

Inhalt und Aufgaben der Bodenkunde als Naturwissenschaft.

Von W. Kubiena, Wien.

Die Bodenkunde hat heute in weiten Kreisen so stark an Interesse gewonnen, daß man eine Abhandlung, die sich mit ihrem Inhalt, ihren Zielen und Aufgaben auseinandersetzt, als ein aktuelles Thema bezeichnen kann. Dennoch ist dieses Interesse immer noch ein rein äußerliches geblieben. Dem Inhalt nach steht der Allgemeinheit die Bodenkunde als Lehr- und Forschungsgebiet so gut wie vollkommen fern. Man hält sie als eine ausschließliche Angelegenheit der praktischen Landwirtschaft oder Forstwirtschaft, als eine Art Materialkunde und nur in entfernterem Sinne als einen Zweig der Naturwissenschaft. Die Stellung des Bodens im Gefüge unseres Lebens ist eine so bedeutende, daß die Wissenschaft, die sich mit der Erforschung dieser Naturbildung befaßt, auch dann weit stärkere Beachtung verdiente, wenn ihr Anwendungsgebiet nicht die Grundlage aller praktischen Landwirtschaft und Forstwirtschaft wäre. Darum muß das Fehlen einer allgemeinen Bodenkunde im Gesamtplan der Wissenschaft und Bildung allmählich als eine klaffende Lücke empfunden werden. Eine Biologie, die einer ganzheitlichen Lebensbetrachtung folgen will, ist ohne engste Bindungen an den Boden undenkbar. Es ist ja darum gerade von der Seite der Biologie der Ruf nach der allgemeinen Bodenkunde besonders stark geworden. Ohne Kenntnis des Bodens, einer so wichtigen Naturbildung im Haushalt alles Lebendigen, auf die sich unsere ganze eigene Existenz aufbaut, muß unser Weltbild unvollkommen bleiben.

Freilich wäre die Stellung der Bodenkunde heute sicherlich eine andere, hätte sie eine andere Entwicklung gehabt. Fast immer war sie ein kleines Teilgebiet anderer Wissenschaften, ohne eigene, dem Gegenstande angepaßte Methodik. Im wesentlichen hat sich die Bodenkunde bis in die heutige Zeit als angewandte Wissenschaft entwickelt. Angewandte Wissenschaften sind sonst in der Regel Anwendungsgebiete reiner Wissenschaften, aus denen sie ihre theoretischen Grundlagen beziehen. Leider konnte sich die praktische Bodenkunde nicht oder nur zu sehr geringem Teile auf die Erkenntnisse einer allgemeinen Bodenkunde stützen. Auch die Forscher selbst waren zumeist nur zum Teil Bodenkundler, ihr Hauptfach lag auf anderem Gebiete. Es zeigt sich darum heute, wo sich von mehrfacher Seite der Ruf nach der Bodenkunde erhebt, daß es viel zu wenig eigentliche Fachleute auf diesem Gebiete gibt.

Eine der wichtigsten Aufgaben der allgemeinen Bodenkunde ist die Grundlagenforschung im Dienste ihrer mannigfachen Anwendungsgebiete. Hier hat sie noch viel Arbeit zu leisten, weil ein wahrer, auf allen Linien sich gleichmäßig anbahnender Fortschritt nur auf Grundlagenforschung aufbauen kann, weil ein auf Grundlagenforschung fußendes Arbeiten nicht nur sicherer, zielbewußter und

Nach einem Vortrag im Alpenländischen Geologischen Verein in Wien am 22. Mai 1942.

umfassender, sondern auch rascher ist, da sich Fehlschläge und Abwege leichter vermeiden lassen. Zur Schaffung dieser notwendigen Fundamente sind die Anwendungsgebiete viel zu sehr durch ihre Spezialaufgaben abgelenkt.

