

2. Die Bildungsprozesse des Bodens im Osten des pannonischen Beckens.

(Bericht über die agrogeologische Übersichtsaufnahme des Jahres 1912.)

VON PETER TREITZ.

Der Sommer des Jahres 1912 war, dem Plane gemäß, den wir zur Ausführung der Übersichts-Bodenkarte unseres Landes entworfen, für die Aufnahme des Landesteiles jenseits der Donau bestimmt. Mein Arbeitsgebiet umfasste die Komitate Sopron, Vas, Zala und Somogy.

Die Kartierung des Gebietes begann ich am 21. Mai und beendete selbe am 31. Oktober. Die 6 Monate andauernden Arbeiten im Felde erlitten nur eine einmalige Unterbrechung, als ich die jährliche bodenkundliche Studienreise der Hörer des höheren Kurses für Weinbau und Kellereiwirtschaft leitete.

In diesem Jahre suchten mich Fachgenossen aus drei Ländern auf, um die neuen auf genetischer Grundlage beruhenden Kartierungs- und Untersuchungsmethoden kennen zu lernen.

Im Monate April kam Herr Dr. G. BATZ Ing. Agric. von der Regierung Belgiens entsandt zu mir nach Budapest, nahm sechs Wochen an den Aufnahmen im Felde und den Arbeiten im Laboratorium teil. Es ist mir eine angenehme Pflicht berichten zu können, daß Herr Dr. G. BATZ mit unermüdlichem Eifer sich seiner Aufgabe widmete. Sein großer Fleiß und seine Ausdauer berechtigen zur Hoffnung, daß Herr G. BATZ seine schöne, aber äußerst schwierige Aufgabe, die Kartierung des belgischen Kongogebietes mit vollem Erfolge lösen wird.

Im Monate Mai suchte mich Herr Dr. PAUL HARDER Landesgeologe an der geolog. Anstalt in Kopenhagen auf. Herr P. HARDER war mehrere Jahre hindurch mit geologischen Aufnahmen auch in Grönland und Island beschäftigt.¹⁾ Im Herbste kamen die Herren Dr. H. HESSEL-

¹⁾ Über diese Aufnahmen, die auch auf dem Gebiete der Agrogeologie äußerst wichtige Resultate erzielten, hielt Herr Dr. P. HARDER zwei sehr interessante Vorträge. Einen in der ung. geologischen Gesellschaft, die zweite in der ungarischen geographischen Gesellschaft. (Földtani Közlöny. Mitteilung der ung. geolog. Gesellschaft Bd. XLII. Hft. 7—8; — Földrajzi Közlemények Bd. XL. Hft. 6.

MANN, Leiter der Versuchsanstalt für Forstwesen in Schweden und Herr Dr. OLAF TAMM und machten mit mir agrogeologische Studien in den Steppen wie Waldgebieten unseres Landes.

Die Besuche der Herren Fachgenossen aus dem Auslande hielt ich aus dem Grunde zu erwähnen für notwendig, um damit anzudeuten, daß jene neuen Methoden und Anschauungen, welche wir bei der Ausführung der Übersichts-Bodenkarte befolgen, auch im Auslande mit regen Interesse verfolgt werden. Diese große Arbeit die Übersichts-Bodenkarte fußt auf den neuen Gesichtspunkten der Agrogeologie und hat bei der Klassifikation der Bodentypen die genetische Entstehung des Bodens zur Grundlage. Diese Einteilung ist das Resultat langjähriger agrogeologischer Studien, die ich im In-, wie im Auslande ausführte, und entstand aus der Erkenntnis der geologischen und biologischen bodenbildenden Faktoren unseres Landes. Sie ist eine selbständige Methode und keine Kopie einer ausländischen.

Zur Erkenntnis der geologischen Verhältnisse des Gebietes, schien es vorteilhaft die Aufnahmen auf dem Rande des großen pannonischen Beckens, vom Gebirge aus zu beginnen. Diese erste Aufgabe erleichterten ganz besonders die Exkursionen, zu welchen ich mich dem Herrn Direktor Dr. L. v. Lóczy anschließen durfte, als er die Schotterablagerungen dieses Gebietes von dem Randgebirge beginnend, bis in das Becken hinein beging. Auf diesen Exkursionen erhielt ich zahlreiche wertvolle Aufklärungen, welche das Verständnis des geologischen Aufbaues erleichterten. Mit Vergnügen gedenke ich dieser so lehrreichen gemeinsamen Exkursionen und kann es nicht unterlassen auch an dieser Stelle meinen aufrichtigen Dank auszusprechen.

Während der ersten Exkursionen habe ich mich davon überzeugen müssen, daß alle Berge und Hügel, welche aus den verschiedensten Materialien aufgebaut sind, von einer einheitlichen Bodendecke überlagert werden. Die Untersuchung des Materiales dieser Decke beweist, daß sie sich nicht aus Wasser ablagern konnte. Bei der Verfolgung der Grenzen dieser Bodendecke sah ich, daß sie sich auf die höchsten Anhöhen hinauf zieht, daß sogar die Bergrücken von ihr überlagert werden (so z. B. auch das 864 m hohe Plateau des „Irott kö“). Damit war mir klar, daß ich den Beginn dieser Deckschichte außerhalb der Grenzen unseres Landes zu suchen habe. Um das erstrebte Ziel erreichen zu können wandte ich mich an Herrn Dr. A. v. SEMSEY. Seine Unterstützung ermöglichte mir, auch jene Gebirge, die zwar außerhalb der Landesgrenze lagen, jedoch den Rand des pannonischen Beckens bildeten, zu begehen, deren Boden zu untersuchen und einzusammeln. Auf diese Weise war es mir möglich

auf folgenden Punkten agrogeologische Studien auszuführen und Bodenproben zu sammeln: auf dem 1446 m hohen, östlich von Graz liegendem Kalkplateau des Schöckl; dem 1400—1700 m hohen Gebirgszug des Hochwechsels; auf dem 2200 m hohen Kalkplateau des Hochschneebergs. Für die Unterstützung meiner wissenschaftlichen Arbeiten will ich auch hier Herrn Dr. A. v. SEMSEY meinen aufrichtigen Dank erstatten.

Geologischer Aufbau des Gebietes.

Von dem 1000—1700 m hohem Gebirgszuge der Alpen, welcher im W und S das pannonischen Becken begrenzt, reichen mächtige Schuttkegel bis in die Flußtäler hinab. Diese Schuttkegel bilden die Verbindung zwischen den Gebirgen und dem Hügellande. Das Niveau, der sich aneinander reihenden Schuttmassen liegt in einer Ebene, und bildet eine von W gegen E sich neigende Fläche, über welche nur die alleinstehenden vulkanischen Kegel der Andesite und Basalte, sowie die Horste der kristallinen Gesteine emporragen.

Diese Schuttmassen scheinen bei einer oberflächlichen Betrachtung von gleichem Materiale zu bestehen, sind jedoch in Wirklichkeit sehr verschieden, ihre Ablagerung begann schon im Tertiär und dauerte bis in die Gegenwart fort. In den klimatischen Phasen des Pleistozän schollen die Gewässer, die vom Gebirge in das Becken strömten, mehreremale mächtig an, trugen einen Teil der ursprünglichen Ablagerungen ab und ersetzten dieselben mit neuem Materiale. Der Kern der Hügelzüge besteht ausschließlich aus Sedimenten. Die oberste Bodenlage hingegen, welche alle diese Schuttmassen überdeckt und den Nährboden der heutigen Pflanzendecke bildet, verdankt ihre Entstehung der bodenbildenden Tätigkeit des Windes.

Das Studium der Bodenformationen dieses Gebietes lieferte neue Beweise zu der früheren Annahme, daß der Boden unseres Landes, im Gebirge, wie auf den über das Niveau des Hochwassers sich erhebenden Plateaus der Ebene, sich aus den niederregnenden Splittern aufgebaut hat, welche der Wind als Flugstaub über diese Gebilde angeweht hat, wo sie niederfallend sich allmählich zu einer mächtigen Bodenschichte angehäuft haben. Dieser Tatsache habe ich schon öfter in Wort und Schrift Erwähnung getan,¹⁾ volle Gewissheit brachte mir jedoch erst die Aufnahme dieses gebirgigen Landes. Hier kommt bei der Bodenbildung der geologische Untergrund nur an jenen Punkten zur Mitwirkung, wo die obere Flugstaubdecke durch Wasser abgetragen wurde.

¹⁾ P. TREITZ: *Was ist Verwitterung?* Comp. Rend. d. I-en internationalen agrogeologischen Konferenz. Budapest. 1904.

Die Flugstaubdecke beschränkt sich nicht allein auf die Rücken und Abhänge des Hügellandes, sondern erstreckt sich bis auf die Plateaus der Hochgebirge hinauf. Selbst auf den höchsten Kuppen der Berge ist der Nährboden von gleicher Entstehung, nur auf den Abhängen kommt als Gemengteil das Produkt des Zerfalles der Gesteine hinzu. Der Nährboden der Alpenwiesen und Wälder auf den Hochwechsel, wie auf den Ausläufern desselben, besteht größtenteils aus angewehstem Flugstaub. Die Mächtigkeit der Flugstaubdecke nimmt mit der Entfernung vom Hochgebirge in gleichem Maße zu. Während diese Bodenlage im Gebirge nur $\frac{1}{2}$ —1 m mächtig ist, erreicht sie auf den Anhöhen entlang der Raab eine Mächtigkeit von 2 bis 3 m und auf den Hügelzügen entlang des Zalaflusses eine solche von 10—12 m.

Mit dem Anwachsen der aus Staub gebildeten Bodendecke scheint die Abnahme der Körnergröße des Grundgesteines im Innern der Hügelzüge in genetischen Zusammenhänge zu sein. In der Nähe der Gebirge besteht das Material der Hügel aus Grobkies. Sand findet sich nur in sehr dünnen Lagen eingebettet vor. Mit der Entfernung vom kristallinen Grundgebirge nimmt die Korngröße sowie die Menge des Kieses ab, die des Sandes hingegen zu.

Die Grenze der Kiesablagerungen könnte jene Linie, welche sich aus der Verbindung der Städte Alsólendva und Zalaegerszeg ergibt, vorstellen. Südlich von dieser Grenzlinie findet sich Kies nur selten und wenn, so nur in dünnen Lagen vor.

Eine ähnliche fortdauernde Abnahme der Korngröße des Sandes kann in den Sedimenten in südöstlicher Richtung festgestellt werden. Der Sand in den Hügelzügen wird umso feiner, je näher wir an die große Niederung des Komitates Somogy kommen.

Alle diese hier angeführten Daten beweisen, daß die aus den Alpen in das pannonische Becken strömenden Gewässer einst eine südöstliche Richtung eingehalten haben.

Von der Größe dieser Wasserläufe geben uns die Steilwände der Hügel bei Egervár und Alsólendva ein klares Bild. Auf beiden Stellen ist eine 8—10 m hohe Steilwand erschlossen, in welcher die Struktur der Sandschichten auf eine Ablagerung aus fließendem Wasser deutet. Leider konnte ich in diesen Gebilden garnichts finden, was eine Aufklärung über ihr Alter gegeben hätte.

Agrogeologischer Teil.

Die Formen der Bodenbildung.

Der Boden entstand wie gesagt aus der Flugstaubschicht, die sich auf den verschiedenen geologischen Gebilden zu Lagen von wechselnder Mächtigkeit angesammelt hat. Nur an jenen Stellen, wo diese Hülle durch irgendwelche geologische Kräfte weggeführt wurde, kam das den Untergrund bildende Gestein zutage und lieferte selbst das Material zur Bodenbildung.

Auf diesem Gebiete ist der Charakter des Bodens meist in engem Zusammenhange mit den Natur der ursprünglichen Pflanzendecke, welche auf ihm während seiner Bildung sprossete und ziemlich unabhängig von dem Gefüge des geologischen Untergrundes. Von dieser einstigen Pflanzendecke sind nur mehr spärliche Reste vorhanden.

Aus der Untersuchung der Bodenprofile habe ich folgende Tatsachen feststellen können. Erstens, daß dieser Teil des Landes ein zusammenhängendes einheitliches Gehölz vorstellte, innerhalb welchem, je nach den Standorten, verschiedene Waldformen zur Entfaltung gelangten; zweitens, daß der heutige Wald sich vielfach von den Ursprünglichen unterscheidet, insofern, als der Mensch durch seine Kulturarbeit eine allmähliche Abnahme der Luftfeuchtigkeit verursachte und dieser Mangel an Feuchtigkeit sich auch in der Form der Pflanzendecke fühlbar machte. Die ständige Zunahme der Lufttrockenheit erschwerte die Lebensbedingungen der hygrophilen Pflanzen, während sie die Verbreitung jener Individuen begünstigte, welche sich den veränderten klimatischen Verhältnissen anpassen konnten. Obzwar der Nadelwald immer noch ein großes Gebiet umfaßt, in welchem als herrschende Baumart des Waldes, die Kiefer besonders auf den Ausläufern der Alpen ausgedehnte reine Bestände bildet und die Genossenschaft der Stieleiche in den Inundationsgebiete der Flüsse und Bäche, sowie auf den nach Norden gelegenen Abhängen dieser Täler immer noch beträchtliche Waldungen bildet, so ist doch eine allgemeine Abnahme des mit feuchtigkeitsliebenden Waldbäumen bedeckten Gebietes zu konstatieren, während das Areal der Buche sich bedeutend vergrößert hat. Die Wälder der Gegenwart haben ihre ursprüngliche Baumart größtenteils gewechselt. Auf den Boden der einstigen Kieferwälder gedeiht die Stieleiche und ein großer Teil der Eichenwälder wurde von der Buche erobert. Es gibt auch noch andere Daten, die auf eine Aenderung der pflanzenphysiologisch wirkenden klimatischen Faktoren deuten. Im Komitate Vas war vor 30—40 Jahren *Calluna vul-*

garissina der gewöhnlichsten Pflanze. Alle Lichtungen der Kiefer und Eichenwälder wurden von *Calluna*-Rasen bedeckt. Heute ist sie eine sehr seltene Pflanze geworden, die sich nur im äußersten Westen des Komitates auf den Ausläufern der Alpen vorfindet.

Die Ansiedelung des Menschen hatte eine tiefgreifende Umgestaltung der natürlichen Verhältnisse zur Folge. Seine Lebensbedingungen erreichten bald Weide und Aecker. Beide konnten nur durch Lichtung und Rodung des Waldes erzielt werden. Der Beginn der Rodung geschah vor mehr als 1000 Jahren, wie dies aus der römischen Geschichte festgestellt werden kann. Stellenweise wurde der Wald ganz abgeschlagen und blieb bis in die Gegenwart als Feld in Benützung, andere Flächen wurden wieder vom Walde erobert. Dies ist jedoch der seltenere Fall, denn die landwirtschaftliche Kultur hat den Wald aus der Ebene und dem Hügelland meist verdrängt und auf die steilen Böschungen der Hügel und Berge zurückgedrängt.

