologischen Landesanstalt auf der Konferenz der Internationalen Bodenkundlichen Gesellschaft in Groningen (Holland) zugleich als Sekretär der Verhandlungen.

Erste im Jahre 1924 an, die pH-Werte ungarischer Böden systematisch zu untersuchen. (Meine Zahlen wurden von P. Treitz mitgeteilt.<sup>2</sup>)

Unsere Aufgabe war demnach eine doppelte: 1. *Ausführung eingehender Profilstudien in chemischer, physikalischer und geologischer Hinsicht, zum Zwecke der zahlenmässigen Definition der Eigenschaften der verschiedenen Bodentypen Ungarns in wissenschaftlicher und praktischer Beziehung*; 2. *Landeskartierung der so festgestellten Bodentypen.*

Da wir diese Aufgabe zu zweit bewältigen sollten, grössere materielle Mittel aber fehlten, meinten wir auf folgende Weise am raschesten und billigsten zur gewünschten Übersicht zu gelangen.

Die Eigenschaften der verschiedenen Bodentypen sollten durch Detailaufnahmen 200—1000 Joch grosser Güter studiert werden, die in nicht kleinerem Massstabe als 1:2880 durchzuführen waren.<sup>3</sup> Bei einer Aufnahme 1:25000 ist es nämlich bereits ganz unmöglich im ganzen Kartenblattgebiet alle jene zeitraubenden Untersuchungen auszuführen, welche für die erschöpfende wissenschaftliche und praktische Charakterisierung eines Bodentypus erforderlich sind. Man denke z. B. nur an die Porenvolumenbestimmung am gewachsenem Boden im Felde, oder an die Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit am Acker. *Nach unserer Meinung, — an der wir trotz gegenteiliger Bestrebungen in der Bodenkunde auch heute festhalten, — hat eine Landesaufnahme 1:25000 die Bodentypen als solche, und nicht die Bodeneigenschaften zu kartieren.<sup>4</sup> Die Bestimmung der Eigenschaften der 1:25000 kartierten Bodentypen muss monographischen Detailaufnahmen grössten Massstabes auf kleinsten Gebieten überlassen bleiben, welche in je ein Zentrum einer charakteristischen Bodentypenregion zu verlegen sind.*

Gemäss diesen Grundprinzipien führte ich in den Jahren 1927—28 die von W. Güll begonnene Kartierung 1:25000 nur zu einem geringeren

<sup>2</sup> P. Treitz: Die Bodenregionen im geschichtlichen Ungarn und die Stellung der Hauptbodentypen zu der allgemeinen Bodenklassifikation. Mémoire. sur la nomenclature et la classification des sols. Helsinki 1924., pag. 185—205; vgl. pag. 197—198.

<sup>3</sup> In dieser Weise wurden bis 1925 von uns die Güter folgender kön. ung. Ackerbauschulen aufgenommen: Karcag (Kom. Jász-Nagy-Kún), Somogyzentimre (Kom. Somogy), Csermajor bei Vitnyéd (Kom. Sopron) und Nagykálló (Kom. Szabolcs), ferner das Gut von M. Szold in Ponyvád- und Szentepuszta bei Mezőlak (Kom. Veszprém). Diese Arbeiten konnten leider nicht publiziert werden; auf sie gründet sich aber teilweise die von P. Treitz verfasste Bodenkarte Ungarns.

<sup>4</sup> Die Aufnahme eines Kartenblattes 1:75000, bestehend aus 4 Blättern, 1:25000 erfordert, wenn die vom Mikrorelief sehr stark abhängigen Bodeneigenschaften auch nur halbwegs verlässlich dargestellt werden sollen, bei einem Stabe von 5—6 wissenschaftlichen Arbeitern mindestens 3 Jahre, die Heimarbeit mitgerechnet. Die ca. 38 Blätter 1:75000 umfassende Grosse Tiefebene Rumpfungarns wäre also in dieser Weise raschestens nur während 114 Jahre, d. i. 4 Generationen aufzunehmen.

Anteil in der Umgebung von Kecskemét weiter und verlegte das Hauptgewicht meiner Arbeit auf die Detailaufnahme 1:2880 des 200 Joch grossen Gutes der kön. ung. Ackerbauschule Kecskemét. Es wurde eine *Bodenkarte* und eine besondere *Reaktions-(pH)-Karte verfasst*, deren Wiedergabe in diesem Kurzbericht leider unmöglich ist. Ich muss mich darauf beschränken zu erwähnen, dass meine *Reaktionskarte die erste derartige Karte war, auf der ausser den Reaktionsverhältnissen der Ackerkrume auch jene des Untergrundes von 20 zu 20 cm bis in 2 m Tiefe angegeben sind*. Hierbei wurde ein systematischer Gang der pH-Werte (Alkalischerwerden) gegen die Tiefe zu beobachtet, der mit den geologischen Verhältnissen des Bodenprofils streng zusammenhängt. Dies ermöglichte wiederum den pH-Wert der Bodenoberfläche an allen Orten der Karte ungezwungen aus der Tiefenlage jener geologischen Schichte im Profil abzuleiten, in welcher die Bodenoberfläche an der betreffenden Stelle gebildet ist. Auf meiner pH-Karte sind daher die Bodenflächen mit verschiedener Reaktionszahl in einer logischen, den Grenzlinien der Bodenkarte sich anschmiegenden Weise begrenzt, während die bisher publizierten pH-Karten ohne Berücksichtigung des Untergrundes ein wirres Netz von Flecken verschiedener Reaktionszahl zeigen, dem jegliches Anordnungsmotiv abgeht. Diese neuartige Ausarbeitung der Karte war nur dadurch möglich, dass mehr als 3000 pH-Bestimmungen an frischen Bohrproben<sup>5</sup> im Felde ausgeführt wurden. Dabei wurde ein von St. Kühn in unserem Institute ausgearbeitetes neues Verfahren<sup>6</sup> und ein von Kühn und mir zusammengestelltes neues Indikatorengemisch, der „Komplex-Indikator“ benutzt.<sup>7</sup>

Bei meinen Kartierungsarbeiten 1927 zeigte es sich bald, dass mangels natürlicher Aufschlüsse die Ablagerungsverhältnisse des Holozäns und Pleistozäns im Aufnahmegebiet nur durch systematische Bohrungen zu er-

<sup>5</sup> Die Bestimmung des pH im Feld an *frischen* Bohrproben ist im allgemeinen schon darum zu empfehlen, weil die Resultate sofort zu Gebote stehen. Bei Soda-Böden, die in Sand und Löss gebildet sind, ist die Bestimmung an frischen Proben nicht bloss zweckmässig, sondern geradezu *notwendig*. In solchen Böden verschiebt sich das Verhältnis  $\text{Na}_2\text{CO}_3:\text{NaHCO}_3$  beim Austrocknen, wodurch der pH-Wert stark verändert wird; (vgl. die von mir in den Verh. d. II. Kom. und Alkalisubkom. d. Int. Bodenkundl. Ges. Budapest 1929. Teil B. pag. 59—60 mitgeteilten Zahlen.)

<sup>6</sup> St. Kühn: Kritische Untersuchungen der Chinhydronelektrode und der Indikatorenmethode bei der Messung des pH von Böden, ihre Anwendbarkeit einzeln und miteinander vergleichend geprüft. Zeitsch. f. Pflanzenern. XV, 1930. Teil A. pag. 13—33.

<sup>7</sup> E. Scherf & St. Kühn: Über zwei neue Indikatorengemische, den Komplex-Indikator für pH 7.0—12.0 und den Neokomplex-Indikator für pH 4.0—10.0 und über die Feldmethoden zur kolorimetrischen Bestimmung des pH von Böden. Proceed. of the I. Int. Congr. of Soil Science Washington 1928. Vol. II. pag. 1—21.

schliessen waren. Meine Erfahrungen der vorhergehenden Jahre zeigten ferner, dass die praktisch so wichtige *Erscheinung der Alkalisierung der Böden in unserer Tiefebene garnicht von der Gestaltung der heutigen Oberfläche abhängt, wie immer wieder angenommen wird, sondern von den morphologischen Verhältnissen der heute im Untergrund begrabenen pleistozänen Schichten.*

Zum Studium dieser Verhältnisse nahm ich auf dem Gute der Ackerbauschule Kecskemét mehrere geologische Profile von zusammen 4 km Länge auf. Sie enthalten 51 genau einnivellierte Bohrungen, von denen 42 in eine Tiefe von 5—7 m, d. h. bis zur Oberfläche der ersten wasserundurchlässigen Schicht, nämlich den oberpleistozänen blauen Mergelton hinabreichen, während 9 zwecks Nachweisung einer das Gut verquerenden Bruchlinie bis 13—14 m abgeteuft werden mussten. Je nach den Untergrundsverhältnissen betrug die Entfernung der Bohrlöcher 100—150 Meter bis 11—20 m, an der Bruchlinie sogar nur 2 m.

*Es waren dies die ersten derartigen mit dicht aneinander liegenden Bohrungen bestimmten Profile in unserer Tiefebene, auf deren Grundlage die Arbeit der späteren Jahre organisiert wurde. Leider kann hier eine eingehende Beschreibung nicht erfolgen und es wird im Folgenden zusammenfassend über die bis 1928 gewonnenen Resultate berichtet, die teils auf den Kecskeméter Aufnahmen, teils auf Detailstudien in den Ziegeleien der benachbarten Stadt Kiskunfélegyháza und schliesslich auf gelegentlichen Beobachtungen anlässlich Inspektionsreisen bei der Meliorationsaktion der ungarischen Sodaböden fussen.*

## *II. Geologische, hydrologische und morphologische Beobachtungen in der Tiefebene, besonders im Gebiet zwischen Donau und Tisza (Theiss). (Gegend von Kecskemét und Kiskunfélegyháza.)*

Das Pleistozän ist im Gebiet zwischen Donau und Tisza mächtig. In Kecskemét fand man beim Bohren des Brunnens am Gyenesplatz in den Proben aus 200.5—214.03 m Tiefe *Unio*- und *Vivipara*-Bruchstücke, die anzeigen, dass hier bereits Levantikum vorliegt. In Kiskunfélegyháza wurde 1929 in der Holló Lajos-Gasse ein Brunnen gebohrt, dessen Schichtfolge Herr Gymnasialprofessor P. Ónódi gütigst für mich einsammelte. Die von mir erschlämmte Molluskenfauna bestimmte Kollege Dr. J. Sümeghy. Auf Anführung der ganzen Faunaliste verzichtend erwähne ich bloss, dass in 166—175 m, ferner in 175—189 m eine noch sicher pleistozäne Fauna gefunden wurde, deren Charakter mit der Fauna

der oberen pleistozänen Schichten übereinstimmt. (In der Mehrzahl in langsam fliessendem Süsswasser lebende, wenig terrestrische Formen.) Die Bohrproben des 1928 in Nagyköros in der Szolnoker-Gasse gebohrten Brunnens konnte ich an Ort und Stelle besichtigen. Nähere Untersuchung war nicht möglich, nach dem petrographischen Charakter aber war der in 184.30 m erbohrte Sand noch als pleistozän anzusprechen, während der in 223.00 m gefundene Schotter und Kies unzweifelhaft bereits dem Pliozän angehört.<sup>8</sup> *Auf Grund dieser Beobachtungen dürfte die Mächtigkeit des Pleistozäns im erwähnten Gebiet mit mindestens 170—180 m anzusetzen sein.* Es besteht aus einer Wechselfolge terrestrischer und fluviatiler Ablagerungen; auf die Frage einer möglichen geologischen Horizontierung dieser ganzen Ablagerungsfolge komme ich weiter unten zurück.