In diesem Sinne ist die Aufgabe der wissenschaftlichen Bodenkunde wie jene der Naturwissenschaften im allgemeinen: Naturerkenntnisse zu sammeln, sie systematisch zu ordnen und ihre Zusammenhänge zu erforschen. Innerhalb welcher Grenzen sie sich dieser Aufgabe unterziehen soll, hängt davon ab, welche Grenzen man der Naturbildung Boden selbst anlegt. Auf die Frage, ob es im Interesse der Bodenkunde liegt, die Grenze möglichst weit zu legen, möglichst tief in die Nachbarbereiche hinein, oder ob es vorteilhafter sei, die Grenzen möglichst eng zu fassen, muß wohl geantwortet werden, daß es entschieden vorteilhafter ist, sie möglichst eng zu fassen. Denn nur dann ergibt sich ein besonderer Aufgabenbereich, welcher der Bodenkunde allein zufällt, nur dann läßt sich auch eine Arbeitsmethodik ableiten, die man als spezifisch bodenkundlich bezeichnen kann; mit einem Worte: nur dann hat die Bodenkunde ein Recht auf volle Selbständigkeit als besonderer Zweig der Naturwissenschaft.

Was ist also Boden? Die Antwort auf diese Frage fällt in dem Schrifttum, das sich mit dem Boden beschäftigt, so verschieden aus, daß dem angehenden Jünger der Bodenkunde sofort aller Mut entsinken müßte, wenn er sie alle zu gleicher Zeit vor Gesicht bekäme. Die Ursache der großen Verschiedenheit der Antworten liegt vor allem darin, daß ein großer Teil derer, die dies formulierten, sich eben nur mit einem Teilgebiet der Bodenkunde und mit diesem häufig nur im Nebenfach beschäftigten. Ihre Hauptfächer lagen auf sehr verschiedenen Gebieten, daher mußte auch jeder Autor den Boden aus der Perspektive seines Hauptfaches anders sehen. Für den Ackerbauer ist er ein wasser- und lufthaltiger pulverförmiger Träger einer Vegetation, für den Petrographen eine Gesteinsart, ein Begriff für lose Erdmassen im Gegensatz zu gewachsenem Fels, für den Verwitterungschemiker ist er ein Verwitterungsprodukt oder, wie bei der Terra rossa, ein Lösungsrest eines Gesteins, für den Kolloidchemiker eine feste Dispersion, ein grob- und kolloiddisperses System, für den Spezialisten auf dem Gebiet der Bodendynamik ein dynamisches System, das keinen Ruhezustand kennt, für den Mikrobiologen ein biologisches System, für den Pflanzenökologen ein Biotop, der Inbegriff aller „edaphischen Merkmale“ eines Standortes usw.

Wir fragen uns, ob am Ende vielleicht doch alle diese Autoren, jeder von seinem Standpunkt, recht haben? Dann hat jeder entsprechend seiner Spezialisierung nur jenen Teil von Bodenmerkmalen erfaßt, den er von seinem Standpunkt aus sieht. Wenn dies der Fall ist, dann muß die Gesamtheit aller Merkmale den wahren Begriff Boden ausmachen, und wir brauchen nur alle diese Definitionen — natürlich nach einiger Ausschaltung von Widersprüchen und einigen sinn-gemäßen Umdeutungen — zu einer einzigen Definition zusammensetzen und haben dann die richtige, allseitig abgegrenzte und alles enthaltende Definition des Bodens. Wenn wir auch nicht den Versuch unternehmen, auf diesem heuristisch wenig vorteilhaften Wege zu einer umfassenden Begriffsbildung zu kommen, so sehen wir tatsächlich, daß die einzelnen Definitionen sich bei aller betonter Gegensätzlichkeit ergänzen.

Wenn wir die Naturbildung Boden unbeeinflußt von aller Spezialisierung betrachten und uns zunächst fragen, wo wir Boden finden, so läßt sich darauf eine Antwort geben, die nicht bestritten werden kann: als Boden bezeichnet man nur jene lockeren Teile der Erdrinde, die sich im Bereich der Biosphäre

befinden. Die Biosphäre, jener Raum, in dem Leben möglich ist, umfaßt einen Teil der Atmosphäre, sie umfaßt die Hydrosphäre und die Bodenschicht der festen Erdrinde, die Pedosphäre. Ausgangsmaterial für die Bodenbildung sind einerseits die Gesteine der Lithosphäre, andererseits die abgestorbenen Organismenleiber der Biosphäre. Es gibt viele Böden, die sich praktisch völlig aus umgewandelten Organismenresten zusammensetzen, also in keiner Weise eine Umwandlungsschicht der Gesteinssphäre sind. Auch sie aber sind, da sie sich an der festen Erdrinde anlagern, ein Bestandteil der festen Erdrinde. Bodenbildung finden wir, diesem Vorgang entsprechend, nicht nur auf dem Lande, sondern auch unter Wasser. Viele als Unterwasserböden entstandene Bodentypen haben ja auch erhebliche praktische Bedeutung und werden zum Teil nach ihrer Trockenlegung — wie die Niedermooze, Marschen und Gytjaböden — sogar auch landwirtschaftlich genutzt.