Bevor wir die Bildungsprozesse des Waldbodens behandeln, müssen wir die Eigenart des Waldklimas in den Kreis unserer Betrachtungen ziehen.

Das Klima des Waldes.

Die klimatischen Faktoren des Waldes und der Grasflur unterscheiden sich wesentlich von einander. Nach HANN¹⁾ können die Unterschiede in folgende Sätze zusammengefaßt werden.

1. Die Luft des Waldes ist kühler, als die der Grasflur, der Unterschied tritt besonders im Sommer des Nachmittags und des Abends hervor. Die niedrigere Temperatur ist einesteils aus der Abkühlung des verdunstenden Laubes und aus der Einwirkung, welche dieses abgekühlte Laub auf die Luft ausübt, zu erklären; andererseits kühlt auch die Ausstrahlung der Bäume die Luft ab.

2. Der Feuchtigkeitsgehalt der Luft im Walde ist ständig größer, als jener der Grasflur. Der Dampfgehalt ist im Durchschnitt um 9% höher. Die Niederschlagsgewässer sickern in den Boden des Waldes viel leichter ein, als in den der Grasflur und weil die Verdunstung des Bodens im Walde um 62% geringer ist, als im Felde, so ist auch der Waldboden der ständig feuchtere.

Der Nebel ist eine gewöhnliche Erscheinung des Waldes, die Grasflur bedeckt nur in der Wintersaison öfters ein Nebel.

4. Im Walde erleichtern die Wurzeln der Bäume das Eindringen

¹⁾ HANN J. Handbuch der Klimatologie 1908. Bd. I. pag. 87.

des Regen- und des Schneewassers in den Boden, das Laubdach hingegen wirkt hemmend auf die Verdunstung ein und verlängert auf diese Weise den Zeitraum derselben. Mit andern Worten, es reguliert den Abfluß der Niederschläge.

Aus diesem folgt, daß der Waldboden infolge der größeren Feuchtigkeit des über ihm herrschenden Klimas beständig mehr Wasser enthält, als der Boden der Grasflur. Der Wassergehalt ist so groß, daß z. B. in die Gruben, die wir in Tonboden, zum Zwecke der Untersuchung des Bodenprofils, gegraben haben, das Wasser neben den durchschnittenen Wurzeln in die Grube hereinfließt; dies geschieht nicht nur in der Wintersaison, sondern — in den Eichenwäldern der Ebene — auch im Sommer.

Im Sommer wird dem Waldboden viel Feuchtigkeit durch die verdunstenden Bäume entzogen, doch bleibt der Waldtorf, welcher den Boden unter den Bäumen bedeckt, auch im Sommer feucht und der Verlust der täglichen Verdunstung wird durch den allnächtlichen Tau vollauf ersetzt.

Der Aufbau des Waldbodens.

In den Profilen der Waldböden können folgende gemeinsame charakteristische Eigenschaften festgestellt werden.

Die Waldtorfdecke. Jeder Waldboden wird durch eine torfähnliche Decke, bestehend aus in Verwesung begriffenen organischen Stoffen überlagert. In dem darunter liegenden eigentlichen Waldboden können drei Horizonte unterschieden werden.

Horizont A ist der Horizont der Auslaugung oder auch Bleichsand-, Bleicherde-Horizont genannt.

Horizont B ist der Horizont der Anhäufung oder der Akkumulation, der salzreiche Horizont.

Horizont C ist der Horizont des Muttergesteins, aus welchem die zwei oberen Horizonte die Pflanzendecke entstehen ließ.

Der Aufbau der einzelnen Horizonte geht in folgender Weise vor sich:

Die Waldtorfdecke (Waldstreu). Die abgestorbenen Pflanzenteile der Bäume, sowie der unter den Bäumen lebenden Pflanzen, sammeln sich auf der Oberfläche des Bodens an und fallen hier der Verwesung anheim. Der Prozeß der Verwesung verläuft in einer ständig feuchten Umgebung, denn die Waldtorfdecke ist sehr porös. Ihre Wasserkapazität ist so groß, daß diese ihr das gesamte Wasser, welches als Niederschlag — Regen und Tau — auf sie niederfällt, aufzusaugen und zu behalten

ermöglicht. Die Waldtorfdecke wird durch das Nadel- oder Laubdach vor der Austrocknung geschützt und der unter dem Schutzdach täglich sich bildende starke Tau erhält seine Feuchtigkeit auch während des Sommers. Endlich müssen wir noch den Umstand in Erwägung ziehen, daß unter dem Laub und Nadeldach immerwährend Windstille herrscht, die Luftbewegung wird durch die Bäume gehemmt. Als Resultat der Gesamtwirkung all dieser Faktoren bleibt die Waldtorfdecke ständig feucht, unter normalen Verhältnissen trocknet sie nie aus.

In der feuchten Jahreszeit sättigen die Niederschläge die Waldtorfdecke mit Wasser. Während der andauernden Durchfeuchtung dringen die kristallinen Salze aus den Pflanzenteilen durch die Wandungen der Zellen, welche bei dieser Separation als Membrane wirken, in das durchsickernde Wasser und werden in die unteren Bodenhorizonte hinabgeführt. Der Grad der Auslaugung ist sehr verschieden; er wird von den klimatischen Faktoren und von dem Standorte des Waldes bedingt. Auf feuchtem Standorte ist die Auslaugung naturgemäß intensiver, in trockener Lage geringer. Die Auslaugung kann einen so hohen Grad erreichen, daß von den ursprünglichen Mineralsalzen kaum etwas in den organischen Stoffen zurückbleibt.

In einem Waldtorfe, welcher nur minimale Mengen von Mineralsalzen enthält, entstehen bei dessen Zersetzung Stoffe von saurer Reaktion. In den Wäldern der feuchten Klimazonen enthalten die Pflanzen nur wenig Mineralstoffe. Diese Erscheinung ist das Resultat des Anpassungsvermögens der Pflanzen an die Verhältnisse der Umgebung. Wächst eine Pflanze in einem Boden, der reich an Mineralstoffen ist, so häufen sich in den Zellen derselben viel Aschenbestandteile an.

Aus einen Boden hingegen, dessen Gehalt an löslichen Mineralstoffen infolge der intensiven Auslaugung, welcher er ständig ausgesetzt ist, nur sehr gering ist, enthalten die Pflanzen, welche hier gedeihen, nur kleine Mengen von Aschenbestandteilen und diese sind größtenteils als Salze organischer Säuren vorhanden. Einem ausgelaugten nährstoffarmen Boden können die Pflanzenwurzeln die nötige Menge Nährstoffe mit viel größeren Schwierigkeiten entziehen, als einem anderen Boden, der einer weniger intensiven Auslaugung ausgesetzt war. Aus einem Boden, dem das durchsickernde Wasser alle löslichen Mineralstoffe entzogen hat, kann die Pflanze nur dann neue Mengen von Nährstoffen entnehmen, wenn sie mit Hilfe von Säuren, welche sie an der Oberfläche der Wurzeln ausscheidet, neue Mengen in Lösung gebracht hat.

Dieser Aufgabe können sie nur in dem Falle genüge leisten, wenn sie in ihrem Körper solche Salze angehäuft haben, welche nötigenfalls leicht Säuren abspalten können. Die abgestorbenen Teile dieser auf nähr-

stoffarmen Boden wachsenden Pflanzen vermengen sich mit der Waldtorfdecke. Durch die hier herrschende klimatische Feuchtigkeit werden der Waldtorfdecke solche Salze entzogen, welche in die Bodenfeuchtigkeit gelangend, dieser eine saure Reaktion verleihen.

Die saure Bodenfeuchtigkeit löst die Mineralsplitter jener Bodenschicht, welche unmittelbar unterhalb der Waldtorfdecke liegen, je nach ihrem Säuregehalt in größerem oder geringerem Maßstabe auf.

Die Anzeichen der lösenden Wirkung solcher Bodenfeuchtigkeiten können wir an allen jenen Bodenprofilen beobachten, welchen noch die ursprüngliche Waldtorfdecke aufliegt.¹⁾

Horizont A. Der Horizont der Auslaugung, oder der Bleicherde, des Bleichsand.

Unterhalb der Waldtorfdecke folgt jene Bodenschicht, an welcher die lösende Wirkung der durchsickernden Bodenfeuchtigkeit am klarsten hervortritt. Die Mächtigkeit dieser ausgelaugten Schicht ist von dem Grade der Auslaugung abhängig; d. h. ihre Ausdehnung steht mit der Menge und dem Säuregehalte der durchsickernden Bodenfeuchtigkeit und mit dem Zeitraume der Einwirkung in direktem Verhältnisse. Sie schwankt zwischen 3—500 mm.

Die saure Bodenfeuchtigkeit übt auf die verschiedenen Bodenkonstituenten nicht die gleiche lösende Wirkung aus; einzelne werden schwerer, andere leichter angeätzt und schließlich zersetzt. In solchen Fällen, wo der Bodenfeuchtigkeit zur Ausübung der lösenden Wirkung genügende Zeit zur Verfügung stand, da wurden alle kohlen-saure, sowie kiesel-saure Mineralien aufgelöst, so daß zuletzt nur Quarzkörner als ungelöst zurückblieben.

Aus diesem folgt, daß die Mineralkörner in dem ersten Horizonte eines jeden Waldbodens, welcher unmittelbar unter der Waldtorfdecke liegt, von der sauren Bodenfeuchtigkeit angeätzt, teilweise oder ganz zersetzt werden. Die neuentstandenen Verbindungen gehen im Bodenwasser entweder in Lösung, oder sie bilden mit demselben eine Dispersion. Das Salzgemisch wird von der niedersinkenden Bodenflüssigkeit in den Untergrund geführt. Oft durchwandert die Salzlösung auch diese Bodenschichten und gelangt endlich in das Grundwasser mit diesem in die Bäche und Flüsse. Stellenweise wird nur ein Teil des Gemisches, der leichter lösliche, weggeführt. Unter der Mitwirkung gewisser Einflüsse

¹⁾ Die landwirtschaftliche Nutzung des Waldes, Streugewinnung und die Waldweide usw. vernichtet die Waldtorfdecke, zum grossen Schaden des Wachstums der Bäume.

endlich kann das gesamte neugebildete Material im Untergrund verbleiben und im Sommer, wenn der Boden bis zu dieser Tiefe austrocknet, da abgelagert werden.

Die Wanderung der gelösten Salze und deren in den verschiedenen Bodenhorizonten vor sich gehende Ablagerung, bilden den Ausgangspunkt zur Entstehung der mannigfachen Einteilung, Aufbau und Zusammensetzung der einzelnen Bodenprofile.

Am Ausbau der Bodentypen wirken, außer der Zirkulation des Bodenwassers, noch zwei Faktoren mit; u. zw. die ungleichartige chemische Zusammensetzung der Bodenfeuchtigkeit und die orographische Lage des Ortes. Die chemische Zusammensetzung der Feuchtigkeit hängt von der Natur der Pflanzendecke ab. Die orographische Lage kann, je nach ihrer Eigenart, ermöglichen, daß die chemische Zusammensetzung des Muttergesteins an dem Charakter des Bodens zur Wirkung gelangt, oder aber der Einfluß des Muttergesteins bei den Prozessen der Bodenbildung vollständig aufgehoben wird.

Horizont B. Der Horizont der Akkumulation, oder der Salzanhäufung.

In der feuchten Jahreszeit werden die Verwitterungsprodukte in den Untergrund gelagert, doch nicht sehr tief. Ich habe gefunden, daß jene Wurzeln, welche den Bäumen die Nahrung aus dem Boden zuführen, den Boden unter der Herrschaft des hiesigen Klimas in einer Tiefe von 50—60 cm durchweben. Diese Wurzeln nun ziehen im Sommerhalbjahre bei der Aufnahme der Nahrungstoffe auch die Bodenfeuchtigkeit aus diesem Horizonte und führen dieselbe in die Höhe, wo sie durch die Blätter verdunstet wird. Jener Bodenhorizont also, welcher von den meisten Wurzeln durchzogen wird, verliert auf diese Weise in erster Reihe seine Feuchtigkeit. Um den Verlust zu decken strömt dann das Wasser aus den oberen wie unteren Horizonten des Bodens hierher. Die Bewegung der Feuchtigkeit erfolgt den Gesetzen der Kapillarität entsprechend.

Jede Bodenfeuchtigkeit enthält außer den gelösten Salzen noch eine Menge verschiedener Kolloidstoffe, mit welchen sie Dispersionen bildet. Dieses Gemisch der kolloiden und kristalloiden Gemengteile bleibt im Wasser nun so lange in Gleichgewicht, bis das Verhältnis zwischen dem Lösungsmittel einerseits und den Salzen wie Kolloidstoffen andererseits nicht verändert wird.

Die wassersaugende Wirkung der Wurzeln aber zerstört gerade das Gleichgewicht, welches zwischen Lösungsmitteln und gelösten Stoffen besteht, dadurch, daß sie dem wässerigen Gemisch mehr Wasser als feste Bestandteile entzieht. Dieser Wasserentnahme zufolge werden Salze wie

Kolloidstoffe zur Abscheidung gebracht. Jener Horizont also, in welchem sich die festen Stoffe ablagern, wird auf diese Weise zum Horizonte der Akkumulation, er enthält oft zehnmal so viel säurelösliche Bestandteile als die darüber liegende Bodenschichte und immer mehr, als das Gestein selbst.

Der Akkumulationshorizont kann auch als salziger Horizont bezeichnet werden, da in ihm mit den Kolloidstoffen ein Teil der Salze, die durch die hierher strömende Bodenfeuchtigkeit von oben wie von unten zugeführt wird, während des Sommerhalbjahres sich auch abscheidet. Außer der Konzentration des Salzgemisches, welche durch den Wasserentzug der Wurzeln hervorgebracht wird, kommen bei der Abscheidung der festen Stoffe auch noch andere Faktoren zur Wirkung, in eine Erörterung dieser meist chemischen Prozesse kann ich jedoch diesmal nicht eingehen.

Horizont C. Das Grundgestein.

Unter dem Akkumulationshorizonte liegt das Grundgestein, d. i. jener Teil des Bodenprofils, aus welchem die Pflanzenvegetation die beiden oberen Horizonte (A. und B.) ausgebildet hat.