Meine erwähnten eingehenden Profilstudien beziehen sich natürlich nur auf den obersten Teil dieses mächtigen Pleistozäns. Die unten folgende Tabelle umfasst etwa den 1/20-Teil der Gesamtmächtigkeit.

Es sei aber bereits jetzt bemerkt, dass *diese Einteilung nicht nur für das erwähnte Gebiet zwischen Donau und Tisza gilt, sondern ganz allgemein für die ganze Grosse Ungarische Tiefebene.*

In der Zusammenstellung sind die gleichaltrigen, fazielle Vertretungen darstellenden Ablagerungen mit gleicher fortlaufender Nummer bezeichnet und durch *a)*, *b)* bzw. *c)* markiert.

#### A) Oberes Pleistozän.

1. Lichter, weisslich-grüner Lehm, an dem in der Umgebung von Kecskemét eine eigentümlich griesartig körnige Struktur auffällt (ohne Sandgehalt); („Quellenerde“ der Brunnenmeister). Entspricht vielleicht einem metamorphosierten Löss (?).

2 a) Blaugrauer scharfkantiger Sand. Grobkörnig, mit Übergängen in feiner körnige schlammhaltige Fazies. Fluviatile Ablagerung aus bewegtem Wasser.

b) Schwarzer, blauer, grüner und bräunlicher Ton (CaCO<sub>3</sub>-haltig). Fluviatile Ablagerung aus langsam fliessenden Gewässern.

3. Pleistozäne Pflanzenreste, in situ auf der Oberfläche des blauen Tones gewachsen. (Torfmull, Moose, Nadel- und Laubholzreste). Terrestrische Ablagerung.

<sup>8</sup> Nach J. S ü m e g h y folgt von 238 m an bereits faunistisch sichergestelltes oberes Pannonikum.

B) *Oberstes Pleistozän.*

4. Grauer sandig-toniger Inundationsschlamm; fluviatile Ablagerung aus ziemlich rasch bewegtem Wasser. (I. Inundationszeit im obersten Pleistozän.)

5. Ehemaliger Flugsand, mit abgerundetem feinem Korn (unter 0.1 Millimeter) und eisenhaltiger Kruste. In typischer Dünenform abgelagert, deren Form noch heute trotz nachfolgender Einebnung mit Flussablagerungen, Löss und Holozän in der Morphologie der heutigen Oberfläche durchschimmert. Trocken gelblich-braun, unter ständiger Befeuchtung grau. Zeigt in grundwassergesättigtem Zustand die Eigenschaften eines Schwimmsandes u. zw. besonders an den steileren Leeseiten der ehemaligen Dünen, weniger an den Scheitelpunkten. Eolische Ablagerung; (I. Flugsandbildungszeit im obersten Pleistozän.)

6. Grauer sandig-toniger Inundationsschlamm (wie 4); (II. Inundationszeit während des obersten Pleistozäns.) Fluviatile Ablagerung aus ziemlich rasch bewegtem Wasser.

7. Ehemaliger Flugsand; (wie 5); (II. Flugsandbildungszeit im obersten Pleistozän). Eolische Ablagerung.

8. Lösssand. Übergangsbilagerung vom Flugsand (7.) zum Löss (9.); nur auf nie überschwemmt gewesenen inselartigen Anhöhen im obersten Pleistozän gebildet. Eolische Ablagerung.

9 a) Typischer Löss. Auf den höchsten, stets inundationsfrei gebliebenen Anhöhen des oberen Pleistozäns gebildete eolische Ablagerung. Geht nach unten ganz allmählich in den Lösssand (8.) über.

b) Lössartiger toniger Schlamm (gelber Ziegellehm) und sandigerer, teilweise, sogar mit Grand untermischter, lösshaltiger Schlamm. Auf temporär inundierten Niederungen des oberen Pleistozäns entstandene Ablagerung gemischten eolisch-fluviatilen Charakters. Bildete sich zur gleichen Zeit, wie auf den Anhöhen der Löss (9 a).

C) *Holozän.*

10 a) Seekreideartige sandig-tonige, weisse, an  $\text{CaCO}_3$  reiche, auch Soda enthaltende, lakustre Grundablagerungen. (Ungarisch: „csapó-föld = „Walkerde“.)

b) Flugsand und gebundener Sand. Eolische Ablagerungen der geologischen Jetztzeit, besonders am hohen Rücken zwischen Donau und Tisza verbreitet.

c) Wiesenton. Jungholozäner Inundationsschlamm. Fluviatile Ablagerung in abgeschnürten Altwasserarmen und auf alten Inundationsflächen. (Fehlt am hohen Rücken zwischen Donau und Tisza, dagegen grosse Verbreitung im zentralen Tisza-Tal.)

Die Resultate meiner Studien über diese Ablagerungen lassen sich in folgender Weise kurz zusammenfassen:

Allen Geologen fiel die scharfe Grenze auf, die zwischen dem blauen Ton nebst seinen faziellen Abänderungen (2 *a* und 2 *b*) und den jüngeren Ablagerungen (4—9 *b*) besteht und durch eine an Pflanzenüberresten reiche Schicht (3.) markiert wird. Man bezeichnete die unter (3.) liegenden Schichten als unterpleistozän, während der obere Sand und Löss als oberpleistozän angesprochen wurden.<sup>9</sup>

Der blaue Ton, der wegen seiner Wasserundurchlässigkeit für Bodengenetik und Hydrologie besondere Bedeutung hat, wurde meistens als Ablagerung aus flachen Seebecken (Wolf 1867, Halaváts 1888, Treitz 1903, 1905, 1907, 1921, Horusitzky 1910) betrachtet, während Halaváts in späteren Arbeiten (1889, 1894), ebenso wie L. v. Lóczy sen. (1913) und E. v. Cholnoky (1910, 1922, 1928) den Gedanken grösserer pleistozäner Seebecken ablehnten und das ganze Pleistozän der Tiefebene als eine fluviatile Auffüllung eines stetig sinkenden Beckens auffassten. Meine Aufnahmeergebnisse bestätigen letztere Ansicht. Der blaue Ton (2 *b*) besteht aus linsen-zigarrenförmigen, manchmal sanft geschweiften, in einer Richtung langgestreckten Körpern, die sowohl in horizontaler, als auch in vertikaler Richtung mit schlammig-sandigen Übergängen in gleichaltrigen fluviatilen Sand (2 *a*) übergehen. Die Längsachse der Tonkörper erreicht 500—1000 m, während der kürzere Durchmesser nur gegen 300—500 m zu betragen pflegt. *Es handelt sich um typisch fluviatile Ablagerungen, was nicht nur durch die Form der Ablagerungen, sondern auch durch die Molluskenfauna bewiesen wird*, die Kollege Süme g h y aus meinem Material freundlichst bestimmte. Lauter Feuchtigkeit und langsam fliessendes Wasser liebende Formen, wie sie nach Geyer heute bis zum 70° nördl. Br. leben, mit wenigen eineschlammten terrestrischen Schnecken. In den Ziegeleien der Stadt Kiskunfélegyháza sammelte ich in 5.4 m unter der Erdoberfläche, d. i. in 88.4 Seehöhe Säugetierüberreste in diesem Ton, welche von M. Kretzói bestimmt

<sup>9</sup> Mit Ausnahme von Cholnoky, der noch 1910 einen Teil der Löss der Tiefebene ins untere Pleistozän zu stellen wünschte. Aber auch er kam auf Grund meiner hier mitgeteilten Aufnahmeergebnisse 1928 dazu, eine Revision der alten Ansichten zu fordern.

wurden. Vorherrschend: *Alces alces*; häufig: *Equus* cf. *woldrichi* (nicht *Equus abeli*!, — wie ich das seinerzeit auf Grund einer falschen vorläufigen Bestimmung mündlich mitteilte); minder häufig: *Cervus elaphus*, *Felis spelaea*, *Sus scrofa*. Kollege K r e t z ó i hält dieses Biotop für analog bzw. noch eher homolog mit dem heute in Norddeutschland bzw. Südskandinavien in sumpfigem Waldgebiet befindlichen Biotop. Wir wiesen beide noch im Jahre 1928 anlässlich des mündlichen Vortrages unserer Ergebnisse darauf hin, dass diese Feststellung zu den bisherigen Ansichten stark im Gegensatz steht. Wir dürfen offenbar das Kiskunfélegyházaer Biotop des blauen Tones (2 b) nicht einer „Eiszeit“ zuweisen. Das Vorhandensein von Edelhirsch und Schwein deutet unzweifelbar darauf, dass der blaue Ton und seine Faziesabänderungen während einer Interglazialzeit abgelagert wurden. Meine Ansicht wird noch mehr dadurch gestützt, dass nach meinen Beobachtungen nach der Ablagerung von (2 a) und (2 b) in der Grossen Ungarischen Tiefebene überall eine Sedimentationslücke folgt und eine Erosionsperiode einsetzte.

Meine Aufnahmen beweisen, dass die das morphologische Bild des Gebietes zwischen Donau und Tisza (Theiss) beherrschenden NNW—SSE gerichteten Mulden, welche von E. v. Ch o l n o k y und anderen Forschern als holozäne Winderosionsrinnen betrachtet werden, viel tiefer im Untergrund bereits auf der Oberfläche des blauen Tones präformiert sind. Das Donaubett unterhalb Budapest bildete sich nach meiner Ansicht, — welche ich durch Beobachtungen im Donautal seither durchaus bestätigt finde, — erst sehr spät, am Ausgange des Pleistozäns, vielleicht erst in altholozäner Zeit. Im oberen Pleistozän floss beim Einsetzen der obenerwähnten, auf ein Maximum einer Interglazialzeit deutenden Erosionsperiode, das auf die Tiefebene austretende Wasser fächerförmig verteilt in kleinen Wasserläufen gegen die Tisza zu ab. So bildeten sich auf dem früher abgelagerten Schutt- und Schlammkegel zwischen Donau und Tisza jene auf kurze Strecken fast parallel erscheinenden NW 310—330° SE 130—150° gerichteten Erosionsrinnen aus, die durch späteren Flugsand (5, 7, 10 b), Flugstaub (8, 9a, 9b), Überschwemmungsmaterial (4, 6, 9b) noch immer nicht so gründlich zugeschüttet werden konnten, als dass ihr Bild nicht auch in der heutigen Oberflächengestaltung noch durchschimmern würde.