Als Teil der Biosphäre ist der Boden stets von Organismen bevölkert, auch dann, wenn er keine Vegetationsdecke von höheren Pflanzen trägt und scheinbar Stadien der Lebensruhe aufweist, wie das bei extremen Wüstenböden der Fall ist. Der lebende Boden atmet wie eine Lunge. Ich erinnere mich an einen amerikanischen Bodenkundler, der sich für seine Vorlesungen einen eigenen Respirometer mit Zeigerausschlag gebaut hatte, der das bekannte dauernde Entströmen von Kohlendioxyd aus dem Boden veranschaulichen sollte. Dieser Respirometer hatte einen besonders langen, weithin sichtbaren Zeigerhebel, so daß sich die geringen Schwankungen der Kohlensäureausatmung durch dauerndes langsames, doch kräftiges Auf- und Abwärtsschwingen des Zeigers, dem Heben und Senken einer menschlichen Brust vergleichbar, sehr eindrucksvoll bemerkbar machten. Die Erzeugung von Kohlendioxyd für die höhere Pflanze ist nach neueren Ansichten eine der wichtigsten Leistungen des Bodens. Sie ist nicht die einzige auf dem Gebiete der Biologie des Bodens. Seine Nitrifikationskraft, sein Stickstoffbindevermögen, sein Harnstoffspaltevermögen usw., alles das sind gleichfalls wichtige Merkmale seiner Leistungsfähigkeit. Von ganz besonderer Bedeutung ist aber das Vermögen der verschiedenen Böden, die für sie charakteristischen, ganz bestimmten Humusformen und Humusstoffe zu bilden. Humus produziert jeder Boden, auch der humusärmste und scheinbar humusfreie. Die Art und Weise, wie und nach welchem Endziele strebend ein bestimmter Bodentypus seinen Humus bildet, gehört zu seinen entscheidendsten diagnostischen Merkmalen.

Die Biologie des Bodens ist wie die Biologie der Gewässer eine Form der Gesellschaftsbiologie. Besonders bemerkenswert ist, daß sich biologische und nichtbiologische Prozesse im Boden derart durchdringen, daß sie vielfach schwer voneinander zu trennen sind. Es hat sich darum im Sprachgebrauch herausgebildet, daß man unter „Boden“ nicht nur das Substrat, den Biotop, sondern auch mit ihm die Lebensgemeinschaft seiner Organismen versteht. Der Boden selbst ist es in der Sprache der Bodenkunde, der atmet, nitrifiziert oder seine charakteristische Humusform bildet. Aber nicht nur die im Boden lebenden Organismen formen und gestalten ihn und sein Leben, sondern auch jene, die auf ihm und von ihm leben, die gesamte Pflanzendecke und die gesamte Tierwelt eines biologischen Standortes und schließlich auch der Mensch. Die Wechselbeziehungen zwischen der Pflanzen- und Tierwelt und dem Boden sind so groß, daß oft schon geringe Änderungen in ihrer Zusammensetzung sehr entscheidend in den Entwicklungsgang eines Bodens eingreifen können. So sind alle Organismen entweder mittelbar oder unmittelbar an der Bodenbildung beteiligt. Auf jeden Fall entgeht kein Lebewesen auf der Erde dem Schicksal, einmal Ausgangsmaterial

für die Bodenbildung zu werden, auch wir selbst nicht. Der Boden, der uns unser Leben lang ernährt und erhalten hat, holt uns nach dem Tode zurück in seinen natürlichen Kreislauf, gleichgültig — wie wir mit einigem Sarkasmus sagen könnten — ob wir uns bis dahin viel oder wenig um seine Existenz gekümmert haben.