Das Gestein selbst bleibt selten unverändert, denn die Bodenfeuchtigkeit übt während ihrer Zirkulation auf dasselbe, entweder eine chemische oder eine mechanische Wirkung aus. Unter dem Einfluße eines humiden Klimas kann eine Wirkung der Aussaugung auch im Horizonte C. beobachtet werden, während im ariden Klima die Ablagerung der Salze schon dort beginnt. Aus der Untersuchung der Bodenprofile, die ich unter verschiedenen Klimaten ausgeführt habe, konnte ich eine Regel feststellen, nämlich: *je feuchter das Klima, umso geringer die Tiefe, bis zu welcher die Veränderung des Muttergesteines reicht. Hingegen je arider das Klima ist, umso tiefer liegt die Grenze, bis zu welcher eine Abscheidung von Verwitterungsprodukten vor sich gegangen ist.* Dieses Gesetz ist mit der Bewegung des Bodenwassers in Einklange. Es ist eine allbekannte Tatsache, daß die Wurzeln der Bäume in ariden Gebieten bis zu einer Tiefe von 10—20 m herabreichen, selbst die Wurzeln der Grasarten oder der Kulturgewächse können hier bis 4—6 m tief verfolgt werden. Die Veränderung des Muttergesteines reicht so tief hinab, als dasselbe von Wurzeln durchdrungen wird.

Nach diesen allgemeinen Erörterungen können wir nun auf die Besprechung der Bodenarten der einzelnen Waldformen übergehen.

Bleicherden (Podsol) auf Sand und Schotter.

Unter den Waldbäumen erfordert die Kiefer und die Gesellschaft der Stieleiche (*Quercus pedunculata*, *Qu. cerris*, *Carpinus betulus*, *Alnus*, *Betula*, *Acer*, *Tilia*¹⁾ usw.) die größte Feuchtigkeit. Unter gleichen klimatischen Bedingungen gedeiht auf Sand- und Schotterboden die Kiefer, während die Landstriche mit tonigem Boden von der Eiche und deren Genossen eingenommen wird.

Unter dem Kieferwald sondern sich die einzelnen Horizonte viel schärfer von einander ab, als unter den Laubbäumen. Dies hat drei Gründe:

1. In sandigem Boden ist die Bewegung des Wassers rascher. Die Auslaugung erfolgt leichter und wird intensiver.

2. Unter einem Nadelwalde wird der Boden während des ganzen Jahres beschattet, die Verdunstung des Bodens wird auf ein Minimum beschränkt, die Bewegung der Bodenfeuchtigkeit erfolgt fortwährend abwärts.

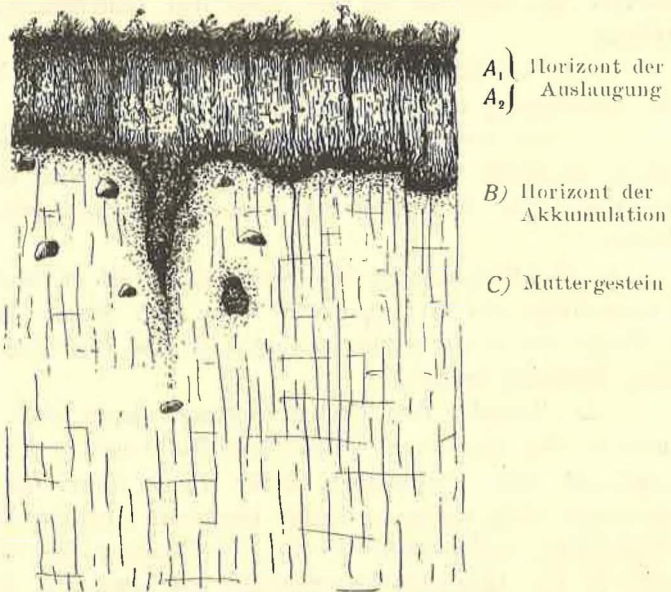
3. Die Humusdecke des Kieferwaldes ist so beschaffen, daß die Niederschläge aus ihr organische Salze und Säuren entziehen können; im Boden des Kieferwaldes bewegt sich eine Feuchtigkeit, welche eine saure Reaktion besitzt.

Als Produkt der Gesamtwirkung dieser drei Einflüsse wird einerseits der unter der Walddorfschichte liegende Horizont dermaßen ausgelaugt, daß in denselben, außer Quarz, kaum ein anderer Bodenbestandteil übrig bleibt, in diesem Horizonte wird der Boden vollständig ausgebleicht; andererseits ist die Abscheidung der Verwitterungsprodukte in der Akkumulations-Schichte der intensiven Auslaugung vollständig entsprechend. Die Menge der abgeschiedenen Stoffe füllt die Poren des Horizontes ganz aus und verkittet die Mineralsplitter zu einer festen Steinbank. Es entsteht auf diese Weise eine feste Sandsteinschichte, der *Ortstein*. Der größte Teil des Zementes besteht aus Eisenoxyd, welche Verbindung auch der Steinbank ihre charakteristische rote Färbung verleiht. Diese Ortsteinbank ist in den Schotter- und Sandablagerungen im Komitate *Vas* überall vorhanden. Die Mächtigkeit dieser Schichte ist sehr verschieden.

¹⁾ Es ist allgemein bekannt, daß in gleicher Weise wie in der Familie der Eichen sich Arten vorfinden, welche ein feuchtes Klima bedürfen und andere, die auch unter ariden Bedingungen gut gedeihen; so teilen sich auch andere Waldbäume: *Acer*, *Tilia* in Arten, welche nur in feuchten Gebieten fortkommen und in andere, welche auch einen trockenen Standort vertragen.

Unter normalen Verhältnissen wechselt sie zwischen 50—100 cm. An den Abhängen, sowie den Steilwänden, erreicht sie eine Entwicklung von über 2 m Mächtigkeit. Wie ich schon erwähnt habe, hängt die Mächtigkeit der Ortsteinschichte mit der Bewegungsform der Bodenfeuchtigkeit zusammen. Auf den Plateaus sickert das Wasser in den Untergrund. Ein Teil desselben fließt als Grundwasser ab, ein anderer Teil strömt bei Eintritt der trockenen Jahreszeit in den Akkumulations-Horizont zurück. An solchen Stellen bildet sich eine Ortsteinschichte von 50—100 cm Mächtigkeit.

An den Talwänden hingegen verdunstet die Bodenfeuchtigkeit nicht



Figur 1. Profil eines abgeholzten Kieferwaldes.

nur durch Vermittlung der Bäume, sondern noch mehr in Folge der ständigen Luftbewegung im Tale, auch auf der Oberfläche des Bodens.

Im Tale ist die Luft in fortwährender Zirkulation begriffen. Die Berg- und Talwinde wechseln alle zwölf Stunden. Der ständige Luftzug bewirkt eine ununterbrochene Verdunstung der Bodenfeuchtigkeit. Dieser erhöhten Verdunstung entsprechend lagert sich das Eisenoxyd bis in die tieferen Schichten des Bodens ab, und verkittet die Sandsteinlagen des Bodens bis zu einer Tiefe von 2—10 m.

Unter einem Kieferbestand finden wir immer alle Horizonte des Bodenprofils scharf von einander getrennt. In nebenstehender Abbildung sind die einzelnen Horizonte verzeichnet. Fig. 1 giebt uns zwar

das Profil eines Heide-Bodens nach Abforstung (Rodung) des Waldes, auf welchem die Waldtorfdecke (Rohhumusschichte) durch Oxydation der organischen Stoffe schon verschwunden ist, während die Form und die chemische Zusammensetzung der einzelnen Horizonte lange Zeit unverändert bleibt. Im westlichen Teile des Komitates Vas finden sich ganz ähnliche Bodenprofile vor, mit dem Unterschiede, daß der Untergrund (Horizont C) nicht aus reinem Sand besteht, sondern aus Kies-Ablagerungen aufgebaut ist. An den Abhängen der Flüße Raab, Sorok, Gyöngyös sind die Kiesschichten aus dem oben erörterten Grunde bis zu einer Tiefe von 2—4 m durch das abgeschiedene eisenreiche Kitt in ein Konglomerat verwandelt. Wird ein Boden, welcher ein solches Profil besitzt, wie Fig. 1, unter landwirtschaftliche Kultur genommen, so wird ein Teil des Horizontes A_2 mit A_1 vermengt und der durch Oxydation des Wurzelgewebes der Kulturgewächse entstandene Humus verleiht der Ackerkrume eine hellere oder dunklere graue Farbe.

Graue Bleicherden auf Ton. (Echte Podsole.)

In den Klimazonen, welche den Lebensbedingungen der Kiefer entsprechen, ist der Eichenwald die natürliche Pflanzendecke der tonigen Gebilde.

Die umbildende Wirkung, die ein Laubwald auf den Boden des Standortes ausübt, unterscheidet sich wesentlich von dem eines Nadelwaldes. Der Nadelwald beschattet das ganze Jahr hindurch den Boden, verhindert somit dessen Austrocknung; während unter einem Laubwalde der Boden längere Zeit ohne Bedeckung bleibt. Und die Frühjahrs-sonne ermöglicht, indem sie den Boden mehrere Monate hindurch bescheint, die Entwicklung einer ganzen Reihe von Blütenpflanzen. Die Austrocknung der Bodenoberfläche, sowie die Vegetation der einjährigen Pflanzen übt eine umgestaltende Wirkung aus. An den Bodenprofilen ist die Mitwirkung dieser beiden Faktoren klar ersichtlich.

Die Bodenprofile der hier im Westen von Ungarn gedeihenden Eichen- und Buchenwälder weisen eine ganze Reihe von ähnlichen Charakterzügen mit den Waldböden von Dänemark auf, welche letztere von Dr. E. MÜLLER in seinem klassischen Werke „*Studien über die natürlichen Humusformen*“ so klar beschrieben worden sind. In diesem Werke wird auch die Blumenflora aufgezählt, welche die Lichtungen dieser Wälder bevölkert. Die Flora des Komitates Vas wurde von Dr. V. v. BORBÁS im seinem Werke „*Die Flora und Pflanzengeographie des Komitates Vas*“ aufgearbeitet. So war ich in der glücklichen Lage auch die Vegetation der beiden Waldgebiete miteinander vergleichen zu können. Der

Vergleich liefert sehr interessante Tatsachen. Wir ersehen daraus, daß eine Anzahl von Pflanzen nicht nur für die grauen Waldböden von Dänemark und Schweden,¹⁾ sondern auch für solche in Westungarn charakteristisch sind.

Calluna vulgaris

Pirola rotundifolia

Viola hirta

Luzula pilosa

Majantenum bifolium

Melanpyrum sylvaticum u. *pratense*

Aira flexuosa

Potentilla tormentilla.

Aus der Flora der Eichenwälder Westungarns fehlt *Trientalis europaea*, doch in den Wäldern von Steiermark, welche weiter westlich die Ausläufer der Alpen bedecken, kommt diese Pflanze auch vor.

Die Natur der Waldtorfdecke (Rohhumusdecke) hängt von der Art der Pflanzenbedeckung ab.

Den grauen Waldboden bedeckt in ungestörter Lagerung immer ein Waldtorf und dieser besitzt stets eine saure Reaktion. (In solchen Wäldern, welche zu Weide benützt werden, geht natürlich — zum großen Schaden des Gedeihens der Bäume — diese Waldtorfdecke zu Grunde. Eben deshalb findet sich ein zur Zeit ungestörtes Bodenprofil nur in den Wäldern einiger größerer Domainen vor, wo weder das Weiden, noch das Einsammeln des Waldstreuens erlaubt ist.)

Das Laub der Stieleiche, sowie jenes der Bäume, die mit ihr in Gesellschaft vorkommen, enthält neben viel organischen Stoffen nur geringe Mengen von Basen und besonders wenig Kalk. Unter den organischen Verbindungen sind in erster Linie die Gerbstoffe zu erwähnen, welche Substanzen in allen Teilen dieser Bäume in beträchtlichen Quantitäten vorkommen.

In dem Wasser, welches aus den Niederschlägen in den Boden einsickert, lösen sich diese Gerbstoffe auf und bewirken, in Gemeinschaft mit den organischen Säuren, welche in den Pflanzen dieser Wälder vorkommen (Oxalsäure, Zitronensäure, Apfelsäure usw.), die Auslaugung und Ausbleichung des Bodens. Ihre wichtige bodenbildende Wirkung jedoch kommt erst in dem Horizonte *B* zur Geltung, wo sie die Bindung und Abscheidung der Eisensalze veranlassen.

Die Bodenfeuchtigkeit der Eichenwälder enthält in der feuchten

¹⁾ JESSELMANN H., ANDERSON G.: Führer zu den wissenschaftlichen Exkursionen der II. Agrogeologen-Konferenz. Stockholm, 1910.

Jahreszeit immer Eisensalze in Lösung. Wenn die Wurzeln der Bäume diese eisenhaltige Feuchtigkeit aufsaugen, so bilden die Gerbstoffe mit dem Eisen eine Verbindung, welche sich alsbald aus der Bodenfeuchtigkeit auf die Oberfläche des die Wurzeln umgebenden Bodenkörner abscheidet. Die abgestorbenen Teile der Baumwurzeln werden auf diese Weise allmählich ganz von diesen eisenhaltigen Verbindungen durchdrungen, so daß zuletzt der ganze Holzstoff durch Mineralstoffe ersetzt wird.

Im Tonboden der Eichenwälder erfolgt die Zirkulation des Bodenwassers nicht so rasch und leicht, wie in dem porösen Boden der Kiefer-



t) Waldstreu.

*A*¹) Auslaugungs-
*A*²) horizont

B) Ortsteinschichte;
Akkumulationshori-
zont.

C) Grundgestein.

Figur 2. Bodenprofil eines Eichenwaldes.

wälder. Das Wasser bewegt sich größtenteils an den Wurzeln entlang. Aus diesem Grunde kann sich auch keine feste Ortsteinschichte ausbilden, sondern an ihrer Stelle finden wir im Horizonte *B* die Eisenkonkretionen, als Teile der versteinerten Wurzeln. Unter einem alten und dichten Eichenbestande erreichen einzelne Konkretionen eine Größe bis 10 cm und stehen oft so dicht an einander, daß man diesen Horizont nur mit Hilfe einer Hacke durchbrechen kann. Die Mächtigkeit dieser konkretionführenden Schichte kann mitunter 30—60 cm betragen.

Aus der obigen Beschreibung ist zu ersehen, daß im Boden der Eichenwälder dieselben chemischen Prozesse vor sich geben, wie in dem eines Kieferwaldes, nur bildet sich in der ersteren keine zusammenhängende Steinbank, sondern eine Menge kleiner Konkretionen, welche sich

im Horizonte *B* in einer Verbreitung von 30—60 cm anhäufen. Der die Konkretionen umhüllende Boden ist gewöhnlich durch abgeschiedene Eisenverbindungen braun gefärbt. Die Farbe der Ablagerung wechselt nach der Oxydationstufe dieser Inkrustation von zimtbraun bis rostbraun. Der Horizont *B* schließt mit keiner geraden Linie nach unten zu ab, sondern die braungefärbte Bodenschichte folgt den großen Saugwurzeln in die Tiefe, dadurch entstehen sackartige Verlängerungen, die nach unten in eine Spitze endigen.