An den Ufern eines solchen in 3 m Tiefe verborgenen, etwa 2½ m tiefen und 80 m breiten, nach Richtung NW 330—335° bis auf 1 km Länge verfolgbaren einstigen Wasserlaufes standen auf der ehemaligen oberpleistozänen Oberfläche des Tones (2 b) in 90.5 m Seehöhe jene

Wurzelstöcke eines Nadelwaldes, die ich zusammen mit Museumsdirektor J. Szalay 1927 in den Kiskunfélegyházaer Ziegeleien aufdeckte. *Es war dies der erste Fall, dass in der Großen Ungarischen Tiefebene fossiles Holz der Pleistozänzeit gefunden wurde, das nachweisbar an Ort und Stelle gewachsen ist.* An den Uferändern des einstigen Wasserlaufes fand sich eine torfige Schicht mit fossilen Laubmoosen.

Auf Grund der mir zur Verfügung gestellten Untersuchungsergebnisse von J. Tuzson, F. Hollendöner und J. Szepesfalvi setzt sich die erste *in situ* gefundene Pleistozänflora wie folgt zusammen:

Bäume: überwiegend: *Pinus cembra* und *Larix decidua*; seltener: *Salix cf. purpurea*, *Betula* sp., *Pinus cf. peuce*. Laubmoose: vorwiegend: *Scorpioides scorpioides* und *Drepanocladus sendtneri*, ferner: *Dr. exannulatus*, *Dr. vernicosus*, *Dr. revolvens*, *Dr. fluitans*, *Hypnum hollósianum*, *Calliergon giganteum*. Wasserflanzen: *Carex* sp., *Scirpus* sp., *Phragmites* sp., *Potamogeton* sp. und *Typha* sp.

Die in ihrer ursprünglichen aufrechtstehenden Lage zum Vorschein gekommenen bewurzelten Stammstücke der Zirbelkiefer und Lärche deuten mit ihren schmalen Jahresringen auf ein ziemlich rauhes periglaziales Klima, annähernd gleich jenem, das heute in den Alpen in 2000—2200 m, in den Nord-Karpaten aber bei 1700—1800 m Seehöhe, bzw. im flachen Nordsibirien unter 70—75° nördl. Br. anzutreffen ist. (Die Zirbelkiefer erträgt wochenlang andauernde Temperaturen von —20 °C). Das gleiche rauhe Klima wird auch von den Moosen angedeutet. Die von Hollendöner bestimmten *Salix*- und *Betula*-Reste weisen dagegen auf ein dem heutigen nahe stehendes, gemässigttes, humides Klima hin, noch mehr aber *Pinus peuce*, eine pliozäne Konifere, die sich in den Südalpen auch in warmer Interglazialflora findet. Von Säugetierresten fand sich in der Laubmooschicht nur ein Kiefer von *Arvicola abotti* (bestimmt von N. Kretzói). Dieser Nager ist leider für das Klima nicht bezeichnend.

*Diese scheinbaren Widersprüche im klimatischen Charakter der Pflanzenreste können meiner Ansicht nach nur dadurch erklärt werden, das man annimmt, es habe zwischen der Ablagerung von 2 a und 2 b und des Schwemmaterials 4. eine längere Interglazialzeit ohne Ablagerung bestanden, während welcher der Ton 2 b stets eine mit Vegetation bewachsene Oberfläche hatte. Die in Schichte 3. konservierten Pflanzenreste stellen also eine Mischung der spärlichen Überreste vom Anfang und Höhenpunkt dieser Interglazialperiode mit wärmerem Klima und der überwiegenden Reste vom Ende des Interglazials mit be-*

reits subglaziale Klima dar. Diese Auffassung unterscheidet sich grundsätzlich von den Folgerungen, die einige Fachgenossen aus meinen bisherigen mündlichen Mitteilungen gezogen haben. L. B e n d a hat (1928) meine mündlichen Aufklärungen nicht ganz einwandfrei wiedergegeben, als er die durch das Profil gekennzeichnete Klimaänderung zwar richtig in der Richtung von Warm zu Kalt angibt und die Säugetierfauna des Tones in ein milderes Klima versetzte, jedoch die Zeit des moosigen Sumpfwaldes irrig dem „Maximum der zweiten Vereisung“ angehörig bezeichnete. R. S o ó hat dagegen (1931) die Waldperiode mit kühlem humidem Klima ganz richtig als interglazial aufgefasst, es scheint mir aber falsch, dass er diese Waldperiode an den Anfang einer Klimaveränderung von Kalt zu Warm verlegt. J. S z e p e s f a l v i (1930) und R. R a p a i c s (1934) folgen meiner Meinung nach einer bereits veralteten Auffassung, wenn sie den Pleistozänwald von Félégyháza in das Maximum einer im monoglazialistischen Sinne genommenen Eiszeit setzen, worauf mit allmählicher Erwärmung das „Postglazial“ gekommen wäre.

Meiner Meinung nach wurde das Kältemaximum erst zur Zeit des Lössfalles (Schicht 8. und 9 a) erreicht. Das Profil von Kiskunfélegyháza betrachte ich als Anzeiger eines Klimawechsels von einem gemässigten humiden Klima zu einem trockenen kalten periglazialen Klima. Spuren dieses Klimawechsels sind übrigens auf der ganzen Tiefebene verbreitet. Er kann folgendermassen schematisiert werden:

T a b e l l e 1.

Klima- und Ablagerungs-Wechsel im oberen Pleistozän.

Bezeichnung	2a., 2b.	3.	3	4—9.
Art d. Ablagerung.	Blauer Ton u. Sand.	Ablagerungsstillstand. Laubwaldveget.	Ablagerungsstillst. Nadelwald u. Moose.	Sand u. Löss
Klima.	Gemässigt, humid. (Warme Sommer)	Gemässigt, humid. (Warme Sommer)	Kälter, humid (Kalte Sommer)	Kalte aride periglaziale Steppe.
Charakter d. geol. Periode.	Erste Hälfte eines Interglazials.	Maximum eines Interglazials.	Ende eines Interglazials. (Subglazial)	Glazialperiode.
Dynamische geol. Vorgänge.	Langsame fluviale Auffüllung.	Fluviatile Erosion.	Fluviatile Erosion.	Eolische (z. T. fluv.) Auffüllung.

Dieses Schema stellt einen Ablagerungszyklus unter einer Klimaänderung Interglazial → Subglazial → Glazial dar. Es dürfte ihm eine prinzipielle Bedeutung für die Erkennung von Klimaänderungen auch in den tieferen Horizonten des Pleistozäns der Tiefebene zukommen. In dem Pleistozän des Donau—Tisza-Zwischengebietes dürften sich 3 oder 4 solche Ablagerungszyklen vorfinden, wie der in Tabelle 1. dargestellte. Es ist naheliegend, jeden solchen Zyklus mit einer Klimaveränderung nach der in den Alpen so gut bewährten Penck—Brückner-schen Chronologie in Zusammenhang zu bringen. Die im tieferen Pleistozän der Tiefebene vorkommenden Florenüberreste, — deren eingehende Aufzählung ich mir hier versagen muss, — sind stets Anzeiger eines Interglazials, bezw. einer präglazialen Zeit. Die anspruchsvolleren Florenelemente entstammen der mittleren Periode des betreffenden Interglazials, während die kälteressistenten Arten den subglazialen Zeiten angehören, welche das Interglazial einleiten und abschliessen. Es ist blosser Geschmackssache, ob man die Subglazialzeiten mit ihren Zirbel- und Lärchenwäldern schon zu den Glazialen, oder aber noch zu den Interglazialen rechnet. In Wirklichkeit gehören sie einem völlig kontinuierlichen Klimaübergang an.

Die Pflanzenschicht 3. ist nicht etwa nur eine lokale Erscheinung des Kiskunfélegyházer Profils, sondern ich konnte sie im gleichen Schichtverband und mit demselben Charakter auch in den Kecskeméter Bohrungen und an anderen weit entfernten Orten der Grossen Ungarischen Tiefebene nachweisen. Sie entspricht offenbar dem Riss-Würm-Interglazial, eventuell auch bloss einem Würm-Interstadial; ersteres ist aber wahrscheinlicher. Sie ist aber nur eine von den übrigen ähnlichen Schichten des Pleistozäns. Keinesfalls kann man P. Treitz zustimmen, wenn er noch in neuester Zeit in ihr ein Äquivalent der roten Laimenzone sehen will, welche in Transdanubien die Lössen in eine obere und untere Gruppe scheidet und wenn er beide in seine II. Eiszeit versetzt. Meine Ansicht ist, dass die transdanubische Laimenzone, — die aber wahrscheinlich auch nicht einheitlich ist, — dem langen Interglazial zwischen Mindel- und Riss-Eiszeit entspricht und daher ihr Tiefebenenäquivalent in viel tieferen Horizonten als Schicht (3.) zu suchen ist.

Es wird nicht immer leicht sein, bei solchen Forschungen die charakteristischen Ablagerungen der älteren Eiszeiten: die einstigen Lössen in den Bohrproben zu erkennen.<sup>10</sup> Nicht nur zerstört der Bohrprozess an und für

<sup>10</sup> Meine Ansicht, dass ein Teil der im tieferen Pleistozän unserer Tiefebene erbohrten „Tone“ und „Lehme“ als metamorphe Lössen anzusprechen sei, wird von Cholonoký durchaus geteilt; (Diskussionsbemerkung zu meinem Vortrag in der Ung. Geogr. Gesellsch. 1928.)

sich die charakteristische Struktur, sondern sie kann bereits in situ unter dem peptisierenden Einfluss alkalischer Grundwässer verändert worden sein, während die Farbe durch Reduktion des Eisens eine grünliche wurde. Als einstige Löss sind verdächtig: weisslich-grüne, wenig plastische „Tone“ und „Schlamme“, welche bei der mechanischen Analyse im Korngrössenbereich 0.01—0.05 mm ein Maximum zeigen und welche ohne scharfe Grenze auf Flugsandcharakter besitzenden Sanden lagern. Vielleicht ist der in der stratigraphischen Aufzählung sub 1. angeführte weisslich-grüne Lehm ein solcher metamorpher Löss. Er hatte eine ganz eigentümliche griesige Struktur, wie ich sie in der Literatur nirgends erwähnt fand, die man am besten als ein „Konglomerat hirsekorngrosser Tonkügelchen“ kennzeichnen könnte. Die Kügelchen erwiesen sich beim Zerdrücken als sandfrei. Vielleicht handelt es sich um eine fossile Frostbodenstruktur, oder aber sind die Kügelchen durch Koagulationsvorgänge gebildet worden. Aus diesem Material pflegt beim Bohren reichliches Wasser zu strömen, weshalb es von den Kecskeméter Brunnenmeistern „*Quellenerde*“ genannt wird.