Die Rolle der Organismenwelt bei der Bodenbildung erschöpft sich indes nicht mit dem organischen Stoffwechsel. Die durch Lebenstätigkeit ausgelöste biologische Verwitterung ist ein sehr wesentlicher Akt der Bodenbildung, ebenso der beschleunigte Mineralzerfall durch die Wirkung von Humusdecken, also durch die Wirkung abgestorbener und umgewandelter Organismenleiber. Alle diese Einzelheiten berechtigen uns zu sagen: Der Boden ist nicht nur eine der großen Hauptquellen des Lebens, er ist auch selbst ein Produkt des Lebens.

Freilich wirkt die Biosphäre auf die Bodenbildung nicht nur durch ihre Organismenwelt ein, sondern auch durch ihre Umweltbedingungen. Der biologische Standort, der die Form des Lebens in seinem Bereiche bestimmt, verleiht auch dem Boden seine bestimmte Prägung. Der Boden erhält die einstrahlenden Energien der Sonne aus erster Hand, ebenso unmittelbar erhält er die Niederschläge aus der Atmosphäre. Erwärmung, Abkühlung, Durchfeuchtung und Austrocknung lösen einander in regem Wechsel ab. Aus der Perspektive der Mikroorganismen gesehen, ist dieser Wechsel mit einer steten Katastrophenfolge vergleichbar. Milliarden von Organismen sterben ab oder müssen sich in ein schützendes Dauerstadium retten, wenn neue, für sie unerträgliche Veränderungen in den Lebensbedingungen ihrer mikroskopischen Standorte eintreten. Milliarden andere, denen die neuen Bedingungen zusagen, erwachen zu neuem Leben. Unübersehbar sind die physikalischen und chemischen Prozesse, die neben den biologischen durch den starken Einfluß der Umweltverhältnisse des biologischen Standortes stehen. Das starke jahreszeitliche Schwanken des Standortklimas und insbesondere des engeren Bodenklimas ist es, das den Boden zu einer Naturbildung macht, die durch einen dauernden Wechsel charakterisiert ist.

Doch nicht nur jahreszeitlichen Veränderungen unterliegt der Boden. Von den ersten Anfängen bis zu den reifen Endstadien der Bodenbildung durchläuft er eine Reihe von mitunter sehr heterogenen Entwicklungsstufen. Sie stehen mit der allgemeinen Entwicklung des Lebens an einem bestimmten biologischen Standort in engem Zusammenhang. Jede dieser Bildungsstufen — sei es, daß es sich um einen Bodentypus oder um einen Subtypus handelt — geht gesetzmäßig aus einer einfacheren, weniger entwickelten Vorstufe hervor und strebt einer meist höher organisierten, mannigfaltigeren, auf jeden Fall jedoch reiferen Folgestufe zu. Der Boden zeigt somit eine ähnliche Entwicklung wie ein lebender Organismus. Es ist eine schöpferische Entwicklung mit allen Merkmalen der Formumwandlung und Gestaltentstehung.

Fassen wir alles Wesentliche aus dem bisher Gesagten in einem Satz zusammen, so ergibt sich daraus folgende Definition: Boden ist die von Leben durchsetzte, unter dem Einfluß des Lebens und der besonderen Umweltbedingungen eines biologischen Standortes entstandene, einem ständigen jahreszeitlichen Wechsel und einer charakteristischen Entwicklung unterworfenen Umwandlungsschicht der festen Erdrinde.

Zu ähnlichen Definitionen sind in den letzten Jahren auch eine ganze Reihe anderer Forscher gekommen. Ich zitiere von diesen nur eine, und zwar die von

Jariloff, die besonders kurz und einfach ist: Boden ist eine lebende, durch Insolation, Niederschläge und Organismen dauernden Veränderungen unterworfenen Erddecke.

Ich habe mich mit dem Begriff Boden darum etwas eingehender beschäftigt, weil sich aus diesem die Beantwortung der Frage nach einem spezifisch bodenkundlichen Aufgabengebiet und nach einer spezifisch bodenkundlichen Forschungsmethodik, die sich von jener der Nachbarwissenschaften grundlegend unterscheidet, von selbst ableiten läßt. Ich möchte die Beantwortung in folgende Punkte zusammenfassen:

1. Wenn der Boden eine Naturbildung ist, die einem ständigen jahreszeitlichen Wechsel ausgesetzt ist, so ergibt sich daraus, daß sich aus der bloßen Untersuchung von Bodenproben im Laboratorium ebensowenig ein abgerundetes Bild des betreffenden Bodens gewinnen läßt, als man an Wetterstationen durch Untersuchung eingeschickter Luftproben meteorologische Beobachtungen durchführen kann. Keine Bodenprobe, auch kein noch so schöner Profilquader einer russischen Steppenschwarzerde in einem Bodencabinet gibt eine Vorstellung von dem Eindruck, den dieser Boden im Ablauf eines Jahres im Freiland bietet. In der russischen Steppe vollzieht sich die Schneeschmelze bei gefrorenem Boden, der erst nach Verschwinden der Schneedecke von der Oberfläche nach unten auftaut. Die Folge des Vorhandenseins einer wasserstauenden Eisschicht ist, daß das Schmelzwasser lange Zeit ohne Abfluß bleibt und ein Zustand völliger Verschlammung und Wegelosigkeit eintritt, den die Russen mit dem Ausdruck „Rasputitza“ bezeichnen. Die Biologie und die Dynamik der Schwarzerde in diesem Schlammstadium, in dem sich eine ganz andere Tierwelt und Mikrowelt im Boden vorfindet, ist eine ganz andere als in der Blütezeit des Frühlings und in der Dürrezeit des Hochsommers. Keine noch so genaue Laboratoriumsuntersuchung an Bodenproben vermag uns etwas über die für den Begriff Steppenschwarzerde sehr wesentliche Veränderung des Bodencharakters im jahreszeitlichen Wechsel auszusagen. Hier muß das Laboratorium zunächst völlig ins Freie verlegt werden, wo durch genaue Beobachtung und Freilanduntersuchung eine Fülle von Material auf dem Gebiet der Biologie, der Strukturbildung, des Stoffwechsels und der Stoffwanderung gewonnen werden kann.

Wir brauchen gar nicht nach Rußland zu gehen, um diesen jahreszeitlichen Wechsel besonders eindrucksvoll zu erleben. Wenn wir im Spätsommer oder Frühherbst mit einem Bodenmikroskop oder einem anderen geeigneten Auflichtmikroskop ausgerüstet im Seewinkel am Ostufer des Neusiedler Sees wandern, so können wir an den dortigen Zickböden die mannigfaltigen Salzausblühungen in Form von Nadeln, Fäden, Kriställchen und Körnern beobachten. Natürlich findet sich zu dieser Zeit in und auf diesen Böden eine ausgesprochene Landflora und Landfauna. Wenn wir aber im Frühjahr in den Seewinkel gehen, ist der größte Teil der Zickböden unter Wasser. Sie bilden den Boden einer großen Zahl kleiner Steppenseen, der in seiner Biologie jetzt natürlich ein ausgesprochener Unterwasserboden ist. Seine Organismen sind ausschließlich Wassertiere und Wasserpflanzen, seine Humusbildung vollzieht sich in Form einer Alkaligytta.

Dies sind nur Beispiele für verschiedene Formen des jahreszeitlichen Wechsels, den ich als die Phänologie eines Bodens bezeichne. Ein solcher Wechsel besteht für jeden Boden, wenn auch nicht immer in so auffallender Form. Die Erfassung dieses Wechsels macht nicht nur die Freilanduntersuchung notwendig, es tritt hierzu auch ein neues Moment der Untersuchungsmethodik, das Moment der Lebendbeobachtung, ein Moment, das bei der Gesteinsuntersuchung fehlt, da das

Gestein keinem jahreszeitlichen Wechsel unterliegt und keine für seinen Fortbestand notwendige Biologie aufzuweisen hat.

2. Als eine von Leben durchsetzte und unter dem Einfluß des Lebens und seiner Umweltsbedingungen entstandene Naturbildung geht die Entstehung von Boden auf andere Faktoren zurück als z. B. das Gestein. Wenn auch an einem Standort je nach der Entwicklungsstufe sehr verschiedene Bodenbildungen möglich sind, so ist es stets der biologische Standort, sein Leben und seine Lebensbedingungen, die den Boden gestalten. Eine allgemeine Bodenforschung ohne Lebensforschung ist darum stets ein unvollständiges Beginnen und kann immer nur zu Teillösungen führen.