An der Wand der Grube zeigt der Boden des Horizontes *C* auf grauem Grunde rotbraune Flecken. Die Flecken stammen von den querlaufenden Wurzeln, die an der Wand durchschnitten worden sind. Der dunkle Punkt in der Mitte des braunen Fleckes ist eben die versteinerte Wurzel. Die Flecken beginnen schon oberhalb des Horizontes *B*, sind aber erst unterhalb desselben zahlreich, ihre Zahl nimmt mit der Tiefe ab.

Den größten Unterschied im Aufbau der beiden Profile finden wir aber in der Entwicklung des Horizontes *A*.

Unter Kieferbestand ist die Bodenbeschaffenheit des Horizontes *A* ganz einheitlich, in demjenigen des Eichenwaldes hingegen kann man zwei Schichten deutlich unterscheiden. Der obere Teil des Horizontes *A* ist im letzteren auch von sandiger Beschaffenheit. Die tonigen feinen Bestandteile wurden in den unteren Teil des Horizontes *A* geführt, dessen Tongehalt auf diese Weise sehr angewachsen ist. Wie bekannt ist ein Ton, sobald viel kolloide Gemengteile in ihm enthalten sind, imstande große Mengen Wassers aufzunehmen. Wenn ein solcher Tonboden eingetrocknet, so schrumpft er zusammen und bekommt Risse und Spalten. Dieser Vorgang wiederholt sich im tonreichen Teile des Horizontes *A*, wenn ihm während des Sommers der größte Teil seines Wassergehaltes durch die Wurzel entzogen wird. Es entstehen eine Menge Risse und Spalten. Die anhaltenden Herbstregen bringen viel Wasser auf diesen ausgetrockneten Boden. Die Rohhumusdecke saugt sich alsbald voll mit Wasser, läßt den Überschuß in den sandigen Teil des Horizontes *A* ablaufen. Durch dieses poröse Material bewegt sich das Wasser rasch und führt in die Risse und Spalten des unteren tonigen Teiles viel Sandkörner hinein, welche dieselben allmählich ausfüllen.

An der Wand einer Grube, die man in einen Eichenwald anlegt, kann man beobachten, daß der untere Teil des Horizontes *A* in lauter kleine, nußgroße, eckige Klümpchen zerfällt, deren Oberfläche einen Überzug von wasserklaren Sandkörnern trägt. Sie haben ein Aussehen, als wären sie mit Zucker bestreut. Im Horizonte *A* ist der Übergang aus der oberen sandigen Schichte in die untere tonige ein allmählicher.

Deutlicher ist die Grenze zwischen *A* und *B*, da hier auch schon

Farbenunterschiede auftreten. Der tonige Teil des Horizontes *A* ist grau gefärbt, der Horizont *B* hingegen dunkelbraun oder rostfarben. Die dunkel gefärbte Schichte des Horizontes *B* führt die Eisenkonkretionen, welche bis zu einer Tiefe von 60—70 cm zahlreich sind, sich von hier abwärts plötzlich vermindern, bis endlich im Horizont *C* nur wenige Stücke vorkommen.

Der Boden der Kiefer- und der Eichenwälder ist kalkfrei, auf kalkigem Boden gepflanzte Stieleiche gedeiht schlecht, wird bei ansteigendem Kalkgehalt des Bodens chlorotisch¹⁾ — wie die Riparia — und geht ein.

Der braune Waldboden.

Die Baumart der nächst trockeneren Klimazone ist die Buche.

Mit der zunehmenden Trockenheit des herrschenden Klimas nimmt die Intensität der Auslaugungsprozesse im Boden ab. Bei gemäßigter Auslaugung des Bodens sammeln sich immer mehr Basen im Akkumulationshorizont an, in erster Linie Eisenverbindungen, dann Kalk. Die Buche ist eine Kalkpflanze, kann nur in einem Boden gedeihen, welcher im Untergrunde Kalk enthält. Unter einem älteren Buchenbestande wird der Boden auch ausgelaugt, entkalkt. Die Auslaugung kann einen solchen Grad erreichen, daß der Boden zur Entwicklung von jungen Buchenpflanzen ungeeignet wird, die alten Buchenbäume kommen noch gut fort, der Nachwuchs hingegen zeigt ein kränkliches Aussehen.

Die Buche erfordert während ihrer Vegetation viel Kalk und häuft infolgedessen in ihrem Holze und Laube beträchtliche Mengen von Kalk an. Dementsprechend kann die Waldtorfdecke eines Buchenwaldes niemals eine so saure Reaktion besitzen, wie die des Eichenwaldes; mit der neutralen Reaktion des Waldtorfes steht die Bodenauslaugung im Einklange, sie ist viel geringer, als in den Eichen- und Kieferwäldern. Die Auslaugung wird vornehmlich durch zwei Faktoren gemildert:

1. Mit dem Laube der Buche gelangen beträchtliche Mengen Kal-

¹⁾ An der unteren Donau bei Futak (Komitat Bács) steht ein alter Eichenwald im Inundationsgebiet der Donau. In den letzten Jahren wurde dieser Wald durch Dämme vor Überschwemmung geschützt, infolge dessen trocknete der Boden allmählig aus; da durch die hier herrschende alljährliche sommerliche Hitze die Verdunstung der Bodenfeuchtigkeit sich außerordentlich erhöhte, so stieg das kalkreiche Wasser aus dem Untergrunde in die Höhe und lagerte während seines Aufstieges seinen Kalkgehalt ab. Der ursprünglich kalklose Boden reicherte sich dermaßen an Kalk an, daß darin die jungen, 15 Jahre alten Anpflanzungen der Stieleiche an Chlorose erkrankten, schließlich die gelben Blätter abwarfen und eingingen.

kes auf die Oberfläche des Bodens, es werden somit alle Säuren, die in der Waldtorfdecke vorhanden waren, neutralisiert und deren lösende ätzende Wirkung aufgehoben.

2. In dieser Zone des Buchenwaldes ist der jährliche Staubfall sehr groß. Die Mineralstoffe, welche aus dem niedergefallenen atmosphärischen Staube durch die Niederschlagsgewässer aufgelöst und in den Boden hineingeführt werden, decken hier den Verlust, der durch die Auslaugungsprozesse entsteht.

Der Staub stammt größtenteils aus dem großen Alföld (Tieflande), bewegt sich mit den erwärmten Luftströmen den Flußtälern entlang, gelangt so in das Waldgebiet hinauf. Es sind dies die täglichen Talwinde, welche den Staub mit der erwärmten Luft der Ebene in dieses höher liegende Gebiet führen. Je näher wir an das große Becken kommen, umso deutlicher läßt sich das Anwachsen des Staubfalles an den Bodenprofilen erkennen. Die Zone des braunen Waldbodens zeigt gleichzeitig das Gebiet des größeren Staubfalles an. Denn je größere Mengen Staubes auf einen Boden niederfallen, umso dunkler und brauner wird derselbe. Bei ungenügendem Staubfall bleibt die Farbe des Bodens hell und grau. An der Grenze der beiden Zonen bildet ein breiter Streifen den Übergang, sein Boden steht unter landwirtschaftlicher Benutzung. Die Farbe des frischgepflügten Ackers ist auf diesem Übergangsstreifen braun, nach einem Regen verbleicht sie, während ein echter brauner Waldboden seine charakteristische braune Farbe auch nach dem Regen beibehält.

Bei verminderter Bodenauslaugung werden neben dem Kalke auch andere Basen abgelagert. Da aber das Anwachsen des Kalkgehaltes schon an dem Aeußeren des Bodenprofils erkenntlich ist, die anderen Basen hingegen nur mit Hilfe der chemischen Analyse festgestellt werden können, so will ich mich vorläufig, in Ermangelung von chemischen Analysen¹⁾ nur mit der Rolle, welche dieses Element bei den Bodenbildungsprozessen spielt, befassen, so wie ich sie an den Bodenprofilen im Felde konstatieren konnte.

Der graue Waldboden besitzt eine sehr dichte Struktur, einmal ausgetrocknet, nimmt er nur sehr schwer wieder Wasser auf, trocknet ebenso schwer aus. Der Sauerstoff der Luft kann nur durch die Risse und Spalten, mit Hilfe der Sommerregen in die unteren Horizonte gelangen, wo er sich mit dem Regenwasser den Wurzeln entlang bewegt und in den unmittelbar diese Wurzeln umgebenden Boden eindringt.

¹⁾ Der Chemiker der agrogeologischen Sektion, Herr Dr. B. v. HORVÁTH war in diesem Jahre mit der Analyse des im Jahre 1911 im großen Alföld eingesammelten Materiales beschäftigt.

Im Horizonte *B* des grauen Waldbodens ist das Eisen in Form von solchen Verbindungen enthalten, welche bei Aufnahme von Sauerstoff ihre Farbe verändern, braun werden. Dieser Farbenwechsel ist an dem Materiale des Horizontes *B* der Eichenwälder klar zu ersehen. Selbst im Muttergestein kann die Wirkung des eingedrungenen Sauerstoffes an der zimtbraunen Farbe der die Saugwurzeln begleitenden Bodenmasse erkannt werden. So weit der freie Sauerstoff durch das Regenwasser in den Boden hineingeführt wird, änderte sich auch die graue Farbe des Horizontes *C* in ein zimtbraun oder rostbraun um.

In der braunen Walderde findet dieser Oxydationsprozeß schon während der Bodenbildung ein Ende, deshalb sind im Profile nur wenig solche Verbindungen vorhanden, welche einer weiteren Oxydation fähig sind.¹⁾ Diese Erscheinung ist eine Folge der chemischen Zusammensetzung der Waldtorfdecke des Buchenwaldes, aus welchem das Wasser der Niederschläge viel kalkhaltige Verbindungen auslöst. Die Kalkverbindungen verleihen den Bodenschichten, in welchen sie sich ablagern, eine poröse Struktur. Da außerdem im Buchenwalde nur eine dünne Decke von organischen Stoffen vorhanden ist, welche viel weniger Sauerstoff zu binden vermag, als die Waldtorfdecke des Eichenwaldes, so kann auch ständig mehr Sauerstoff in den Boden gelangen. Demgemäß besitzen auch alle Horizonte des Profiles eine gelbe und braune Farbe. Graue Erdarten kommen nur im tieferen Untergrund vor, in Schichten, welche nicht mehr zum eigentlichen Profil gehören.

Das Profil der Buchenwälder ist hier folgendermaßen beschaffen:

Der Boden wird von einer ca 5 cm mächtigen Waldtorfdecke überlagert.

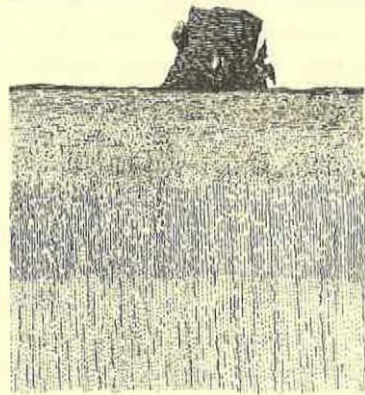
Horizont A: Nach der Verwesung der Wurzeln der Blütenflanzen, welche auf dem Boden des Buchenwaldes blühen, bildet sich im Horizonte *A* eine humose Schicht, die bis 15—25 cm tief hinabreicht. Diese Schicht ist auch sandig, porös und hellfarbig, die Wirkung einer Auslaugung kann man immerhin an ihr beobachten.

Der untere Teil des Horizontes *A* — den wir mit A_2 bezeichnen — ist ebenfalls tonreicher, als A_1 , hat eine krümmelige Struktur und bildet zwar Klümpchen, doch sind diese nicht so fest, wie jene des grauen Waldbodens. Die Mächtigkeit dieser Schicht beträgt 20—30 cm. (Diese obere Bodenlage nennt Dr. E. MÜLLER in seinem Werke: Buchenmull.)

Horizont B. An der Grenze der beiden Horizonte, *A* und *B*, beginnt

¹⁾ Bei diesen Erörterungen habe ich nur die Böden der Buchenwälder des kartierten Gebietes im Auge. Denn unter feuchterem klimatischen Bedingungen können unter alten Buchenbeständen im Horizonte *C* solche Verbindungen vorkommen, welche durch Sauerstoff oxydiert werden.

schon die Ablagerung der von oben ausgelaugten Stoffe; die Größe der Ablagerung gibt sich an dem Ton der Färbung erkennen. Die gelbgraue Farbe des Horizontes A_2 geht in ein gelblich-braun über, wird immer intensiver und erreicht in der Tiefe von 60—65 cm die größte Intensität. Der Akkumulationshorizont ist einheitlich, seine Färbung ist gleichmäßig, doch viel heller, als im Eichenwaldprofil und nicht dunkelbraun, sondern gelbbraun. Außer dem Unterschiede, der sich in der Farbe der beiden Horizonte kundgibt, muß noch der Unterschied, der in der Zusammensetzung vor Augen tritt, hervorgehoben werden. Das charakteristische Merkmal der Eichenwälder, die Bohnerze fehlen aus dem Profile des Buchenwaldes. Die Bodenfeuchtigkeit enthält in den Buchenwäldern immer so viel Kalk gelöst, daß im Horizont B hier niemals so viel Eisenoxydul



f) Waldstreu-Schichte

A¹) Hor. Sandig, geschichtet, 3—10 cm.

A²) Hor. Tonig, von krümmaliger Struktur, humos 20—30 cm.

B) Hor. Tonig, festgelagert von gelbbrauner Farbe.

C) Hor. Gelber poröser Boden meist kalkig

Figur 3. Profil eines Buchenwaldes.

salze zirkulieren können, wie viel zur Bildung von Konkretionen notwendig wären, so daß sich auch um die Wurzeln herum keine Ablagerung von Eisenoxydul bilden kann.

Horizont C. Das Grundgestein der Buchenwälder unterscheidet sich auch wesentlich von jenem der Eichenwälder. Die Wälder der Stieleiche wachsen nur auf kalklosen Ablagerungen; stellenweise, wo im tieferen Untergrund doch mergelige Schichten vorkommen, bleibt der Eisengehalt, trotz des Kalkes, als Oxydulverbindung stehen. Die graue Farbe der Mergel wird nur dann durch den Kalk in eine gelbe verwandelt, wenn der Kalk während der Verwitterungsprozesse durch kohlen-saures und sauerstoffhaltiges Wasser gelöst wurde. Im grauen Mergel ist der Kalk und das Eisen als Ankerit-, als Kalk-Eisenkarbonat Doppelsalz enthalten. Die Sedimente vom Meere und von Seen enthalten den Kalk und das Eisen in dieser Form.

In den Horizont C kann während des Sommers so viel Sauerstoff hineingelangen, als zur Oxydation der Oxydulverbindungen des Eisens, welche sich in der nassen Jahreszeit gebildet haben, notwendig ist. Der sich hier abscheidende Kalk schließt bei seiner Verfestigung einen Teil des Eisenhydroxydes, welches sich in der Bodenlösung in kolloidem Zustand befindet, ein und erlangt auf diese Weise seine gelbe Färbung. Das Mischungsverhältnis des Kalkes und des Eisens kommt in den Farbenton zum Ausdruck, mehr Kalk bedingt eine hellgelbe Farbe (Neapelgelb), mehr Eisen eine dunkel- bis orangegelbe Farbe (dunkel Ocker).