Es scheint mir, dass sich nach den angegebenen Prinzipien das Pleistozän unserer Tiefebene sehr gut in den Rahmen des *Polyglazialismus* einfügen lässt und die Widersprüche der bisherigen Forschung, von denen Cholnoky bei der Würdigung meiner hier berichteten Aufnahmeergebnisse noch 1928 schrieb,<sup>11</sup> gänzlich verschwinden, *wenn man die Lössbildungsperioden den modernen Anschauungen folgend, stets in die Zeiten der Kältemaxima setzt.* Aus geologischen, paläobotanischen und paläoklimatischen Gründen, die hier wegen Platzmangel nicht breit entwickelt werden können, komme ich ferner zur Ansicht, dass *am Anfang des Pleistozäns vor der ersten Eiszeit auch in unserer Tiefebene ein gemässigt warmes humides Klima bestanden hat, das sich aus dem vorhergehenden subtropischen humiden Klima des Pliozäns durch allmähliche Abkühlung entwickelte. Ein Kevir-Stadium der Grossen Ungarischen Tiefebene am Ausgange des Pliozäns, mit strengen Wintern, doch sehr trockenen heissen Sommern, also ein warm-arides Trockenklima, wie es von Cholnoky vorausgesetzt wurde,<sup>12</sup> ist unwahrscheinlich. Die*

<sup>11</sup> E. v. Cholnoky: Alföldünk morfológiai problémái. (Die morphologischen Probleme unserer Tiefebene. (Nur ungarisch.) Földr. Közlem. (Geogr. Mitteil. d. Ung. Geogr. Ges.) LVI. 1928. Heft 5—6. pag. 87—93; vgl. pag. 92.

<sup>12</sup> E. v. Cholnoky schreibt auch den pleistozänen Interglazial(en) ein solches Kevir-Klima zu und das ist eben die Ursache der sich ihm ergebenden Widersprüche. Wenn Lössbildung und Wüstenaridität in die Kältezeiten verlegt werden, verschwinden sie von selbst.

*Deflationszeit im Balatongebiet, an der Cholnoky für seine Auffassung eine Stütze zu finden meinte, ist eben auch nicht an das Pliozänende, sondern bereits ziemlich weit ins Pleistozän hinein, nämlich in die kalt-aride I. Eiszeit zu versetzen. K. v. Papp (1899) und L. v. Lóczy sen. (1913) mussten seinerzeit für diese Deflationszeit im Balatongebiet nur deshalb die unbestimmte und paläoklimatisch genommen ganz uneinheitliche Perioden in sich schliessende Zeitangabe machen: „vom Ende des Pliozän bis Anfang des Pleistozän“, weil damals noch nicht erkannt war, dass im Pleistozän sich die Lössbildung und Deflation nicht in heiss-ariden Wüsten, sondern in kalt-ariden periglazialen Wüstensteppen abspielte. Heute, wo wir dies wissen, müssen wir für die Zeit vom Pliozänende bis zur ersten Eiszeit durchaus nicht mehr einen Übergang von Heiss-Trocken zu Kalt-Feucht annehmen, sondern gerade im Gegenteil einen Übergang Subtropisch Humid → Gemässigt Humid → Periglazial Arid.*

In den Kecskeméter Bohrungen konnte ich einen der *Staffelbrüche*, welche von P. Treitz für die Herausmodellierung des Horstes zwischen Donau und Tisza vorausgesetzt wurden, direkt nachweisen. Es handelt sich um eine NW—SO verlaufende Verwerfung, an deren NO-Seite der blaue Ton (2 b) um etwa 6 m abgesunken und an der Verwerfungsfläche von 2½ m ursprünglicher Schichtdicke bis auf 30—40 cm und weniger Mächtigkeit ausgewalzt wurde. Der abgesunkene Teil wurde später durch pleistozänen Flugsand (5. und 7.) mit 8—9 m Mächtigkeit so gründlich ausplaniert, dass heute die Verwerfung nur mehr durch eine schwache Terrainstufe an der Oberfläche angedeutet wird. Der den Sand bedeckende lössähnliche Lehm (9 b) weist an der Verwerfung nur eine ganz leichte Absenkung von ca. 40 cm auf. *Der Hauptteil der Bewegung von 5,6 m hat sich hier also bereits im Riss-Interglazial bis zum Würm-Glazial abgespielt.*

Es muss bemerkt werden, dass solche junge Krustenbewegungen nur in der von mir befolgten Weise, nämlich durch *sehr dicht aneinander (bis 2 m!) liegende Profilbohrungen* nachgewiesen werden können. Es ist aber dringend vor jener „tektonischen Methode“<sup>13</sup> zu warnen, nach der man mittels 5—10 m tiefen Bohrungen und Schächte, die an den *Eck-*

<sup>13</sup> F. v. Páva y-Vajna: A földkéreg legfiatalabb tektonikus mozgásairól. Über die jüngsten tektonischen Bewegungen der Erdrinde. Földtani Közlöny LV. 1926., pag. 63—85. (Deutsch im Suppl. zu diesem Bd. pag. 282—297.)

F. v. Páva y-Vajna: A magyar szénhidrogénkutatások eddigi tudományos eredményei. Die wissenschaftlichen Ergebnisse der ungarischen Kohlenwasserstoffforschungen. Nur ungarisch. Bány. és Koh. Lapok. (Ung. Berg- u. Hüttenm. Ztg.) LIX. 1926., pag. 375—379, 415—417, 436—443, 457—463.

punkten gleichschenkliger Dreiecke mehrere hundert Meter voneinander entfernt niedergebracht wurden, in der ungarischen Tiefebene Falungsvorgänge des jungen Pleistozäns „nachgewiesen“ zu haben meinte. Es ist nicht angängig, in dem obersten Teil eines bis auf 180—200 m Tiefe durch und durch aus linsenförmigen Ablagerungen fluvio-terrestrischen Charakters bestehenden Pleistozäns, dessen Lagerungsverhältnisse noch dazu durch mehrfache Erosionsperioden kompliziert werden, in Entfernungen von mehreren hundert Metern die Oberfläche „gleichartiger Schichten“ zu verbinden und daraus ad libitum Dome zu konstruieren. Der im Untergrund verborgene blaue Ton (2 b) weist z. B. oft in Entfernungen von 100—200 m Oberflächenunterschiede von 5—6 m auf, welche mit tektonischen Vorgängen garnichts zu tun haben, sondern eine Folge der mehrfach erwähnten Erosionsperiode im Riss-Würm-Interglazial sind. Rotbraune eisenschüssige Pleistozänsande (5) des Untergrundes zeigen oft eine gekrümmte Ablagerung, die durch Falung hervorgerufen sein soll, während es sich in Wirklichkeit um Grundwasserhorizonte handelt, die dem konkaven Verlauf der Grenzflächen der darunter befindlichen wasserundurchlässigen Tonlinsen (2 b) folgen u. s. w. Die von St. G a á l gleichzeitig mit mir an diesen Untersuchungen geübte Kritik,<sup>14</sup> ist darum voll berechtigt. Völlig irreführend sind die Zahlenangaben über rezente Fixpunktveränderungen auf der auch in K o b e r s' bekanntes Werk<sup>15</sup> übergegangenen tektonischen Karte. Sie beruhen auf einer kritiklosen Zusammenstellung teilweise falscher Angaben. Es wäre zu wünschen, dass an ihrer Stelle in einer Neuauflage die von E. G á r d o n y i auf Grund der Präzisionsmessungen<sup>16</sup> des kgl. ung. Triangulierungsamtes verfasste, seitdem erschienene<sup>17</sup> Karte mitgeteilt würde.

Mit der Struktur des Pleistozäns hängen die Grundwasserverhält-

<sup>14</sup> St. G a á l: A kincstári alföldi mélyfúrások. Die ärarischen Tiefbohrungen im Alföld. (Nur ungarisch.) Term. tud. Közlöny. Ergänz. Heft 4. für 1928., pag. 153—170.

<sup>15</sup> L. K o b e r: Der Bau der Erde. Eine Einführung in die Geotektonik. 2. Aufl. 1928. Gebr. Borntraeger, Berlin. Vgl. pag. 446—449.

<sup>16</sup> E. G á r d o n y i: A régi felsőlendű szintezési alappontok magasságának változásai. Die Veränderungen der Höhe der alten Fixpunkte des Präzisionsnivellements. (Nur ungarisch.) M. kir. állami földmérés közlem. (Mitteil. d. kgl. ung. staatl. geodät. Landesaufnahme.) II. Heft. Budapest, 1932.

L. B e n d a: Belsőkontinentális kéregmozgások Csonka-Magyarország területén. Interkontinentale Krustenbewegungen auf dem Gebiete des heutigen Ungarns. Geographia Pannonica. III. Heft, herausg. v. d. Geogr. Inst. d. Universität Pécs. (Egyetemi Földrajzi Int. kiadása.) 1932.

<sup>17</sup> K. v. P a p p: Die geologische Karte Ungarns. Földtani Szemle. (Ung. Rundsch. f. Geol. u. Paläont.) herausg. v. d. Geol. Inst. d. Univ. Budapest. Bd. I. Heft 2, 1932. pag. 89—128.

nisse auf das innigste zusammen. Sie können hier nicht eingehend behandelt werden. Wegen der bodenkundlichen Wichtigkeit sei erwähnt, dass als erste wasserakkumulierende Schichte nicht nur im Gebiet zwischen Donau und Tisza, sondern überhaupt in der ganzen ungarischen Tiefebene der blaue Tegel (2 b) fungiert. In den aus dem Riss-Interglazial stammenden Erosionsvertiefungen dieses blauen Tones versalzt unter dem semiariden Klima der Tiefebene das wegen der ungenügenden Drainage des Untergrundes (tiefe Lage der Tiefebene) stagnierende Wasser. Grundwässer von 60—100° deutschen Härtegraden und 15—20 Gramm Fixsubstanzgehalt sind in der ungarischen Tiefebene keine Seltenheit. Sie finden sich stets in den Schüsseln und Rinnen des blauen Tegels. Wo dagegen die erste wasserundurchlässige Schicht im Untergrund einen Rücken aufweist, treffen wir weiches Grundwasser (5—10° d. H., 0.5—1 g fixe Substanz) an. Die durch die Erosionsperiode im Riss-Interglazial bedingte ausserordentlich abwechslungsreiche Gestaltung der Oberfläche des wasserdichten Tones (2 b), 5—6 m betragende Höhenunterschiede der Rücken und die Vertiefungen auf Strecken von manchmal nur 50—200 m, verursacht die zunächst überraschende Mannigfaltigkeit des Grundwassers, auf welche die heutige Oberflächengestaltung fast gar keinen Einfluss hat. An Bruchlinien, wie die oben geschilderte, wo der blaue Tegel ausgewalzt ist und teilweise auch ganz fehlt, tritt das Grundwasser des II. Niveaus unter der wasserundurchlässigen Tonschichte in die pleistozäne Sandausfüllung ein; wir haben an solchen Stellen viel Wasser von guter salzärmer Qualität.