Auch der Boden formt sich wie die Pflanzendecke und die Tierwelt gleichsam nach dem Diktat eines „Genius loci“ (Banse), der jedem biologischen Standort seine Individualität verleiht, alles Geschehen in ihm lenkt und im Sinn einer Landschaftsseele ausrichtet. Die erste Periode der neuen Bodenkunde wurde beherrscht von dem Suchen nach dem richtigen „Faktor“, der alles Geschehen der Bodenbildung lenkt. Lange Zeit schien das Klima als entscheidender bodenbildender Faktor allein zu herrschen. Als man jedoch an die mathematische Formulierung des Klimaeinflusses ging, erkannte man bald, daß seine formelmäßige Erfassung auf große Schwierigkeiten stieß. Eine Reihe anderer Faktoren wurde genannt, welche die Alleinherrschaft des Klimafaktors beeinträchtigen und die Aufstellung von klimatischen Bodenzonen störten, wie Chemismus, Körnung und Gefüge des Muttergesteines, Pflanzendecke, Tierwelt, Einfluß des Menschen, Lage, Oberflächenrelief, Wasserverhältnisse u. a. Ferner erkannte man, daß der Klimaeinfluß sich nicht durch Erfassen des Großklimas ermitteln läßt, sondern daß hier allein das Kleinklima (Standortklima) und das Bodenklima maßgebend sind. Wenn man in Betracht zieht, daß die angeführten Faktoren eigentlich Zusammenfassungen von ganzen Faktorengruppen darstellen und daß alljährlich bei jeder gründlicheren monographischen Bearbeitung von Bodentypen eine ganze Reihe von Einzelfaktoren der Bodenbildung hinzuentdeckt werden, so wird ihre Zahl so groß, ihre Art und die Möglichkeit ihrer Kombinierung so mannigfaltig, daß jeder Versuch einer formelmäßigen Erfassung z. B. der Wirkung des Klimafaktors von vornherein zum Scheitern verurteilt sein muß. Alle Faktoren betreffen entweder Wirkungen, die durch Lebewesen, Lebensrückstände oder durch die gleichen Umweltverhältnisse ausgeübt werden, die auf die Zusammensetzung und auf das Leben der Pflanzen- und Tierwelt eines biologischen Standortes Einfluß nehmen. Wenn auch immer eine Anzahl von Faktoren jeweilig stärker in den Vordergrund tritt, so wirken diese niemals allein, sondern führen nur in Kombination mit den anderen zur Bodenbildung. Es gibt demnach, streng genommen, keine Einzelfaktoren, sondern stets nur einen Komplex von Standortsfaktoren, den K. Friedrich [1] als den „Einheitsfaktor“ bezeichnet. Der lokale Einheitsfaktor ist ebenso eine in sich beziehungsvolle Einheit, wie der Standort als Ganzes eine beziehungsvolle Einheit darstellt und nicht als ein bloßes Aggregat von Wesen und Dingen aufgefaßt werden kann. Es sollte darum jenes Stadium der Bodenkunde, in dem immer einzelne Faktoren aus dem Verband herausgerissen und zum Prinzip eines Systems erhoben werden, endgültig überwunden sein.

3. Da der Boden eine Bildung ist, die lebt und Lebendbeobachtung erfordert, muß das geschichtliche Moment in einer der Eigenart des Bodens gerecht werden. Die Forschungsmethodik ebenso stark in den Vordergrund treten wie in der allgemeinen Lebensforschung. Die geschichtliche Betrachtungsweise ergibt sich von selbst, sobald man den Boden nicht statisch, als eine Art Material mit bestimmten

physikalischen und chemischen Eigenschaften, sondern dynamisch als eine Naturbildung auffaßt, die nicht nur einem steten jahreszeitlichen Wechsel, sondern auch einer steten Entwicklung unterliegt. Jede eingehendere Forschung zeigt, daß das „Ausgangsmaterial“ jeder Bodenbildung nicht in ihrem Muttergestein, sondern in ihrer Entwicklungsvorstufe zu suchen ist, d. h. in einer anderen oder in einer ganzen Reihe von Bodenbildungen, die geschichtlich unmittelbar vor ihr lagen². Viele Eigentümlichkeiten bestimmter Bodenbildungen haben ihre Wurzeln in früheren Entwicklungsstufen und lassen sich in diese zurückverfolgen, andere werden erst durch Kenntnis der Vorgeschichte verständlich. Die Bodengeschichte schafft nicht nur eine wesentliche Vertiefung unserer Erkenntnisse über die Bodenbildung an sich, sondern sie vermittelt die Kenntnis der engen Zusammenhänge, die zwischen ihr und der Geschichte der Pflanzendecke und der Tierwelt eines biologischen Standortes bestehen. Von besonderer Wichtigkeit ist die Entwicklungsgeschichte ferner für die Bodensystematik. Um einen Bodentypus, einen Subtypus oder eine Varietät ihrer Stellung entsprechend richtig einordnen zu können, ist die Kenntnis, woraus und wie sie entstanden ist, unentbehrlich. Nur mit Hilfe von Entwicklungsstudien können auch verschiedene Konvergenzerscheinungen der Bodenbildung erkannt werden.