Die Bodenfarbe wird durch jene Kruste hervorgebracht, mit welcher der Kalk bei seiner Abscheidung ein jedes Bodenkorn umhüllt. Alle Körner, selbst die kleinsten tragen hier eine Kruste von eisenoxydhältigem Kalke. Die Zusammensetzung der Kruste verleiht dem Boden seine charakteristische Farbe.

In diesem Gebiete findet im Untergrunde der Buchenwälder eine fortwährende Kalkablagerung statt. Mit der Zeit nimmt der Kalk eine kristallinische Form an, wodurch das Volumen des Gesteins sich vergrößert. Der Untergrund des Buchenwaldes verwandelt sich allmählich in ein poröses Gestein. Der Untergrund der Eichenwälder unterscheidet sich somit auch seiner Struktur nach, wesentlich von jenem des Buchenwaldes, indem er immer dicht gelagert ist, wo hingegen der des Buchenwaldes stets wasserdurchlassend und porös ist.

Aehnliche Ansprüche stellt dem Boden gegenüber die Tanne, nur erheischt sie einen klimatisch viel feuchteren Standort als die Buche, dementsprechend bildet sie in viel höheren Regionen Bestände, als die Buche. Die Tannenwälder finden wir auch immer auf den Abhängen, welche dem großen pannonischen Becken zugekehrt sind, infolge dessen findet auf ihnen eine fortwährende Ablagerung von Flugstaub statt. So bildet die Tanne auf den südlichen und östlichen Abhängen des Gebirges von Rohonc natürliche Bestände. Im Wechselgebirge bedecken Tannenwälder die Bergabhänge aller Täler, welche sich in das pannonische Becken öffnen.

Auf die West- und Nordabhänge der Gebirgszüge kann nur wenig Staub gelangen, da der größte Teil des atmosphärischen Staubes, welcher sich in dem allabendlich emporsteigenden Talwinden befindet, von dem Tau auf diese Abhänge niedergerissen wird. Mit der Erhebung des Luftstromes findet eine allmähliche Abkühlung statt, welche Taubildung verursacht. Der niederregnende Tau nimmt die schwebenden Staubkörner auf und führt sie auf diese Weise dem Boden zu.

Die Fichte findet sich immer an jenen Abhängen, welche weniger Staub erhalten, dieser Umstand scheint mir betreffs Bestimmung der Standortverhältnisse dieses Waldbaumes bemerkenswert.

Die Umwandlung der Bodenarten unter der Einwirkung der menschlichen Kultur.

1. Die Aenderung des Klimas.

Wie ich schon erwähnt habe, entspricht die gegenwärtige natürliche Pflanzenformation vielerorts nicht dem Bodenprofile, welches sie bedeckt; daß der größte Teil der Profile unter Wäldern gebildet wurde, die ein feuchteres Klima bedingen, als das heutige ist. Die jetzt grünende Pflanzendecke dieser Böden hält auch die Einwirkungen eines trockeneren Klimas aus.

Heute gedeihen die Stieleiche und ihre Genossen auf Bodenprofilen, die unter Kieferwäldern entstanden sind, auf dem Hügellande, welches zwischen den Flüssen Zala und Mur liegt, hat der Buchenwald die einstigen Gebiete der Eiche erobert, die letztere wird immer mehr in die geschlossenen Täler und Mulden des Hügellandes zurückgedrängt.

Diesen Wechsel, welcher in der natürlichen Pflanzenformation des begangenen Gebietes bestimmt nachgewiesen werden kann, bewirkte auch die allmähliche Umwandlung der pflanzenphysiologisch wirkenden klimatischen Faktoren, d. h. die allmähliche Zunahme der klimatischen Trockenheit. Obzwar diese Klimaänderung in erster Linie durch die Arbeit des Menschen in Bewegung gesetzt wurde, ist doch die weitere Steigerung der Trockenheit die natürliche Folge der ineinandergreifenden Wirkungen von klimatischen Faktoren, deren natürlicher Zustand — eben durch die Rodung der Wälder, Ableitung der Binnenwässer, Vernichtung der immergrünen Gräsernarbe durch den Pflug — gestört wurde. Alle diese Kulturarbeiten trugen zur Verminderung der Luftfeuchtigkeit bei. In einer wenig feuchten Atmosphäre trocknet der Boden leichter aus, die ausgetrocknete Bodenoberfläche schrumpft zusammen, nimmt, in solcher Weise verändert, das Regenwasser viel schwerer auf, wird nicht so leicht durchnäßt, als ein Waldboden. Die Wasseraufnahme des letzteren wird durch die Waldtorfdecke und das Wurzelgeflecht der Bäume erleichtert.

Alle diese Gründe trugen dazu bei, daß sich der Wassergehalt der oberen Bodenlagen verminderte. Von einer geringeren Wassermenge kann naturgemäß nur weniger verdunstet werden, dem entsprechend nimmt auch der Wassergehalt der unteren Luftschichten ab. Es muß wiederholt darauf hingewiesen werden, daß die Intensität der Verdunstung der Bodenfeuchtigkeit von dem Dampfgehalt der untersten Luftschichten abhängt. Der Dampfgehalt der oberen, 1—2 m über dem Boden liegenden Luftschichten übt schon eine viel geringere Wirkung aus, als die unterste.

Durch Versuche konnte ich feststellen, daß in dem Wassergehalte der einzelnen Luftschichten übereinander ein großer Unterschied besteht.

Außer der Rodung der Wälder und der Kanalisation ist noch die landwirtschaftliche Bodenkultur als ein Faktor zu bezeichnen, welcher, wenn auch nicht unmittelbar, so doch sehr energisch zur Austrocknung des Bodens und zur Verminderung der Luftfeuchtigkeit der nahe wie weit entfernt liegenden Gebiete beiträgt.

Unter einer geschlossenen Grasnarbe ist der Wassergehalt des Bodens ständig so groß, daß selbst der Wind kaum Staub auf ihm aufwirbeln kann. Sobald aber der Boden gepflügt wird und die Schollen des Ackers der direkten Einwirkung der Sonnenstrahlen ausgesetzt werden, so trocknet die der Sonne zugekehrte Oberfläche der Schollen rasch aus, es bilden sich auf ihr kleine Klümpchen, ein solcher Acker staubt schon im Winde. Schreitet dann die Austrocknung noch weiter fort, so verliert der Boden an den Ecken und Kanten der Schollen seinen Zusammenhalt. Die einzelnen Körner haften nur lose auf der Oberfläche. Diese Körner nun werden nicht nur vom Winde fortgeführt, sondern sie werden auch von jenen kleinen Luftwirbeln emporgehoben, welche sich auf dem durch die Sonnenstrahlen erhitzten Acker in sehr großer Zahl bilden. Wenn die feinen Bodenkörner einmal in die Luft emporgehoben wurden, so bleiben sie darin solange in schwebendem Zustande, bis die betreffende Luftschichte durch irgendwelche äußeren Einflüsse unter den Taupunkt abgekühlt wird. Bis zu diesem Punkte nehmen sie an den Bewegungen der Luft teil und gelangen mit den Talwinden in das Hügelland hinauf. Nach Sonnenuntergang erfährt der Luftstrom hier eine Abkühlung, welche noch durch seine Erhebung verstärkt wird. Mit der Abkühlung setzt auch die Taubildung ein und die schwebenden Mineralsplitter, beschwert durch winzige Tautropfen, senken sich alsbald zu Boden. Die klimatische Wirkung des Flugstaubes beginnt bei dem Punkte, wo er auf das Laub des Waldes, oder auf die Walddorfdecke niederfällt.

Es ist eine allbekannte Tatsache, daß der hauptsächlichste Beweggrund der Torfbildung in der chemischen Zusammensetzung der torfbildenden Pflanzenarten besteht. Die auslaugende Wirkung des Wassers entzieht den Pflanzenstoffen den größten Teil ihres Aschengehaltes, so daß in den Pflanzenresten nur minimale Mengen von Mineralsalzen zurückbleiben. Sobald in den pflanzlichen Geweben jene Salze, welche den die Zellulose zersetzenden Bakterien als Nahrung dienen, sich dermaßen vermindern, daß das Material zur Ernährung dieser niederen Organismen nicht mehr geeignet ist, so nimmt die Zahl dieser Art Bakterien ab und es treten andere Gährungsprozesse in Wirkung, deren Produkte eine konservierende Wirkung auf die Pflanzenreste ausüben.

Das Endresultat dieser Wirkungen zeigt sich in der Verrottung der Pflanzengewebe. (In einem gutem Torfe sind neben 90—96% organischen Bestandteilen nur 10—4% Mineralstoffe enthalten.) Die wasser-aufsaugende Eigenschaft und wasserhaltende Kraft wächst mit der Abnahme des Aschengehaltes.

In klimatisch feuchter Umgebung bedeckt den Waldboden eine mächtige Waldtorfdecke.¹⁾ Die Verwesung einer solchen Waldtorfdecke geht äußerst langsam von statten; ihre Mächtigkeit nimmt eher zu, als ab, denn der Aschengehalt wird durch die fortwährend tätige Auslaugung vermindert, der organische Teil hingegen durch den jährlichen Zuwachs vermehrt. Wenn nun eine solche Waldtorfdecke von Luftströmen überflutet wird, aus welchen sich von Jahr zu Jahr immer größere Mengen von Flugstaub auf ihr ablagern, so wird dadurch der anorganische Salzgehalt dieser organischen Bodendecke vermehrt das Material selbst immer mehr geeignet als Nährboden der zellulosezersetzenden Bakterien zu dienen. Die Zersetzung der organischen Stoffe nimmt einen rascheren Verlauf und die Mächtigkeit der Streudecke wird immer geringer. Da weiter zwischen dem Wassergehalte des Bodens und der Mächtigkeit, der diesen bedeckenden Streudecke ein inniger Zusammenhang besteht, ist es klar, daß eine Aenderung in der Natur der organischen Bodenbedeckung auch eine Aenderung des Wassergehaltes der oberen Bodenlagen zur Folge haben wird. Je dünner eine Waldtorfdecke ist, umso loser ist ihr Gefüge und kleiner ihre wasserhaltende Kraft. Eine Waldtorfdecke von geringer Dichte und Mächtigkeit wird aus den Niederschlägen nur wenig Wasser aufsaugen, somit dem Boden geringere Mengen von Feuchtigkeit überliefern können. Eine dünne und lose Bodendecke schützt auch nur ungenügend vor Wasserverlust, welcher im Boden durch Verdunstung entsteht. *Als Endresultat wird es sich zeigen, daß ein vermehrter Staubfall die Verminderung des Wassergehaltes des Waldbodens zur Folge hat.*

Wenn eine Waldtorfdecke sich an Basen anreichert, so ändert sich ihre ursprüngliche Pflanzendecke allmählich um. Die Aenderung wird durch die Umwandlungen in der Bodenfeuchtigkeit bewirkt, welche letztere durch die erhöhte Menge von Flugstaub hervorgerufen werden. Die Bodenfeuchtigkeit löst aus dem niederregnenden Flugstaub Basen auf, ermöglicht in solcher Gestalt das Gedeihen von Pflanzen, die ein größeres Kalkbedürfnis haben, deren Fortkommen auf diesen Orte früher unmöglich war.

Die Rodung der Wälder, die Ausdehnung der Gebiete, welche aus Waldland zu Ackerland umgewandelt worden sind, und endlich die er-

¹⁾ In Nordeuropa konnte ich 30—60 cm mächtige Waldtorfdecken messen.

höhte Menge Flugstaubes, welche als Resultat der genannten Kulturarbeiten in die Atmosphäre gelangte, von hier sich auf den Boden ablagerte, kann somit als Ursache für die Aenderung der natürlichen Pflanzenformation gelten.

Auf solche Wirkungen kann die Aenderung der ursprünglichen Waldformation zurückgeführt werden, welche ich auf dem Hügellande entlang der Raab und der Mur festgestellt habe. Eine Umwandlung der Pflanzenformation hat immer die Umgestaltung des Bodenprofils seines Standortes zur Folge. Es ändern sich die chemischen wie physikalischen Eigenschaften des Bodens in allen drei Horizonten. So wird z. B. aus der grauen Walderde, unter einer Buchenvegetation, brauner Waldboden, in dessen Untergrunde Kalk zur Abscheidung gelangt. Doch nehmen diese Umwandlungsprozesse einen sehr langsamen Verlauf, so daß einige charakteristische Merkmale des ursprünglichen Profils, auf den neuentstandenen auch nach erfolgter Umwandlung noch aufgefunden werden können.

Eine viel schnellere Umwandlung wird durch die landwirtschaftliche Kultur des ehemaligen Waldbodens bewirkt. Die Bodenbearbeitung ändert die Art und Weise der Zirkulation der Bodenfeuchtigkeit vollständig um.

2. Die Umwandlung des Waldbodens unter landwirtschaftlicher Kultur.

Unter natürlichen Bedingungen ist ein Waldboden kalklos, den größten Teil des Jahres hindurch feucht und von bindiger Struktur. Der Boden einer Grasflur hingegen ist im Laufe des Jahres längere Zeit trocken, als feucht; sein Kalkgehalt ist bedeutend größer und nimmt fortwährend zu. Mit der Zunahme des Kalkgehaltes verliert seine Struktur an Bindigkeit und gewinnt an Porosität. Es ist nun klar, daß ein Waldboden nur dann einen für Ackerbau geeigneten Boden liefern wird, wenn sein Kalkgehalt und mit diesen zugleich seine Porosität zugenommen hat.

Das Maß der Auslaugung der Verwitterungsprodukte im Boden, oder deren Ablagerung daselbst, hängt von dem Verhältnisse ab, welches zwischen der Menge der Niederschläge (Regen, Schnee, Tau) und der Menge des jährlich verdunstenden Wassers herrscht. Dieses Verhältnis ist für alle Gebiete beständig und charakteristisch für den betreffenden Ort, durch ihm wird die Zirkulation der Feuchtigkeit im Boden geregelt.

Unter der Herrschaft eines Waldklimas sickert der größte Teil der Niederschläge in den Boden ein, gelangt in den Untergrund und kommt als Quellwasser wieder zu Tage.

Unter einem Steppenklime hingegen gelingt es nur einem kleineren

Teile des jährlichen Niederschlages in den Boden einzudringen, während der größte Teil auf der Bodenoberfläche seinen Abfluß findet.

Den oberflächlichen Abfluß der Niederschläge begünstigt auch der Umstand außerordentlich, daß in dem Steppenklima ein großer Teil der Niederschläge in Form von Platzregen auf den Boden gelangt; d. h., wenn große Regenmengen (80—120 mm) in kurzer Zeit (in weniger als 24 Stunden) den Boden überschwemmen. Selbst aus jenem Teil, welcher in den Boden eingedrungen ist, verdunstet eine beträchtliche Menge wieder auf der Bodenoberfläche.