### III. Bodenbildung, insbesondere Salzbodenbildung in der Grossen Ungarischen Tiefebene.

Der Boden ist ein Produkt der Einwirkung miteinander rivalisierender luftklimatischer und bodenklimatischer Bildungsfaktoren auf das geologische Substrat.

An anderer Stelle habe ich ausgeführt, dass das Luftklima der Grossen Ungarischen Tiefebene ein Übergangsklima ist, unter dem sowohl Schwarzerde- als auch Braunerde-Bildung möglich ist. Die bodenklimatischen Faktoren, unter ihnen in erster Reihe die Wasserdurchlässigkeit (Durchwaschungsfähigkeit) und der  $\text{CaCO}_3$ -Gehalt, bestimmen unter diesen Verhältnissen, welche Bodentypen sich tatsächlich bilden.

Fig. 1. soll über die Stellung der Böden unserer Tiefebene im Rahmen der klimazonalen bodengenetischen Betrachtungsweise weiteren Aufschluss geben. Die Zusammenstellung lehnt sich ähnlichen schemati-



schen Darstellungen von G. Wiegner und H. Jenny an. Niederschlags- und Verdunstungsverhältnisse sind auf unserer Tiefebene derartige,<sup>18</sup> dass *das Klima im Sommer bis Späterherbst arid ist, während welcher Zeit die Wasserbewegung im Profil durch kapillaren Hub aufwärtsgerichtet ist und auf den Boden keinerlei entbasende Tendenzen einwirken. In der Winter- und Frühlingsperiode dagegen ist das Klima schwach humid, der Boden ist der Einwirkung der abwärtsickernden Niederschlagswässer ausgesetzt, deren auswaschende und basenverlagernde Tätigkeit aber bereits durch geringen CaCO<sub>3</sub>-Gehalt des Bodens, oder durch mindere Durchlässigkeit desselben gänzlich abgebremst wird.* Die sommerliche aride Periode dauert etwa 3—4 Monate, die humide Spätherbst-Winter-Frühjahrsperiode dagegen 8—9 Monate.

*Als Substrat, in dem die Böden gebildet sind, fungieren in unserer Tiefebene die Schichten des obersten Pleistozäns vom Löss und den lössähnlichen Lehmen (9 a und b) angefangen und die darüber lagernden Schichten des Holozäns: Sande und Inundationsschlamme (10 b und c).*

Die Pleistozän-Lösse und Lehme treten als Träger der Bodenschichte insbesondere in dem horstartigen Rücken des Donau—Tisza-Zwischengebietes zu Tage. Sie werden dort stellenweise in grösserer Ausdehnung von Sanden des Holozäns (10 b) bedeckt, liegen aber so hoch, dass sie von den holozänen Inundationen nicht mehr erreicht wurden. Es fehlen darum in diesem Gebiet die Schlamme (10 c). Ähnliche Verhältnisse bestehen im östlichen Teil der Tiefebene, wo sich am Vorrande der Nyírség in der Gegend von Debrecen, Hajduböszörmény, Hajdunánás das Pleistozän wiederum höher hebt, ohne die Höhe im Donau—Tisza-Zwischengebiet zu erreichen. In der ganzen Grabensenke des Tisza-ales und den daran schliessenden zentralen Beckenteilen kommen wirkliche Lösse und lössartige Lehme des Pleistozäns nur in inselartigen Schollen an die heutige Oberfläche, in diesem Gebiet unterlag das jüngste Pleistozän im Alt-Holozän einer nicht in die Tiefe wirkenden, sondern mehr flächenartigen Abtragung (fluviatilen Abrasion) durch die Wildwässer des Alt-Holozäns. Die Abrasionsfläche des Pleistozäns wurde von tonigen jungen Schlammern (10 c) zugedeckt.<sup>19</sup> Die Schlammdecke ent-

<sup>18</sup> E. Scherf: Über die Rivalität der boden- und luftklimatischen Faktoren bei der Bodentypenbildung. — A talajklimatikus és a légköri klimatikus tényezők viszonyai a talajtípusok keletkezésénél. Ann. Inst. Reg. Hung. Geol. (Földt. Int. Évkönyve.) XXIX. 1930. pag. 1—87; (ung. 1932, pag. 1—92.)

<sup>19</sup> E. Scherf: Über die geologischen Verhältnisse der Debrecener Töpferniederlassung am Ufer des Tócsóflusses. — A Debrecen—Tócsóparti fazekastelep földtani viszonyairól. Mitteil. d. archäol. Abt. d. Déri-Museums. (Déri-múzeum régészeti osztonak ismeretterj. közlem.) 1932. Heft 3. fűzet. Vgl. pag. 79 bezw. (ung.) 69.

stand, als sich die Wildwässer beim Einsetzen einer neuen Erosionsperiode, in der wir uns auch heute noch befinden,<sup>20</sup> im jüngeren Alt-Holozän und im Jung-Holozän in die heutigen Flusstäler zurückzogen und nunmehr nur bei Inundationen auf der einstigen Pleistozänoberfläche feinen Schlamm absetzten. Die eingeschnittenen Flusstäler sind heute die Stätte der allerjüngsten Bodenbildungen auf Hochwasser-Sanden und Schlammten.

*Bei bodengenetischen Studien muss man dieser geologische Verhältnisse stets eingedenk sein und darf insbesondere die scharfe Trennungslinie zwischen dem jungholozänen Inundationsschlamm (10 c) und der einstigen pleistozänen Oberfläche (9 a und b), die einen diskontinuierlichen Sprung in den Eigenschaften des Bodenprofils hervorruft, nie vergessen. Die völlige Nichtberücksichtigung der geologischen Verhältnisse, die sich in den Arbeiten der chemisch eingestellten Forscher (A. A. v. 'Sigmund, R. Ballenegger, A. Arany u. s. w.) ausspricht, hat dazu geführt, dass sie z. B. von ausgelaugten Bodenprofilen reden, deren Kalkgehalt in die Tiefe entführt sein soll, wo es sich in Wirklichkeit um die Bedeckung eines CaCO<sub>3</sub>-reichen Pleistozän-Lösses oder Lösslehmes (9 a, b) mit einer jüngeren, von Haus aus CaCO<sub>3</sub>-freien holozänen Schlamm-schicht (10 c) handelt, die wegen ihrer Wasserundurchlässigkeit einer Auslaugung garnicht zugänglich ist. Dasselbe gilt in verstärktem Masse für die angeblich „ausgelaugten“ Sodaböden. Solche gibt es nicht, wenn auch diese falsche genetische Ansicht der Schule 'Sigmund restlos in die internationale Literatur übergegangen ist. Die Basenverteilung in einem Bodenprofil darf eben nicht ausschliesslich nach chemisch-dynamischen Gesichtspunkten erklärt werden, wie es unsere Bodenchemiker tun, sondern es müssen auch die ursprünglichen geologischen Ablagerungsverhältnisse gehörig berücksichtigt werden.*

*In Abhängigkeit von den geschilderten klimatischen und geologischen Verhältnissen treten in der Grossen Ungarischen Tiefebene folgende Bodentypen auf:*

*1. Wirkliche Tschernosjeme (schwarze Steppenböden) auf den pleistozänen kalkreichen Lössen und lössartigen Lehmen, mit Übergän-*

<sup>20</sup> Die Tisza ist heute stellenweise bis zum blauen Tegel (2 b) eingeschnitten. Sie wird ebenso wie die übrigen Nebenflüsse der Tiefebene von deutlich wahrnehmbaren altholozänen Terrassen begleitet. D. h. wir befinden uns im früher geschilderten geologischen Zyklus wiederum in einem Interglazial, dessen Wärmemaximum („boreale Periode“) wir nach den Untersuchungen von R. Soó (1931) und B. Zólyomi (1931) offenbar schon überschritten haben. Auf der Tiefebene habe ich allerdings vergeblich nach Spuren (Pflanzenresten) des Boreals gesucht. Vielleicht sind erst zu dieser Zeit die holozänen Flugsande der Tiefebene abgelagert worden.

gen in Braunerde auf durchlässigeren, kalkärmeren Mutterschichten, z. B. auf mit holozänem Sand nur dünn bedecktem Löss. Es sind mit Ca abgesättigte Böden mit Profilen, an denen sich keine Spur von Auslaugung zeigt.

II. Braunerden. Wegen der gleichen Farbe und ähnlichen Eigenschaften werden unter den Begriff „Braunerde“ auf unserer Tiefebene meist zwei Bodentypen vereinigt, die aber genetisch grundverschieden sind. Wenn man den Begriff „Braunerde“, — wie es meiner Ansicht nach richtig wäre, — nur auf die klimazonal zwischen Tschernosjem und Podsol stehenden Bodentypen (No 3. und 4. der Fig. 1.) beschränken wollte, so würden als solche:

a) *wirkliche Braunerden* in unserer Tiefebene nur jene Böden zu bezeichnen sein, in denen sich wegen  $\text{CaCO}_3$ -Armut und guter Wasserdurchlässigkeit des Bodens bereits eine leichte Entbasung geltend macht, die aber meist nicht weiter schreitet als Typ 3. der Fig. 1. *In unserer Tiefebene kann die klimatische Entbasung niemals so weit gehen, dass in der Oberkrume pH-Werte saurer als pH 6.0—6.5 entstehen würden* (Typ 4. der Fig. 1.). Das Verbreitungsgebiet dieser wirklichen Braunerden ist auf die Randgebiete der Tiefebene mit höheren Niederschlägen beschränkt.

b) *Pseudo-Braunerden*. Wir finden aber auf der Grossen Ungarischen Tiefebene besonders in den zentralen Teilen weit verbreitet hellbraune sauer reagierende Böden auf den altholozänen Terrassen, die aber bei Leibe *nicht klimatisch entbast sind, sondern in einem von allem Anfang an sauer reagierenden Inundationsschlamm der Postpleistozänzeit (10 c) gebildet sind*. So wird es erst verständlich, wieso ich zusammen mit E. v. E n d r é d y z. B. auf der Hortobágy stellenweise kastanienbraune Böden mit einer Reaktion von pH 4—5 fand. Es wird doch niemand annehmen wollen, dass eine so stark saure Reaktion, wie sie klimatisch bedingt, nur in echten Podsolgebieten vorkommt, in der ariden Hortobágy durch klimatische Auslaugung entstanden sei!? Der ausländische Botaniker, der die Hortobágy besucht, ist enttäuscht, die charakteristische Steppenvegetation mit wehenden *Stypa*-Gräsern nicht anzutreffen; er wird es verstehen, wenn er hört, dass der Boden der Puszta aus holozänem Inundationsschlamm (10 c) gebildet wird, der die Pleistozänsschichten (9 b) 1—1½ m mächtig bedeckt. *In diesen Pseudo-Braunerden tritt im Profil an der Grenze Pleistozän—Holozän stets der charakteristische Reaktionssprung von pH 6—7 (Holozänsschlamm) auf pH 8—8.5 (Pleistozänlehm) auf, der von einer diskontinuierlichen Änderung aller*

sonstigen Bodeneigenschaften begleitet ist. (Von 'S i g m o n d und seinen Nachfolgern irrig als  $\text{CaCO}_3$ -Akkumulation im Untergrund infolge Auslaugung gedeutet.)