Im allgemeinen kann gesagt werden, daß der Wassergehalt im Laufe des Jahres in einem Waldboden viel größer ist, als in einem Steppenboden.

Durch die Rodung des Waldes wird der Wassergehalt des Bodens immer verhindert.

Mit der Abnahme des Wassergehaltes wird der Zeitraum der Durchfeuchtung und der Auslaugung verkürzt, dagegen erfährt der Zeitabschnitt der Verdunstung eine Verlängerung und zwar in dem Maße, daß er zuletzt den Zeitraum der Durchfeuchtung übertrifft. Bei diesen Zeitpunkte beginnt in der Bodenfeuchtigkeit die Anhäufung der Verwitterungsprodukte, sowie deren Verfestigung und Abscheidung in den unteren Bodenhorizonten.

In der Bodenfeuchtigkeit sind Kolloidstoffe und kristalloide Salze enthalten. Die Verbindungen der Alkalien mit Kieselsäure, Humussäure und den humosen Stoffen sind kolloide Adsorptionsverbindungen, die übrigen Verbindungen sind meist kristalloide Salze. Der physikalische Zustand des Bodens wird durch das Verhältnis bedingt, das zwischen der Menge der kristalloiden und kolloiden Bestandteile des Verwitterungsproduktes besteht. Herrschen die kolloiden Verbindungen vor, so ist der Boden bindig; ausgetrocknet schrumpft er zusammen, die Poren werden auf ein Minimum reduziert, so daß das Wasser und der Sauerstoff der Luft nicht, oder nur sehr schwer eindringen kann. Wenn hingegen die kristalloiden Stoffe überwiegen, so nehmen die bei der Verdunstung der Bodenfeuchtigkeit sich abscheidenden Stoffe eine kristalloide Form an. Bei der Kristallisation der abgeschiedenen Verwitterungsprodukte vergrößert sich das Volum des Bodens, infolge dessen wird sein Gefüge loser und sein Porenvolum vergrößert.

Auf die physikalischen und chemischen Eigenschaften des Bodens übt der Kalkgehalt des Verwitterungsproduktes den größten Einfluß aus. In den natürlichen Steppengebieten, sowie in den künstlich in Steppe umgewandelten Waldboden häuft sich gerade der Kalk in größtem Maßstabe an. Demzufolge ist es leicht erklärlich, daß durch die Rodung eines

Waldes die gesamten Eigenschaften des Bodens in allen drei Horizonten seines Profiles eine Aenderung erfahren.

In erster Linie werden die Eisenkonkretionen zersetzt und aufgelöst. Das kalkhaltige Wasser zersetzt die organischen Bestandteile der Konkretionen. Das Eisen wird oxydiert, in dieser Gestalt kommt es in der Bodenfeuchtigkeit in Dispersion, wird während der Bewegung des Wassers in die Poren des diese Körner umgebenden Bodens geführt. Durch die Verdunstung der Bodenfeuchtigkeit während des Sommerhalbjahres wird das Eisen abgeschieden und verleiht dem Boden eine rostbraune Farbe.

Die Konkretionen, welche sich unterhalb des Horizontes *B* befinden, erfahren eine Umgestaltung von anderer Art. In diesen Horizont gelangt nur wenig Sauerstoff hinab, infolgedessen bleibt ein Teil des Eisenoxyduls unverändert und löst sich gleichzeitig mit dem Kalke in der mit Kohlensäure gesättigten Bodenfeuchtigkeit auf. Während der trockenen Periode des Jahres lagert sich dann der Kalk samt dem Eisen ab und nun füllt dieses Gemisch den Platz der aufgelösten Eisenkonkretion aus.

Die Eisenkonkretionen werden durch den geschilderten Prozeß zu Kalkkonkretionen umgestaltet, in welchen der abgeschiedene Kalk viel von dem Eisengehalte der ursprünglichen Konkretion eingeschlossen hat. Die Umwandlung schreitet von außen nach innen vor. Zu Beginn der Umbildung findet man unter einer reinen Kalkkruste noch den unveränderten Stoff der Eisenkonkretion vor.

Der ehemalige graue Waldboden (Podsol) nimmt allmählich eine braune Färbung an. Nach Eintritt der sommerlichen trockenen Jahreszeit zieht sich die kalkhaltige Bodenfeuchtigkeit aufwärts und durchtränkt die oberen Bodenhorizonte. Die Temperatur der unteren Bodenschichten nimmt im Sommer allmählich zu; dadurch wird die Temperatur der Bodenfeuchtigkeit auch erhöht. Durch die Erwärmung verdunstet ein Teil seines Kohlensäuregehaltes und eine äquivalente Menge des kohlensauren Kalces scheidet sich aus der Lösung aus. Der auf diese Weise verfestigte Kalk überzieht die Wände der Risse und Spalten, die Oberfläche der Haarröhrchen mit einem Mantel von feinen Kristallnadelchen. Die Abscheidung des Kalces schreitet von unten nach oben fort.

Bevor aber der Kalkgehalt der Bodenlösung als reiner kohlensaurer Kalk zur Kristallisation gelangt, werden zuerst alle kolloiden Bodenbestandteile mit Kalk gesättigt. Die Anreicherung an Kalk zeigt sich an der Farbenveränderung der Bodenhorizonte sehr deutlich. Im Horizonte *C*, wo der Boden nur wenig organische Stoffe enthält, macht sich die Kalkaufnahme der kolloiden Verbindungen durch eine auffallende Gelbfärbung bemerkbar, in dem Horizonte *B* verwandelt sich die ursprüngliche

zimmtbraune Farbe in ein Rostbraun, bis Fuchsrot; die graue Farbe im Horizonte A endlich in rötlichgrau bis hellbraun. Der Farbenumschlag ist an die Kalkaufnahme und die gleichzeitige Oxydation der organischen Stoffe gebunden.

Nachdem der Farbenwechsel schon ganz beendet ist, gleicht ein solcher ungewandelter Waldboden, wenn er frisch geackert ist, so sehr einem braunem Steppenboden, daß er makroskopisch davon gar nicht zu unterscheiden ist. Sobald aber die geackerte Oberfläche ein-zweimal vom Regen durehnäßt worden ist, tritt der Unterschied sogleich klar hervor.

In der im geologischen Sinne so kurzen Zeit, in welcher die kalkige Bodenfeuchtigkeit auf die Mineralkörner des einstigen Waldbodens ihre ätzende und lösende Wirkung ausübte, konnte sich auf der Oberfläche der Körner noch keine so dicke Verwitterungskruste ausbilden, welche die Transparenz der größeren Silikatkörner verdeckt hätte; sie genügte eben dazu, um die Transparenz der allerfeinsten Körner zu decken, diesen Bodenbestandteil in ein intensiv gefärbtes braunes Pulver umzuwandeln.

Der frischgeackerte Boden, auf dessen Oberfläche die größeren Sandkörner, durch die anhaftenden feinen Bodenbestandteile verdeckt sind, hat dementsprechend eine dunkelbraune Farbe. Sobald aber ein Regen die dunkelgefärbten Bodengemengteile in die Hohlräume des Ackers hinuntergewaschen hat, liegt nun der grobkörnige Bestandteil des Bodens zu Tage, der seine Transparenz auch unter der neuen Kruste beibehalten hat. Diese durchscheinenden Mineralkörner verleihen dem Boden eine helle graulich-rötliche Farbe, welche sich scharf von jener eines frischgeacker-ten Feldes abhebt.

Je länger ein Waldboden unter landwirtschaftlicher Bearbeitung steht, unso dunkler wird seine zuerst ganz helle Farbe, umso geringer ist die Farbenveränderung, die ein Regen auf seiner Oberfläche verursacht.

Die Intensität der Farbe der Krusten, welche ein jedes Bodenkorn umgeben, kann auch mittelst einer Schlämmanalyse festgestellt werden. In den natürlichen braunen Steppenböden ist ein jedes Korn mit einer dunkelbraunen Kruste umgeben, wohingegen die Körner des Waldbodens eine ganz helle Kruste tragen. Die Färbung der Kruste wird umso intensiver, je länger auf einem Boden Gras oder Getreidearten wachsen.

Diese Farbenveränderung des Bodens ist das sicherste Kennzeichen in seine Bildungsart betreffenden Fragen. Auf dem kartierten Gebiete befinden sich viele Böden, die eine solche Umwandlung durchgemacht haben, die größte Zahl ist jedoch gegenwärtig in Umwandlung begriffen. Diese Prozesse der Umwandlung hielt ich aus dem Grunde für besprechenswert, weil die Fruchtbarkeit eines umgewandelten Bodens,

dessen physikalische und chemische Eigenschaften zwar mit jenen eines natürlichen Steppenbodens vollständig identisch sein können, ja es sogar möglich ist, daß sein durch die üblichen chemischen Analysen festgestellter Nährstoffvorrat dem eines natürlichen Steppenbodens gleichkommt, dennoch weit hinter dem eines natürlichen Steppenbodens zurückbleibt und auch erfahrungsgemäß durch Zufuhr von rein mineralischen Düngstoffen niemals auf gleiche Stufe gehoben werden kann.

Die Kenntnis der Bildungsprozesse der Böden, d. h. die Agrogeologie der Bodentypen gibt uns Aufschluß über bisher unerklärte Tatsachen. Es kam oft vor, daß die Böden einzelner Gebiete, obzwar ihre physikalischen und chemischen Eigenschaften jenen der natürlichen Steppenböden gleichkamen, doch in ihrer Ertragfähigkeit weit hinter diesen letzteren zurückblieben. Die Fruchtbarkeit dieser Böden konnte auch durch keine mineralischen Düngstoffe über die Norm dieser Landstriche gehoben werden. Während die Verabreichung eines kompostierten Kehrrechtes oder Stadtmistes, welcher selbst nur minimale Mengen von Pflanzennährstoffen enthielt, von einem ganz verblüffenden Erfolge war.

Alle diese Erfahrungen weisen darauf hin, daß um die Ertragfähigkeit, der aus Waldboden urbar gemachten Aeckern zu heben, es nicht genug ist deren Gehalt an Pflanzennährstoffen zu erhöhen; wir müssen vielmehr trachten eine gänzliche Umwandlung des biologischen Lebens im Boden zu erreichen, die Vermehrung solcher niederer Lebewesen ermöglichen, welche an der Aufnahmefähigkeit der Pflanzennährstoffe für Steppenpflanzen arbeiten. Es ist nur natürlich, daß ein Acker, aus welchem diese unentbehrlichen Mitarbeiter der Pflanzenproduktion fehlen, eine seinem Nährstoffvorrat entsprechende Fruchtbarkeit solange nicht aufweisen kann, solange in dem Boden die Ansiedelung und Vermehrung dieser noch fehlenden nützlichen Glieder des Pflanzenwuchses nicht durch künstlichen Eingriff geregelt und gesichert ist.¹⁾

Die Verbreitung der Bodentypen.

Auf dem kartierten Gebiete finden sich folgende Hauptbodentypen vor:

1. Grauer Waldböden (Podsol).
2. Brauner Waldböden.

¹⁾ Unter dem biologischen Leben des Bodens verstehe ich nicht nur die Bakterienflora des Bodens, sondern alle jene Lebewesen, welche in dem Kreislaufe des Stickstoffes im Boden, in der Verarbeitung der stickstoffhaltigen organischen Stoffe eine mehr oder minder wichtige Rolle spielen.

3. Der braune Boden der künstlichen Steppen.
4. Der schwarze Boden des Steppenwaldes.
5. Der Auenboden der Flußalluvionen.

1. Der graue Waldboden.

Echter grauer Waldboden findet sich auf dem Hügellande, welches das Tal der Raab auf beiden Seiten begrenzt. Hauptsächlich sind es die Höhenzüge *Cser* und das Plateau von *Ják*. Ersterer erstreckt sich bei Fehring beginnend über *Szt. Gotthard*, *Vasvár* bis *Ostfi Asszonyfa*. Das letztere nimmt die Terrassen zwischen *Körmend* und *Szombathely* ein.

Aehnliche Bodenarten finden wir noch auf den Höhenzügen, welche zwischen den Flüssen *Pinka* und *Strem*, sowie zwischen der *Pinka* und *Répece* liegen.

Stellenweise haben die Niederschläge die oberen, aus Flugstaub gebildeten Bodenschichten weggeschwemmt, so daß dann der Sand und Schotter zutage tritt. An solchen Stellen bildet nach der Rodung des Waldes mit Kies vermengter Sand und lehmiger Sand den Ackerboden. Auf dem größten Teile dieser Hügel blieb die aus Flugstaub gebildete Schichte bestehend, so daß die den Untergrund bildenden Schotter und Sandschichten, oder die tertiären Mergel mit einer feinkörnigen Deckschichte von 1—2 m Mächtigkeit überlagert werden.

Auf jenen Gebieten, wo eine dünne Lehmschichte eine intensivere Auslaugung ermöglichte, bildete sich aus dem Materiale des Flugstaubes ein sandiger Lehm (z. B. auf dem Plateau zwischen *Oszkó* und *Vasvár* und dem Hügellande südlich von *Körmend*). Wo hingegen die mächtigere Deckschichte die Wirkungen der Auslaugungsprozesse hemmte, dort bildet ein toniger Boden die Ackerkrume. Inmitten dieses Gebietes mit tonigem Boden finden sich Schotter und Sandflecken, der orographischen Lage entsprechend vereinzelt vor.

Das Profil dieser Böden entspricht in großen Zügen jenem, welches ich auf Seite 16 beschrieb. Die ursprüngliche Pflanzendecke hingegen ist meist umgewandelt. Kieferwald findet sich nur auf dem Teile der den Fluß *Raab* begleitenden Hügeln, welcher nahe an der Landesgrenze, bzw. in der Nähe der Alpen liegt. Weiter östlich wird der Boden des ehemaligen Eichenwaldes als Acker benützt, hie und da sind auf ihm schon Akazienwälder angelegt.

2. Die Zone des braunen Waldbodens.

Die nördliche Grenze dieser Zone liegt entlang der Flußtäler Zala und Kerka. Auch das Gebiet zwischen Zala und Sárvíz liegt teilweise in dieser Zone. Wenn wir die Täler der Flüsse Zala und Goró verbinden, so haben wir beiläufig die nördliche Grenze dieser Zone gezogen. Nördlich von dieser Linie liegt das Gebiet des grauen Waldbodens, südlich das des braunen Waldbodens.

Nahe an dem Gebiete des grauen Waldbodens sind an dem Profile noch die charakteristischen Merkmale des Eichenwaldbodens beibehalten, dabei können aber an ihm die Zeichen einer fortschreitenden Verkalkung unverkennbar festgestellt werden, so daß an den südöstlichen Grenze sich schon typischer brauner Waldboden vorfindet.