III. *Wiesentone, Pecherden.* Diese sind ebenso wie die Pseudobraunerden keine klimazonalen Bildungen. Wiesentone bildeten sich dort, wo die Holozän-Inundationen des heutigen Flusssystemes Altwasserarme zurückliessen, die beim Verlanden mit einem Gemisch von feinem Flussschlamm und Überresten der Wasserpflanzenvegetation ausgefüllt wurden. Trotz der manchmal feucht pechschwarzen Farbe (Pecherde) ist der Humusgehalt nicht gross: 4—5%. Sie finden sich als jung-holozäne Ausfüllungen alter Flussläufe und Überschwemmungsgebiete der Tisza und ihrer Nebenflüsse.

IV. *Frische Schwemmböden (Aulehme, tonige Sande und Sande).* Sie gehören dem allerjüngsten Holozän an, das durch fliessendes Wasser in den neuingeschnittenen Flusstälern abgelagert und umgelagert wird. In Altwasserläufen Übergänge zu den Wiesentonen und Pecherden.

V. *Moorböden (ung. Kotus-Böden) und Torf-Böden.* Böden des jüngsten Holozäns mit hervortretendem Gehalt an organischen Überresten. Als letztes Stadium des Verlandungsprozesses in abgeschnürten Altwasserläufen und daraus hervorgegangenen stehenden Gewässern gebildet. Wahre Torfböden gibt es heute in der Tiefebene nicht mehr. In den Kotus-Böden ist die Struktur der pflanzlichen Überreste noch deutlich zu erkennen (Gehalt daran bis 20%). Auch diese Bodentypen sind im Verschwinden begriffen.

VI a) *Salzfreie Alkaliböden, den russischen Solonetz-Böden entsprechend* ('S i g m o n d's „ausgelaugte“ Alkaliböden). Das Profil zeigt einen salzfreien tonigen oberen Horizont, dessen schlechte physikalische Eigenschaften von dem Gehalt an Natriumton herrühren. Seine Mächtigkeit schwankt von einigen dm bis 1 m. Gleich darunter setzt mit scharfer Grenze und Reaktionssprung von schwach sauer des salzfreien Horizonts (pH 6—7.5) in stark alkalisch (pH 8.5—10) ein Salzhorizont an; in ihm ist  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  (am höchsten),  $\text{MgSO}_4$  (etwas tiefer) und  $\text{CaSO}_4$  (am tiefsten) angereichert.<sup>21</sup> Am reichsten ist der Salzhorizont unter den schlechtesten Böden entwickelt. Er enthält bereits  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  und  $\text{NaHCO}_3$ , deren Maxima aber erst tiefer auftreten. Die um geologische Verhältnisse unbekümmerten Bodenchemiker nehmen an, dass in einer ersten Phase

<sup>21</sup> Vgl. meine in P. Treitz: A sós és szikes talajok természetrajza. — Naturgeschichte der Salz- und Szik-Böden, Budapest, 1924, (nur ungarisch), pag. 237. und 239. gegebenen Zahlen.

natriumhaltiges Grundwasser sich bis an die Oberfläche erhob und dabei das ganze Profil alkalisierte, dann soll in einer zweiten Phase der Alkalisierung das Grundwasser natürlich, oder durch Drainage abgesunken sein und der obere Horizont (oft mehr als 1 m tief!) ausgelaugt und salzfrei geworden sein. Die Salzschierte wäre nach dieser Auffassung eine Akkumulationsschierte der von oben nach unten gewaschenen Salze.

*VI b) Salzreiche, karbonathältige Sodaböden, den russischen Solontschak-Böden entsprechend.* Ein salzfreier oberer Horizont fehlt, das Profil enthält von oben bis unten wasserlösliche Alkalisalze,  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  und  $\text{NaHCO}_3$ . Letztere verursachen stark alkalische Reaktion über pH 9 bis 10, welche nach unten bis zur grundwasserfeuchten Region auf pH 8.4—8.6 absinkt (Reaktion des  $\text{NaHCO}_3$ ). Ein diskontinuierlicher Sprung zeigt sich im pH und den anderen Bodeneigenschaften im Profil nicht. Im oberen Teil Salzanreicherung, oft bis zu Salzausblüfung an der Oberfläche gesteigert. Nach 'S i g m o n d und seinen Nachfolgern sollten es Böden sein, an denen die „Auslaugung“ im alkalischen Medium noch nicht so weit fortgeschritten ist, dass sich ein salzfreier Horizont gebildet hätte.

*Man sieht, dass diesen allgemein angenommenen genetischen Anschauungen folgender Gedanke zu Grunde liegt: die Salze wandern von oben nach unten, es erfolgt „Auslaugung“.*

Ich habe bereits darauf aufmerksam gemacht, dass in unserer Tiefebene die auf den Boden einwirkenden klimatischen Auslaugungstendenzen recht gering sind und z. B. durch  $\text{CaCO}_3$ -Gehalt oder mangelhafte Durchwaschungsfähigkeit des Bodens völlig abgebremst werden. Schon ein gewöhnlicher Wasserstoff-Kalzium-Ton kann nicht „ausgelaugt“ werden, noch viel weniger ein alkalisierter Ton, der im feuchten Zustand keinen Tropfen Wasser durchlässt. Alles Niederschlags- und Schneeschmelzwasser, welches sich im Frühjahr auf den Böden des Typus VI a) ansammelt, verdunstet beim Eintritt der Trockenheit zur Gänze in die Luft. Alle Hoffnungen, die man von der irrigen Auslaugungstheorie 'S i g m o n d s ausgehend an die bodenverbessernde Wirkung der Anlage von künstlichen Fischteichen knüpfte, haben sich als trügerisch erwiesen. Der Boden abgelassener Fischteiche in der Hortobágy zeigt bereits in einigen cm Tiefe keine Spur von Hydrolyse des darin enthaltenen Natriumtones, weil eben das Wasser garnicht eindringen konnte. Die Anhänger der „Auslaugungstheorie“ bleiben uns die Erklärung schuldig, weshalb „ausgelaugter“ Szikboden (VI a) und salzreicher Sodaboden (VI b) dicht neben einander (in nur einigen Meter Entfernung) vorkommen können.

Diese Unstimmigkeiten zeigen, dass die Auslaugungstheorie eine falsche Arbeitshypothese ist, die man durch eine bessere ersetzen muss. Die bisherigen Ausführungen führen von selbst zu einer solchen.

Meiner Ansicht nach ist das Zusammenvorkommen von salzfreien sauer reagierenden Szikböden (VI a) neben salzreichen karbonathältigen Alkaliböden (VI b) sehr einfach zu erklären, wenn man annimmt, dass letztere einfach Alkaliböden sind, deren Profil ganz in den Pleistozän-schichten (Lösse und Lehme 9 a und b) liegt, während die ersteren ein Profil zeigen, in dem auf den versalzten karbonathältigen Pleistozän-schichten ein holozäner Schlamm (10 c) aufgelagert ist, der ursprünglich stark sauer reagierte (pH 4—6 und kein Natrium enthielt.<sup>22</sup> Er war also ein Wasserstoff-Ton, der später durch die aufsteigenden Alkalikarbonate alkalisiert wurde. Wenn die Schlammüberlagerung sehr dick ist, z. B. über 1 m, so sind natürlich nur die unmittelbar über dem versalzten Pleistozän, der „Sodafabrik“, gelegenen dm stark zu Natriumton alkalisiert worden und zeigen eine Reaktion um pH 7.8 herum, die sich aber noch scharf von der Reaktion der „Sodafabrik“ mit pH 9 und mehr abhebt, während die oberen Schlammportionen immer weniger und weniger austauschbares Natrium enthalten und sich ihre pH-Werte kontinuierlich immer mehr dem ursprünglichen sauren pH-Wert von der Ablagerung des Schlammes her nähern. Die nach oben abnehmende Alkalisierung des Schlammes ist also eine Folge der Einwirkung von unten nach oben in den ursprünglich sauer reagierenden Schlamm eindringenden Alkalisalzlösungen. Es ist falsch, sie als von oben nach unten abnehmende hydrolytische Spaltung ursprünglich vorhanden gewesenen Natriumtones anzusehen, wie es bei Sigmund und in der internationalen Literatur allgemein zu lesen ist. Der Salzhorizont entspricht also nicht einem Akkumulationshorizont in einem Auslaugungsprofil, sondern einer Anreicherung kapillar gehobener Salze an der Trennungsfläche des Pleistozäns (Löss bezw. Lehm) und des Holozäns (Schlamm). Sie ist eine Folge davon, dass die auf der „Sodafabrik“ direkt aufliegenden untersten Schlamm-schichten der stärksten Alkalisierung unterliegen, dadurch mit der Zeit völlig undurchdringlich werden und den Salzen das weitere Aufsteigen verwehren.

<sup>22</sup> Man braucht sich nicht zu wundern, dass in der postpleistozänen Zeit so stark saurer Schlamm auf der Ungarischen Tiefebene abgelagert wurde. In der humiden altholozänen Zeit war in den umliegenden Gebirgen reichlich Gelegenheit zu Podsolierungen gegeben; man denke an „Nyirok“-Bildung und Ähnliches. Es wird übrigens interessant sein, die mineralogische Zusammensetzung des Holozän-schlammes (10 c) zu erforschen, wobei eventuell genetische Anhaltspunkte gewonnen werden können.

Es besteht nach dieser Auffassung zwischen den beiden Alkalibodenhaupttypen nur der Unterschied, dass die salzreichen karbonatischen Böden VI b sozusagen im Inneren der „Sodafabrik“ gebildet, d. h. metamorphe Lössse und Lösslehme (9 a und b) sind, während in den salzfreien Alkaliböden die „Sodafabrik“ im Untergrund arbeitet und von dort aus die obere Bodenschicht (10 c) alkalisiert.

Zur Erklärung der Sodabildung genügen die bekannten Reaktionsschemata von E. W. Hilgard vollkommen:  $\text{CaCO}_3 + 2 \text{NaCl} \rightleftharpoons 2 \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CaCl}_2$ , bzw.:  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 + 2 \text{NaCl} \rightleftharpoons 2 \text{NaHCO}_3 + \text{CaCl}_2$ , worin NaCl natürlich durch andere Natriumsalze ersetzt gedacht werden kann. Diese Reaktionen sind reversibel und verlaufen nur dann in einem zur starken Alkalisierung des Bodens hinreichenden Grade in Richtung  $\rightarrow$ , wenn die Konzentration an Natriumsalz gross ist.

Ich bin auf Grund meiner Bohrungen zum Resultat gekommen, dass die Anreicherung des Grundwassers an Salzen überhaupt und insbesondere an Natriumsalzen von den morphologischen Verhältnissen der ersten wasserdichten Schicht im Untergrund, nämlich des blauen Pleistozäntones (2 b) abhängt. In den Erosionswannen und Rinnen des Tones, die aus dem Riss-Würm-Interglazial herkommen, finden wir, wie schon erwähnt, Grundwasser, das mehrere Gramme NaCl und  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  enthält und dessen Härte 100 deutsche Grade übertreffen kann. Die Anreicherung an Natriumsalzen ist eine Folge der semiariden klimatischen Verhältnisse und der mangelhaften Drainage des Untergrundes. Die Flusstäler unserer Tiefebene sind zu wenig tief eingeschnitten, die Schichten zu wenig wasserdurchlässig, um einen raschen Abzug der Salze mit dem Grundwasser zu gewähren. Die Salze steigen in den ariden Sommermonaten in Lösung durch Kapillarhub so weit auf, als es das Profil zulässt und wandern in der Humidperiode wieder nach unten, stagnieren aber im grossen ganzen an Ort und Stelle. Es verdunstet bei der vertikalen Pendelbewegung stets nur das Wasser, die Salze bleiben zurück und die spezifisch schwereren Salzlösungen sammeln sich in den Erosionsvertiefungen des wasserdichten blauen Tones. So können förmliche unterirdische Grundwassersalzseen entstehen, wie z. B. in der Gegend von Jászkarajenő (Kom. Pest), in der sog. Kunság bei Karcag (Kom. Jász-Nagykun-Szolnok), in der Hortobágy (Kom. Hajdu) u. s. w.

P. Treitz ist (1924) durch die perlschnurartige Aneinanderreihung der alkaliserten Bodenpartien im Donau—Tisza-Zwischengebiet zu der Annahme verleitet worden, dass die Sodabodenbildung längs tektoni-

scher Linien erfolge. *In Wirklichkeit entspricht das NW—SO gerichtete reihenförmige Auftreten in diesem Gebiet genau dem Streichen der im Untergrund verborgenen Erosionsrinnen des Riss-Würm-Interglazials im blauen Ton (2 b), in welchen sich heute das salzige Grundwasser in monatenlanger, vielleicht jahrelanger Wanderung gegen den Tiszagraben zu bewegt, und hat mit Tektonik nicht das Geringste zu tun. Auch der Zusammenhang mit den Erdgasausströmungen ist nur ein scheinbarer; der für die Alkalibodenbildung verantwortlich zu machende fette blaue Ton akkumuliert nämlich in Gasgebieten unter sich das aufwärtsstrebende Gas, das beim Durchbohren des Tones in grösserer Menge entweicht und so den von P. Treitz angenommenen ursächlichen Zusammenhang zwischen Gasausströmung und Szikbodenbildung vortäuscht.*

Gerade an der direkt konstatierten Bruchlinie in Kecskemét fand sich kein Alkaliboden, was nach meiner Auffassung auch durchaus verständlich ist, weil hier der wasserdichte Ton tief abgesunken ist und in der mächtigen Sandausfüllung nur weiches Wasser angetroffen wurde.

*Wo die im Untergrund verborgene gewellte Oberfläche des Tones (2 b) Erosionsrücken zeigt, gibt es an der Oberfläche keinen oder nur sehr schwach alkalisierten Sodaboden, weil an solchen Orten das Grundwasser garnicht, oder nur schwach salzig ist. Nie finden wir Alkaliböden in den Niederungen der heutigen eingeschnittenen Flusstäler der Tiefebene, weil dort die sodabildende Löss-, bzw. Lösslehmschicht durch Flusserosion weggetragen wurde, das Grundwasser süß ist und manchmal die Tiefenerosion so weit vorgeschritten ist, dass sogar der wasserundurchlässige blaue Tegel fehlt. Es mangelt also am Fusse der Terrassen alle Bedingungen der Alkalisierung und tatsächlich kann man im Tisza-Tal auf Schritt und Tritt beobachten, dass die Alkaliböden ausschliesslich auf der altholozänen Terrasse vorkommen. Wenn manchmal schwere Pecherden des eigentlichen Flusstales mit Alkaliböden wechselt werden, beruht dies stets auf mangelhafter Untersuchung.*

*Die Morphologie der heutigen Oberfläche hat mit der Ausbildung der Alkaliböden in unserer Tiefebene herzlich wenig zu tun. Zusammenfassend kann man im Gegenteil sagen, dass die Bildungsmöglichkeit unserer Alkaliböden von den morphologischen Verhältnissen der Pleistozän-schichten abhängt, während die Eigenschaften der entstehenden Typen von dem Vorhandensein und der Qualität der Holozänbedeckung mitbestimmt werden.*

Ich habe versucht diese Verhältnisse in Taf. I. dem Verständnis näher zu bringen. (S. am Schluss des Berichtes.)

Die Verteilung der Haupttypen VI a und VI b hängt in unserer Tiefebene ganz von der Mächtigkeit der holozänen Schlammbedeckung (10 c) auf dem Pleistozän (9 a) und b) ab. In den zentralen Teilen der Tiefebene findet man fast ausschliesslich den salzfreien Typus VI a, weil dort die Schlammdecke bis zu  $1\frac{1}{2}$  m mächtig das Pleistozän bedeckt, dessen Abrasionsfläche in der Hortobágy in etwa 89—89.5 m Seehöhe liegt. Im Westen der Tiefebene tritt die Schlammdecke in der Gegend Alpár—Tószeg noch kaum auf das rechte Tiszaufer hinüber, weil hier das Donau—Tisza-Zwischengebiet an Staffelbrüchen rasch in die Höhe steigt. Weiter nördlich aber ist rechts von der Tisza das Auskeilen der holozänen Schlammdecke in der Gegend von Ujszász sehr deutlich zu beobachten. Das Pleistozän tritt dort am Rande der Schlammdecke in etwa 90—90.5 m Seehöhe zu Tage. Darum hat man dort karbonatische Salzböden unmittelbar an salzfreie Alkaliböden mit sehr dünner und darum stark alkalischer Holozänschlammdecke anstossen. Die Grenze prägt sich im Charakter der wild wachsenden Gräser besonders stark aus; so ist die Ujszász—Szegeder Trennungslinie unserer Botaniker<sup>23</sup> zu erklären. Am Nordwestrande der Tiefebene lugt z. B. im Komitat Heves das versalzte Pleistozän unter der dünn gewordenen Holozändecke bereits an vielen Orten sozusagen in geologischen Miniatur-Fenstern hervor; ein klassisches Gebiet für die Unzulänglichkeit der „Auslaugungs“-Theorie. Ähnliche Verhältnisse ergeben sich am Ostrand, wo etwa von der Linie Hajduszoboszló—Hajdunánás—Hajduböszörmény (Kom. Hajdu) angefangen das Pleistozän wiederum gegen die Nyírség zu ansteigt. Wegen der sanften Erhebung des Pleistozäns vermischen sich auch hier die beiden Alkaliböden-Haupttypen VI a und VI b auf breiter Zone ohne scharfe Grenzlinie.

Zur Bildung von Alkaliböden ist also auf unserer Tiefebene das Zusammenwirken folgender Faktoren erforderlich:

1. Vorhandensein  $\text{CaCO}_3$ -führenden Pleistozäns in nicht zu grosser (z. B. 1 m überschreitender) Tiefe unter der heutigen Oberfläche;
2. Reichtum des Grundwassers an Natriumsalzen, die durch Kappillarwirkung in die  $\text{CaCO}_3$ -Zone gehoben, dort Soda produzieren können; im Zusammenhang damit;
3. Vorhandensein und muldenförmiges Relief des wasserdichten blauen Tegels (2 b) zur Ermöglichung der Akkumulation von Salzen im stagnic-

<sup>23</sup> R. Rapaics: Az Ujszász-Szegedi választóvonal. — Die Trennungslinie Ujszász-Szeged. in d. Zeitschr. Föld és ember. (Erde und Mensch, nur ungarisch), X. 1930.

renden Grundwasser in nicht zu grosser, durch den Kapillarhub noch zu überwindender Tiefe unterhalb der sodaproduzierenden,  $\text{CaCO}_3$ -führenden Schicht.

Die Eigenschaften der entstehenden Alkaliböden werden von folgenden Faktoren bestimmt:

1. Petrographischer Charakter des Bodensubstrats, welches alkalisiert wird. Es bilden sich danach folgende Haupttypen:

a. Salzreiche karbonatische Alkaliböden (im Vorhergehenden unter VIb angeführt), wenn der Boden im sodaproduzierenden Pleistozän selbst gebildet ist. Alkalisierung des wirklichen Lösses (9 a) ist ziemlich selten anzutreffen; er bekommt dabei im trockenen Zustand ein eigentümliches bleiches weisses puderähnliches Aussehen. Meist sind die lössähnlichen Lehme (9 b) alkalisiert worden. Eng mit ihnen verbunden sind und darum früher nicht besonders angeführt:

b) Salzreiche sandige Alkaliböden, in denen der Karbonatgehalt zurücktritt. Wir treffen sie an, wo sodaproduzierendes Pleistozän nicht zu mächtig mit Holozän-Sand (10 b) bedeckt ist, in dem die Salze bis an die Oberfläche steigen und ausblühen können.

c. Salzfreie, das Natrium nicht als Soda, sondern in silikatischer Bildung enthaltende tonige Alkaliböden (im Vorhergehenden unter VIa angeführt), wenn das versalzte, sodaproduzierende Pleistozän (9 a und b) durch tonigen Schlamm (10 c) bedeckt ist, der nach erfolgter Alkalisierung das weitere Aufsteigen von Salzen verhindert. Eigenschaftsbestimmend ist ferner:

2.  $\text{CaCO}_3$ -Gehalt und Konzentration der Alkalisalze im kapillar gehobenen Grundwasser als Reaktionspartner in der „Sodafabrik“.