3. Das Profil eines braunen Waldbodens auf umgewandeltem Löss. (In der Umgebung der Stadt Nagy-Kanizsa.)

Im Gebiete des Flußes Zala nimmt die Mächtigkeit der Flugstaubdecke allmählich zu. Der ganze Landesteil ist ein natürliches Waldgebiet, in welchem gegenwärtig noch ausgedehnte Bestände von Buchen- und Eichenwäldern gedeihen.

Im Walde fand ich folgendes Profil:

Unter einer Laubdecke von 5 cm folgt:

Horizont A: grauer sandiger leichter Boden, in den oberen Partien der 25—30 cm mächtigen Schichte humos. Die Struktur des Bodens wird unten fester, auch ändert sich die graue Farbe allmählich in ein Gelb um, tiefer wird der Farbenton dunkler und hat mehr rote Tönung.

Horizont B: Der Horizont der Akkumulation beginnt mit 35 cm und erstreckt sich bis 55 cm. Seine Struktur ist dicht, einheitlich und tonig. Seine Farbe nimmt mit der Tiefe zu und ist bei 50 cm am intensivsten.

Horizont C: Das Grundgestein bildet ein ziemlich fester Ton von ockergelber Farbe, er ist bis zu einer Tiefe von 150—200 cm vollständig entkalkt, von hier aus findet ein allmählicher Übergang in echten Löß statt.

An den Lehnen und den Spitzen der Hügelzüge, in Tälern, wo ein starker Luftzug herrscht, kann der Akkumulationshorizont eine beträchtliche Ausdehnung erlangen, so daß manchmal unter einem normal entwickelten Horizonte A eine 2—3 m mächtige Akkumulationsschichte liegt.

Das Material der Hügelzüge, entlang des Wasserlaufes Marcal, besteht aus Sand. Diesem porösen Materiale entsprechend sind im Boden-

profile Abweichungen von dem normalen Profile vorhanden. Erstens ist die Farbe des Bodens im Horizonte *A* und *B* nicht gelb, sondern rot, der Untergrund grau.

Auch auf den Sandböden des Komitates Somogy finden wir ähnliche Profile. In den südlichen Teilen des Komitates, welche in der Nähe des Gebirges liegen, ist die Entkalkung tiefer gedungen, dementsprechend hat sich auch ein farbenreicheres Profil ausgebildet. Die Farben der Horizonte schwanken in den Nüancen des Rot: Rötlichgrau, Rotbraun und Orange. Gegen Norden zu, d. h. mit der Entfernung vom Gebirge, nimmt der Kalkgehalt des Bodens zu und die Farben der Bodenhorizonte verbleichen; die herrschenden Farben sind: rötlichgrau, braun, neapelgelb. Das Grundgestein ist sandig, hat eine echte Lößfarbe.

Die geschilderten Wandlungen in der Farbe und dem Kalkgehalte des Bodens in den einzelnen Horizonten finden sich in Gebieten, die das pannonische Becken zonenartig umgeben. Die Grenzlinien dieser Zonen verlaufen parallel zu den Isohyeten der neuesten Niederschlagskarte.¹⁾

4. Die Bodenprofile der Hügelzüge entlang des Flusses Mur.

Der Boden der Hügelzüge entlang der Mur, gehört noch in die Zone des grauen Waldbodens. Die Pflanzenformation dieses Gebietes hingegen ist die eines echten Buchenwaldgebietes. Die oberen Horizonte des Profiles stimmen auch mit denen eines echten Buchenwaldes überein, im Untergrund jedoch ist das charakteristische Merkmal des Eichenwaldes, die gefleckte Bodenschichte voll mit Eisenkonkretionen, noch unverändert vorhanden.

Der Aufschluß von Totadarác, in der Nähe von Muraszombat, weist in seiner Schichtenfolge die bodenbildenden Wirkungen der beiden nacheinanderfolgenden Pflanzenformationen klar auf.

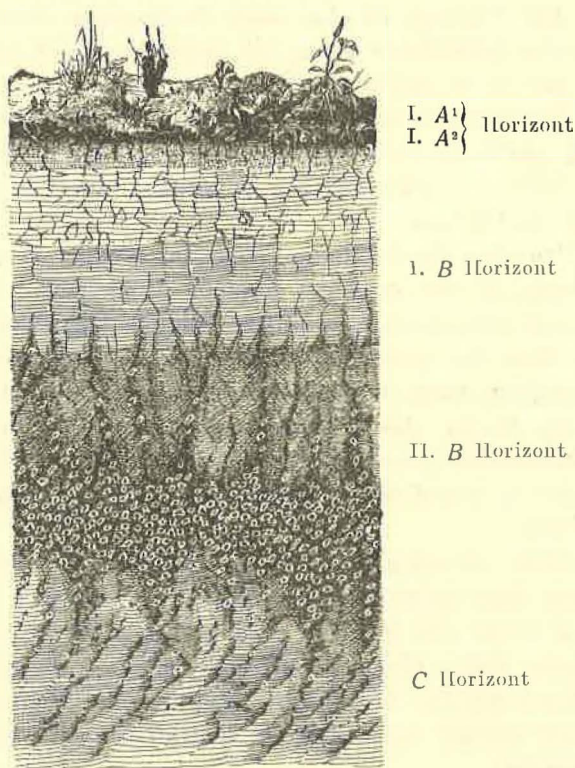
In Figur 4 entsprechen die Horizonte A_1 , A_2 , B_1 dem Profile eines Buchenwaldes. B_2 gehört schon dem Profile des ehemaligen Eichenwaldes an.

Der Boden der Horizonte A_1 und A_2 sowie B_1 ist fast weiß, mit einem Stich ins Gelbe, das Material des Horizontes B_2 teilt sich scharf in zwei Hälften; die obere Hälfte ist hellgrau mit rostbraunen Flecken, inmitten den Flecken sind die schwarzen Eisenkonkretionen verstreut; die untere Hälfte ist dunkelrot gefärbt und dicht besät mit Konkretionen. Die rote Erdschichte hebt sich mit scharfer Grenze von der unteren grauen Tonschichte ab, in welcher letztere aus dem rotgefärbten Teil trich-

¹⁾ Jahrbücher der Reichsanstalt für Meteorologie u. Erdmagnetismus. Budapest, 1913.

terförmige, sich unten verengende Ausläufer hineinreichen, die alle auch Konkretionen führen. In dieser unteren Schichtenreihe können alle charakteristischen Merkmale eines echten Eichenwaldprofles aufgefunden werden.

Auf der ersten Terrasse des Murtales liegt echter grauer Waldboden, in dessen Profile die Akkumulationsschichte mit den Eisenkonkretionen in einer Tiefe von nur 60 cm vorkommt. Mit der Höhe des Hügels



Figur 4. Bodenprofil in den Hügellägen an der Mur.

nimmt die Mächtigkeit der oberen gelblichen Deckschichte, welche unter einem Buchenwalde gebildet worden ist, zu; in dem Profile von Tótadarácz erreicht sie eine Mächtigkeit von 80—130 cm.

Auf den Hügellande zwischen Csáktornya und Luttenberg finden wir die Schichte mit Eisenkonkretionen nur an den nördlichen Abhängen, oder in dem Boden von Lehnen, welche enge Täler einschließen. Auf den gegen Osten und Süden gewendeten Lehnen sind sie unter der Einwirkung eines intensiven Staubfalles und trockenen Klimas größtenteils aufgelöst worden.

Das Hügelland zwischen den Städten Muraszombat und Körmend ist ein klassisches Gebiet zum Studium der Wirkungen, welche der Flugstaub auf die bodenbildenden Prozesse ausübt. Das Hügelland ist durch sehr verzweigte Täler in zahlreiche Plateaus und schmale Höhenzüge zerschnitten. Manche Täler öffnen sich direkt in das Tal der Mur, oder der Raab, in diese kann mit den allabendlichen Talwinden viel Staub hineingelangen. Ihr Boden zeigt ein Anwachsen des Kalkgehaltes, die Flora der Abhänge ist eine echte Buchenflora. Andere Täler hingegen haben eine gekrümmte Form, der Luftstrom muß viele Windungen machen, ehe er in das obere Ende des Tales gelangen kann. In oberen Teile dieses Tales ist die Menge des niederfallendes Staubes äußerst gering, sein Boden ist grau ausgelaugt (Podsol), die Flora ist eine Eichenwald- oder Kieferwald-Flora, in welcher die Leitpflanze noch gegenwärtig die *Calluna* ist.

Von einer Beschreibung kleiner inselartiger Vorkommen von grauem Waldboden in der Zone des braunen Waldbodens, die schon die Aufgabe einer Detailaufnahme bildet, will ich hier absehen. Es gibt jedoch in der Zone des grauen Waldbodens eine Insel, deren Erwähnung ich nicht umgehen kann, das ist der Gebirgszug zwischen Rohoncz und Kőszeg.

Der Boden dieses Höhenzuges bildet eine Ausnahme in der ganzen einheitlichen grauen Bodentype dieser Gegend. Er unterscheidet sich nicht nur in betreff seines Bodens, sondern auch in der Flora, von seiner Umgebung.

Unter normalen Verhältnissen mit Zunahme der Höhe, unter dem Einfluße einer größeren klimatischen Feuchtigkeit werden die Bodenarten in einem viel größeren Maße ausgelaugt, als in den Regionen von geringerer Höhe. Die an Nährstoffen ärmere Bodenfeuchtigkeit ermöglicht daher nur das Fortkommen einer solchen Vegetation, die sich auch mit einer weniger konzentrierten Bodenlösung und einem kalkfreien Boden begnügt.

Im Gegensatz zu diesem finden wir auch in den hohen Regionen dieses Gebirgszuges einen kalkhaltigen Boden und viele Pflanzen, die nur in einer kalkhaltigen Bodenfeuchtigkeit gedeihen können. Die nach den einzelnen Weltgegenden gerichteten Lehnen des Gebirges sind mit einer verschiedenartigen Vegetation bedeckt, deren Natur nicht mit der Höhenlage im Einklange steht.

Das Grundgebirge besteht aus Glimmerschiefer, das kristalline Gestein wird von einer tonigen Bodendecke überlagert, welche ausschließlich aus äußerst feinkörnigen Mineralsplittern besteht. Ein solches Material konnte nur durch die Kraft des Windes herauftransportirt werden. Die Ablagerung des Flugstaubes dauert heute noch fort. Von dieser

Tatsache kann sich jeder überzeugen, der im Sommer oder im Herbst an windstillen Tagen auf diese Höhen steigt. Vor Sonnenaufgang ist die Luft klar, der Ausblick weit in das Becken hinein ungetrübt, sobald aber die Sonne aufgeht und die Oberfläche der nur meist umgepflügten Aecker erwärmt wird, steigt ein grauer Dunst in die Höhe, welcher die Aussicht wie mit einem Schleier verdeckt. Dieser Nebel kann unmöglich aus reinem Wasserdampf bestehen, da die Luft früher kälter war und nun erwärmt wurde, infolgedessen mehr Wasserdampf aufzunehmen vermag. Durch die Erwärmung der Luft wird somit ein Nebel eher aufgelöst als gebildet. Daß sich im Sommer bei Sonnenaufgang in trockenen Tagen dennoch ein Nebel bildet, muß eine andere Ursache, als die Verdichtung des Wasserdampfes, haben.

Der englische Gelehrte, J. AITKEN, welcher sich mit diesem Problem lange Jahre hindurch befaßt hat, gibt uns in seinen Schriften eine vollständige Erklärung über die Bildung des Nebels in der Atmosphäre.¹⁾

J. AITKEN hat die Luft in den verschiedensten Hochgebirgen und über den Ozeanen untersucht. Während der Jahre hatte er mehr als 15.000 Luftproben auf ihren Staubgehalt geprüft. Aus diesem reichen Untersuchungsmateriale machte er die Folgerung, daß die Bildung des Nebels in organischem Zusammenhang mit dem Staubgehalte der Atmosphäre steht. Die Weite des Gesichtskreises hängt bei gleicher relativer Luftfeuchtigkeit von der Menge der in der Luft schwebenden Staubkörner ab. Um diesen Satz versinnlichen zu können, seien hier einige Grenzzahlen angegeben, welche sich als Resultat einen langjährigen Versuchsreihe ergeben haben. Der Durchmesser des Gesichtskreises schwankte bei minimaler und maximaler Luftfeuchtigkeit zwischen 40 und 250 engl. Meilen je nach dem Staubgehalte der Luft.

Zeit	Die Zahl der Staubkörnchen in 1 cm ³ Luft			Durchmesser des Gesichtskreises. engl. M.
	Maximum	Minimum	Mittel	
14. Juli	850	85	467	250
2. „	2400	1600	2000	40

Waren in 1 cm³ 467 Staubkörner enthalten, so konnte man auch die Bergspitzen sehen, welche von der Beobachtungsstation 250 Meilen

1) J. AITKEN: Dust and meteorological phenomena. Trans. Royal. Soc. of Edinburgh. Seine Publikationen über den Staubgehalt der Atmosphäre erschienen in den Jahren 1880—1902. Nature 5. April 1894, Globus 1894, Bd. LXV, S. 361.

entfernt waren; waren hingegen 2000 Staubkörner in 1 cm³ Luft enthalten, so erschienen sogar die nächsten nur 40 Meilen entfernten Bergspitzen verdeckt. Wenn wir nun auf diese Zahlen gestützt, auch über den Staubgehalt der Luft der Umgebung der Gebirgzzuges von Rohoncz Betrachtungen anstellen wollen, so finden wir, daß der Staubgehalt der Luft hier ein viel größerer ist. Der Gebirgzzug von Rohoncz ist im Sommer von einer Entfernung von 30 Km gewöhnlich sehr verschleiert, meistens gar nicht zu sehen.

Der hohe Wechsel, welcher von hier 80—90 Km entfernt liegt, ist während des Jahres nur wenige Tage sichtbar. Und dies meist im Winter, wenn das ganze Gebiet mit Schnee bedeckt ist.

Im Sommer, wenn der größte Teil des Ackerlandes im großen pannonischen Becken ungepflügt ist, steigt mit der erwärmten Luft eine beträchtliche Menge Staubes aus diesem durch die Sonnenstrahlen erhitzten trockenen Boden in die Höhe.

Wenn nun diese viel Staub enthaltende Luft des Abends als Talwind an den Lehnen des Gebirges in die Höhe steigt, so wird sie abgekühlt. Auf den Staubkörnern bilden sich Tautropfenchen, welche sie allmählich erschweren und ihre Ablagerung bewerkstelligen. Das Resultat dieses Staubfalles ist, daß das Plateau und die gegen das Pannonische Gebirge gewendete Lehne des Gebirgzzuges Rohoncz von braunem Waldboden bedeckt wird, während die Bodenart der niedrigeren Höhen seiner Umgebung der graue Waldboden ist.