3. Bei den Alkaliböden mit Holozänbedeckung (vgl. Punkt 1 b und 1 c): Mächtigkeit der Decke. (Je dicker, desto weniger alkalisierte Bodenoberfläche.)

Für die Praxis ergeben sich aus meinen Untersuchungen folgende Resultate:

I. Die salzreichen, sodahältigen Böden, welche in den Pleistozän-schichten selbst, oder in einer auf ihnen lagernden dünnen holozänen Sandschicht zur Bildung kamen (Typus VIb, bezw. 1 a und 1 b der vorhergehenden Beschreibungen), lohnen eine Amelioration mit chemischen Mitteln bestimmt nicht. Da es sich bei diesen Böden um eine Unschädlichmachung der Soda handelt, ist  $\text{CaCO}_3$  unwirksam, was im praktischen Versuch von Direktor G. Aigner der Ackerbauschule Kecskemét voll bestätigt wurde. Die Soda chemisch umsetzende Mittel, wie Gyps u. s. w.

wären zwar wirksam, sind jedoch zu teuer. Nach meiner Theorie würde es sich um einen fortwährenden Kampf mit den Alkalisierungsbestrebungen der Natur handeln, die in jeder ariden Sommerperiode von unten nach aufwärts wirken. Die Praxis bestätigt tatsächlich, dass z. B. das Gypsen alle 5—6 Jahre wiederholt werden muss. Es ist ein ungesundes Bestreben, solche Böden in den Ackerbau einzubeziehen. Sie können ausser als Weideland nur zur Anlage von Kunstwiesen dienen. Hierbei kommt als Grasart nur *Puccinellia limosa* in Frage. Sie erträgt nach A. Herke bis 0.4—0.5%  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  und gedeiht bei 0.1—0.3% dieses Salzes im Boden noch sehr gut. Gegen dauernde Trockenheit ist sie empfindlich, doch können die salzresistenten *Puccinellia*-Rasen nach den von A. Patonai im Donau—Tisza-Zwischengebiet ausgeführten Versuchen ohne Schaden mit dem harten und sodahaltigen Grundwasser an Ort und Stelle bewässert werden, was für keine andere Kulturpflanze gilt.

II. *Bezüglich der soda- und salzfreien Alkaliböden (Typus VIa) ergaben meine Beobachtungen, dass sie nur dann mit  $\text{CaCO}_3$  in ihren physikalischen Eigenschaften verbessert werden können, wenn die soda-produzierenden Pleistozänschichten des Untergrundes nicht näher als 20 cm zur Oberfläche liegen.* Eine dünnere Schlammdecke (10 c) ist meist so reich an Na-Ton, dass  $\text{CaCO}_3$  nicht mehr wirksam ist. *Solche Böden können auch am pH-Wert 7.6—7.8 erkannt werden (wenn sie tatsächlich  $\text{CaCO}_3$ -frei sind und die alkalische Reaktion nur vom Na-Tongehalt herrührt).* Diese Tatsache erklärt das Versagen der Kalkung in einigen Fällen bei der Ameliorierungsaktion der letzten Jahre. Solche schlechte salzfreie Alkaliböden sind nicht als Ackerland aufzubrechen, sondern als Weide- und Wiesenland zu verwenden. Für Kunstwiesen kann die Aussaat von *Beckmannia eruciformis* empfohlen werden; diese Grasart darf jedoch nicht mit sodahaltigem, salzigem Grundwasser bewässert werden.

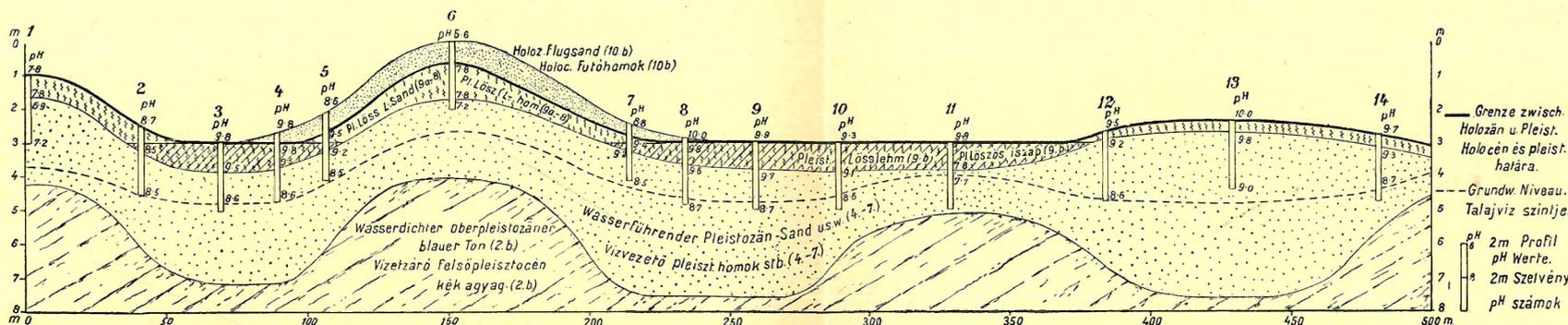
III. *Bezüglich der zwischen Geologen und Kulturingenieuren in der letzten Zeit aufgetauchten Streitfrage, ob die Entwässerungen auf unserer Tiefebene den Alkalisationsvorgang der Böden beschleunigt hätten, oder ihm entgegengewirkt haben, gibt meine Theorie die Antwort, dass ein aktiver Nutzen der Entwässerung durch Wegführung der Natriumsalze im Grundwasser nur dort erwartet werden kann, wo der Drainkanal genügend tief ist und seine Linienführung dem Relief des salzakkumulierenden blauen Tones (2 b) angepasst ist.* Im allgemeinen ist dies nur selten der Fall. Die Trockenlegung alkalisierter Böden ohne nachfolgende künstliche Bewässerung bedeutet immer eine graduelle Verschlechterung ihrer landwirtschaftlichen Eigenschaften.

Zum Schlusse sei aus Prioritätsgründen bemerkt, dass die hier niedergelegten Resultate der geologischen und bodenkundlichen Aufnahmen in der Tiefebene von mir bereits April 1928 in Fachsitzungen der Kgl. Ung. Naturwissensch. Gesellsch., der Ung. Geograph. Gesellsch. und der Ung. Geolog. Gesellsch. vorgelegt wurden, einem internationalen Fachpublikum aber Juli 1929 in der Sitzung der Intern. Gesellsch. für Bodenkunde in Budapest. Meine Ansicht über die Entstehung der Alkaliböden wurde durch A. A. v. 'S i g m o n d Juni 1929 abgelehnt;<sup>24</sup> meinem Kritiker ist aber eine schriftliche Darstellung meiner Ansichten damals nicht vorgelegen.

<sup>24</sup> A. A. 'S i g m o n d: A szikképződés törvényeiről a javítás szempontjából. — Über die Gesetze der Szikkbildung (Alkaliböden) in Hinsicht der Bodenameloration. Mezőgazdasági Kutatások. (Landwirtsch. Forschungen.) II. 1929, No. 6. pag. 272—293. Vgl. pag. 282—283 d. ung. Textes.



# Theorie der Alkalibodenbildung — A szikesedés elmélete von Scherf szerint.



Entstehender Alkalibodentypus: Keletkező sziktalaj válfaja:	Keine Alkalisierung: Szikesedés nincs.				Bildung salzreicher karbonatischer Alkaliböden (Soloncschak-Typus). Sziksós meszes sziktalajok (Soloncsák-típus) képződése.						Salzfreie tonige Alkaliböden (Solonetz). Sóltan agyagos szikesek (Solonetz).													
	Vorhanden van	Fehlt nincs	Vorhanden van	Vorhanden van	Vorhanden van	Fehlt		Nincs		Vorhanden — Van														
Holozánbebedung im Profil: Holocéntakaró a szelvényben:	Sand (H) auf Löss (P) Homok (H) löszön (P)	Löss (P) auf Sand (P) homokon (P)	Lösslehm (P) auf Sand (P) Lösslehm (P) löszlehm (P) Löss iszap (P) homokon (P)	Schlamm (H) auf Sand (H) Izap (H) homokon (H)	Sand (H) auf Löss (P) Homok (H) löszön (P)	Sand (H) auf Lösslehm (P) Homok (H) löszös iszap (P)	Löss (P) auf Lösslehm (P) Löss (P) lösz iszap (P)	Löss (P) auf Sand (P) Löss (P) Homokon (P)	Lösslehm (P) auf Sand (P) Lössös iszap (P) homokon (P)		Schlamm (H) auf Löss (P) Izap (H) löszös iszap (P)	Schlamm (H) auf Lösslehm (P) Izap (H) löszös iszap (P)												
Entstehungsort — Keletkezés helye:	6	1, 15	11	25, 26	27, 28	5, 7	4, 8	2	16	12, 14	13	10	3, 9, 20, 23	17	18, 21	24	19, 22							
Faktoren der Alkalisierung: Szikesedés lényezői	Karbonatisches Pleistozän i. Profil: Karbonáttart. pleiszt. a szelvényben				Vorhanden, produziert aber keine Soda. Megvan, de szikst nem termel				Fehlt nincs				Sodaproduzierendes Pleistoz. im Untergrund. Sziksóterm. pleisztocén az alattalajban.				Oberfläche im sodaproduzierenden Pleistozän gebildet Talaj felszíne a sziksótermelő pleisztocénben képződött				Sodaproduzierendes Pleistozän im Untergrund Sziksótermelő pleiszt. az alattalajban.			
Qualität des Grundwassers: A talajvíz minősége:	Süss, enthält keine Natriumsalze. Lágy, nátriumsókat nem tartalmaz.				Salzig Sós				Sehr salzig Igen sós		Salzig Sós		Sehr salzig Igen sós		Sehr salzig Igen sós		Salzig Sós		Sehr salzig Igen sós					
Relief d. wasserdichten Tones: A víztározó agyag felszíne:	Rückenförmig — Hátság				Fehlt nincs				Muldenförmig — Teknőalakú						Muldenförmig — Teknőalakú									
Bodenqualität — Talajminőség:	Gut — Jó				Zieml. schlecht Elegg. rossz				Sehr schlecht Igen rossz		Schlecht Rössz		Zieml. schlecht Elegg. rossz		Sehr schlecht Igen rossz		Schlecht Rössz		Zieml. schlecht Elegg. rossz		Sehr schlecht Igen rossz			