Mit der Tatsache, daß auf den östlichen Lehnen und auf dem Plateau dieses Gebirgzzuges viel Staub niederfällt und der Boden an Basen so bereichert wird, ist diese Anomalie des Vorkommens von braunem Bodens in dieser Höhe (864 m) noch nicht erklärt, denn in einer solchen Höhenlage ist unter normalen Verhältnissen die Auslaugung so intensiv, daß sie einer Staubablagerung dieser Größe gewiß das Gleichgewicht halten könnte. Die Anreicherung des Bodens an Kalk, bzw. eine Anhäufung von Basen in Boden, welche hier beobachtet werden kann, muß noch durch besondere klimatische Einwirkungen gefördert werden.

Wenn wir die Windrichtung in Betracht ziehen, welche im Spätsommer und Herbst über diesem Gebiet vorherrscht, so sehen wir, daß diese Winde (W, NW) als Föhne über die östlichen Lehnen herunterfluten. Der größte Teil des Wasserdampfes wird bei seiner Erhebung über diese westlicherseits liegenden Gebirgzzüge kondensiert und fällt als Tau daselbst zu Boden. Auf die östlichen Lehnen kommt dieser Luftstrom schon mit vermindertem Wassergehalt an, seine austrocknende Wirkung wird noch durch die Erwärmung erhöht, welche er bei seinem Fall von 800 m an die östlichen Lehnen erfährt. Als Resultat dieser hier

geschilderten Tatsachen finden wir auf den westlichen Lehnen dieses Gebirgszuges einen grauen, ausgelaugten, steinigen Boden, auf welchem die Espe, die Birke, die Weißbuche und die Kiefer als natürliche Glieder der Flora gedeihen; in den Lichtungen bedeckt das Heidekraut mit ihren Genossen den Boden.

Auf der östlichen Lehne finden wir einen an Nährstoff reichen braunen Waldboden, auf welchem ein Buchenwald blüht, in dem die Edelkastanie gedeiht.

In den unteren Regionen sind blühende Weingärten gepflanzt. Den Kalkgehalt des Bodens zeigen die Pflanzen an, die hier die Waldränder und Grasfluren bevölkern.

Dr. W. BORBÁS führt die gesamte Flora der Lehnen dieses Gebirgszuges an, macht in der Lage keinen Unterschied, obzwar wie gesagt, die Flora der einzelnen Lehnen sich gänzlich von einander unterscheidet; so bedeckt z. B. die gegen N gerichteten Lehnen des Tales Rötthalva eine dichte *Callunadecke*, während auf den gegen E und S gerichteten Lehnen diese Pflanze vereinzelt und selten vorkommt. Mit der Pflanzenformation der Lehnen steht auch die unter ihnen befindliche Bodenart im Einklange.

Auf den nach N und NW gerichteten Lehnen ist die Hauptbodenart der graue Waldboden, auf den E, SE gerichteten der braune Waldboden.

In den Kastanienuen des erwähnten Tales sammelte Dr. W. BORBÁS folgende Pflanzen:

April:

Orob. tuberosus
Viola
Pulmonaria angustifolia
Genista pilosa
Cardamine pratensis
Anemone nemorosa

Mai:

Genista germanica
 — *sagittalis*
Valeriana collina
Pimpinella magna
Pastinaca
Spiraea aruncus
Spiraea ulmaria var. *discolor*
Phyteuma spicatum
Cynanchum laxum

Mai:

Scorzonera humilis
Melampyrum commune
Veronica chamaedrys
Potentilla alba
Listera
Melica nutans
Avena pubescens
Silene vulgaris
Melittis
Euphorbia
Orobranche gracilis
Cytisus supinus
 — *nigricans*
Carex pallescens
Myosotis palustris
Platanthera
Luzula supina

<i>Mai:</i>	<i>Succisa glabrata</i>
<i>Aira flexuosa</i>	<i>Hieracium Bauhini</i>
<i>Chaerophyllum aromaticum</i>	<i>Prunella</i>
<i>Holcus lanatus</i>	<i>Digitalis grandiflora</i>
<i>Fragaria vesca</i>	<i>Epilobium montanum</i>
— <i>elatior</i>	<i>Astrantia</i>
<i>Aspidium montanum</i>	<i>Thesium linophyllum</i>
<i>Prenanthes</i>	<i>Sanguisorba</i>
<i>Hieracium murorum</i>	<i>Pyrethrum corymbosum</i>
<i>Bromus mollis</i>	<i>Trifolium montanum</i>
<i>Galeobdolon</i>	<i>Plantago lanceolata</i>
<i>Alliaria</i>	<i>Anthericum ramosum</i>
<i>Geranium sanguineum</i>	<i>Brachypodium</i>
— <i>phaeum</i>	<i>Campanula trachelium</i>
<i>Juli:</i>	— <i>glomerata</i>
<i>Centaurea stenolepis</i>	<i>Heracleum</i>
<i>Laserpitium latifolium</i>	

5. Künstliche Steppenböden.

Die Wirkung des Gebirges von Rohonc beschränkt sich jedoch nicht lediglich darauf, daß es die Beschaffenheit der auf seinen Lehnen befindlichen Böden beeinflusst, sondern es bewirkt infolge seiner orographischen Lage auch eine Milderung des Klimas der unter ihm liegenden Gebiete.

Die herrschenden Winde des Gebietes sind NW-lich, das Streichen des Bergrückens NE-lich, derselbe stellt sich also rechtwinkelig auf die Windrichtung.

Jeder Wind, der auf die Ebene im Komitate Vas hinabweht, muß diesen Rücken passieren. Infolge des Aufstieges an diesem Hindernisse wird jeder Wind zu einem Föhn.

Die Föhnwinde gestalteten die Waldböden der abgeholzten Wälder an jenem Streifen, über den sie hingewehten in kurzer Zeit zu Steppenböden um.

Am deutlichsten tritt uns diese Umwandlung auf dem Gebiete zwischen Szombathely—Mészlen—Ikervár und Rum entgegen. Dieser Landstrich ist das trockenste Gebiet des Komitates Vas, und verdankt sein trockenes Klima lediglich dem Gebirgszuge von Kőszeg—Rohonc. Doch ist hierbei über dies auch noch der Umstand zu berücksichtigen, daß es hier die ältesten Rodungen gibt.

Die Aehnlichkeit des Bodens zu den Steppenböden ist aus dem Profile bei Söpte am Kovácsi-Bach klar ersichtlich.

Aus der Schichtenfolge geht mit Sicherheit hervor, daß es sich hier um ein Waldbodenprofil handelt, in welchem der ausgelaugte Horizont *A* und der Horizont der Orterde noch erhalten ist. Der Untergrund ist jedoch bereits vollständig umgewandelt, verkalkt und an Stelle der alten braunen Streifen, die den Verlauf von ehemaligen Baum-



Figur 5. Profil bei Söpte.

wurzeln bezeichnen, finden sich hier bereits Kalkkonkretionen. Die ursprünglichen Eisenkonkretionen sind in Kalkkonkretionen umgewandelt.

Die untere Schichte des Auslaugungshorizontes zeichnet sich im Profil noch durch ihre fahle Farbe aus. Die darüber befindliche Schicht, *A*₁, wurde jedoch durch den Humus, der aus den Wurzeln der Zerealien entstanden ist, zu Steppenboden umgewandelt; er ist braun, von lockerer Struktur, sein Humusgehalt beträgt etwa 3%. Seine Entstehung aus Waldboden wird nur durch die helle Farbe der Sandkörner verraten, die bei der Schlämmung, oder auf geackerten Feldern nach Regen zur Schau tritt.

Die Oberfläche von einem frisch geackerten Felde ist aber der Oberfläche des braunen Steppenbodens sowohl hinsichtlich der Farbe, als auch betreffs der Struktur zum Verwechseln ähnlich.

Vergleichshalber soll in Figur 6 das Profil eines natürlichen Steppenbodens vor Augen geführt werden.

In diesem Profil übergeht die humose Schichte *ohne scharfe Grenzen* in das Gestein. Die im ganzen Profil sichtbaren dunklen Flecken aber sind die Ausfüllungen von Gängen, die zu den Wohnungen der einstigen Steppentiere führen. Im Waldprofil gibt es keine solche von Tieren ausgewählte Gänge, wohingegen dieselben das wichtigste Charakteristikum



Figur 6. Profil einer natürlichen Steppe.

von alten Steppenböden sind. Der Untergrund ist von homogener Struktur, ungeschichtet, stets kalkig, sein Eisengehalt ist oxydiert, weshalb der Boden immer gelb und niemals grau ist.

6. Steppenwaldboden.

Aus dem tiefer gelegenen transdanubischen Becken erheben sich isolierte Kegel. Diese isolierten Berge sind Reste der Basalteruptionen und stehen mit den Gebirgen in kleinen orographischen Zusammenhang. Infolge ihrer isolierten Lage ist ihr Boden von sehr trockenem Charakter, denn die Bodenfeuchtigkeit wird hier durch die Luftströmungen — sie mögen aus welcher Richtung immer kommen — in erhöhtem Maße verdunstet.

Als Resultat dieser intensiven Verdunstung häufen sich die Verwitterungsprodukte im Untergrunde an, und es setzt sich hier eine beträchtliche Menge von Kalk ab.

Der Boden verkalkt besonders an der Südlehne in hohem Maße, so daß der bei halbstündiger Dekantation abgeschiedene Schlamm (der in einer 100 mm hohen Wassersäule 30 Minuten schwebend verbleibende tonige Teil) bis 42% Kalk enthält.

Dieser bedeutende Kalkgehalt findet sich in Basaltasche und Basaltgrand, also in Gesteinen, die ursprünglich keinen kohlen sauren Kalk enthalten. Der nun nachgewiesene hohe Kalkgehalt ist sekundär und setzte sich aus den Verwitterungsprodukten der Minerale des Tuffes, infolge der großen Verdunstung während der Sommersaison ab. Auch die Erscheinungsform des Kalkes deutet auf die sekundäre Entstehung. Der Kalk ist mehlig, auch unter dem Mikroskop sind kaum ein bis zwei winzige Kriställchen zu finden. Der größte Teil des Kalkes ist so fein, daß er auch bei der stärksten Vergrößerung formlos erscheint und mit Wasser vermengt nur eine milchige Trübung liefert.

Aus der großen Dürre, welche eine so große Kalkabscheidung verursacht, wäre zu schließen, daß die Hänge infolge Wassermangels kahl sind. Gerade infolge ihrer isolierten Lage fällt jedoch bei jeder Abkühlung reichlicher Tau nieder, welcher die Vegetation hinreichend mit Feuchtigkeit versieht. Durch die Art und Weise der Deckung des Feuchtigkeitsbedarfes allein wird schon die Vegetationsform bestimmt. Wälder können auf diesen Hängen nicht aufkommen, von den Bäumen gedeihen nur jene, die sich gegen die Verdunstung schützen können, doch bleiben auch diese nur zwerghaft (*Quercus lanuginosa*). Das Laub ist schütter, die Sonnenstrahlen erreichen unter ihnen den Boden, so daß eine üppige Vegetation von Blütenpflanzen und Gräsern ermöglicht wird. Unter dieser Pflanzenformation bildete sich der schwarze Steppenboden, der eine Mittelstelle zwischen der Steppen-Schwarzerde und der Rendzina einnimmt; partienweise finden sich Böden, die bald zu der einen, bald zu der anderen Bodenart neigen. Das Profil des Waldbodens ist hier nur noch an wenigen Punkten erhalten, denn durch die von dem Weinbau bedingte Rigolierung und die dadurch erleichterte Abschwemmung, wurde die alte Oberfläche vollständig abgetragen.

Das ursprüngliche Profil ist an noch unberührten Punkten von folgender Beschaffenheit:

Horizont A: humoser schwarzer Boden 40—60 cm (kalkfrei).

Horizont *B*: graue kalkige Schichte 20—30 cm (mit 20—40% Kalkgehalt).

Horizont *C*: Muttergestein (mit 0—5% Kalkgehalt).

Nun muß ich noch jene Beobachtung erwähnen, die ich auf den Basaltkegeln südlich von meinem Gebiete machte. Die Nähe des großen Wasserspiegels des Balatonsees erhöht nämlich die Bodenfeuchtigkeit augenscheinlich, so daß während am Sághegy Vertreter der Steppenvegetation (*Stipa capillata*) anzutreffen sind, am Badacsony bereits auch die Weißbuche auftritt, ein Baum, der in den Waldungen des Komitates Vas nur an den Nordlehnen und in geschlossenen Tälern normal entwickelt vorkommt.

Dieser Unterschied gelangt naturgemäß auch in den Bodenprofilen zum Ausdruck, indem der Horizont *B* im Untergrunde der Schwarzerden am Nordufer des Balatonsees nicht kalkig, sondern eisenschüssig ist. An den Südlehnen liegt jedoch auf dem Basalttuff auch hier nur ein kalkiger Horizont unter der Humusschicht (Boglár). Dieser Unterschied läßt sich einerseits durch die geringe Höhe der an der südlichen Seite befindlichen Basaltkegel, andererseits aber durch Verschiedenheiten in dem Feuchtigkeitsgehalt der Luftströmungen erklären.

7. Auenböden auf den Inundationsgebieten der Flüsse.

Auf den Anschwemmungen der alten Inundationsgebiete der Flüsse wechselten Auen mit bültigen, sumpfigen Strecken ab. In den alten verlassenen Betten siedelte sich eine Wasservegetation an, auf den höheren Rücken aber standen die Auen.

Nach der Regulierung der Flüsse bildete sich in den tief gelegenen verlassenen Flußläufen über dem fluviatilen Schotter ein schwarzer, humoser Boden. Die Humusschichte ist 30—50 cm mächtig und bedeckt entweder den grauen Tonboden, oder den Schotter.

Der Auenboden setzte sich aus den jährlichen Hochwässern ab, in unberührtem Zustande ist der jährliche Zuwachs an seiner Schichtung deutlich wahrnehmbar. Wenn er jedoch Auen trug, so wurde er durch die im Waldboden lebenden Tiere durch und durch zerwühlt und die ursprüngliche Schichtung ging verloren. Heute tritt uns an solchen Stellen das Profil des braunen Waldbodens entgegen. Die Schichtung blieb in der Tiefe intakt.

Wenn die Bäume der Aue in früherer Zeit abgeholzt wurden, und der Boden zur Heugewinnung verwendet wurde, so reicherte sich der obere Horizont unter Einwirkung der Grasvegetation an Humus an

und der Boden hat in feuchtem Zustande das Aussehen von Schwarzerde. Wenn jedoch diese schwarzen Wiesenböden austrocknen, werden sie alle grau, im Gegensatz zu den schwarzen Steppenböden, die auch in trockenem Zustande schwarz bleiben. Der Unterschied zwischen diesen beiden Schwarzerden, der unbedingt in der ohemischen Zusammensetzung des humosen Verwitterungsproduktes wurzelt, könnte durch Bodenuntersuchungen beleuchtet werden.