So wird die Bodenkunde nach dem Vorbild der Biologie immer mehr Naturgeschichte im eigentlichen Sinne des Wortes. Die Naturgeschichte des Nachtpfauenauges darf sich nicht mit der Beschreibung des Imago begnügen, sondern muß auch die Puppe, die Raupe und das Eistadium mitbehandeln. Ebenso sind Kalksteinbraunlehm (Terra fusca), braune Rendsina, Mullrendsina, mullartige Rendsina und Protorendsina [2] in gewissem Sinne Metamorphosen eines einzigen Bodenwesens. Die Unterschiede in der Erscheinung, in dem Verhalten und in dem Kulturwert der einzelnen Bodenbildungen sind hier besonders groß. Ihr Zusammenhang wird nicht durch beschreibende, sondern erst durch historische Betrachtungsweise offenbar.

4. Der Boden ist eine jener Ganzheiten, die sich nicht durch die bloße Summe aller Teile erfassen läßt. Dies bezieht sich nicht nur auf die Notwendigkeit des naturgemäßen Aneinandergefügtseins aller Bestandteile; zur Eigenart des Bodens gehört auch, daß er „lebt“, womit nicht nur seine biologische Aktivität, sondern auch die charakteristischen Stoffwanderungsvorgänge sowie die ganze rege Mannigfaltigkeit der physikalischen und chemischen Prozesse, die sich in ihm abspielen, gemeint sind. Die einzelnen Horizonte des Bodenprofils stehen in einem engen Abhängigkeitsverhältnis zueinander, so daß der eine ohne den anderen nicht denkbar ist und jeder im Leben des Bodens eine bestimmte Funktion erfüllt. Eine einzelne Bodenprobe ist daher nicht Träger der Merkmale eines Bodens, sondern höchstens nur eines bestimmten Horizontteiles oder Horizontes. Der Boden selbst ist stets nur durch das ganze Profil wiedergegeben. Sein Charakter ergibt sich aus der Wechselwirkung aller seiner Teile. Darum läßt sich der natürliche Boden nicht ohne Zerstörung teilen. Man kann Teile von ihm heraus schneiden, ebenso wie auch Teile des menschlichen Organismus ohne Gefahr für diesen entfernen sind. Entfernt man jedoch wesentliche Teile, so ändert sich sein Charakter, der Boden hört zunächst auf, das zu sein, was er war. Das ist auch ein wesentlicher Unterschied gegenüber dem Gestein. Ein Waldboden, von dem man die Humusschicht entfernt, ändert sich völlig in seiner Biologie, in vielen

² H. Pallmann bezeichnet solche genetische Reihen von Bodentypen oder Subtypen als Bodenserien.

Fällen auch sehr entscheidend in seiner Dynamik. Wenn man ihm jedoch Zeit läßt, so ist er in der Lage, sich selbst zu regenerieren, seine Humusschicht bildet sich nach, sein gestörtes Profil erlangt nach einer Reihe von Zwischenstufen der Entwicklung wieder sein früheres Gepräge.

Da Böden nur als lebende Ganzheiten erfaßt werden können, ist der Inhalt der allgemeinen Bodenkunde nicht lediglich das 'Studium' von Einzelheiten im Aufbau oder einzelner Phänomene im Leben eines Bodens, sondern das Studium all dieser Elemente in ihren Auswirkungen und ihren Wechselbeziehungen zueinander. Die Methodik der allgemeinen Bodenkunde wird jeweilig durch die Notwendigkeit bestimmt und muß darum mitunter eine sehr vielseitige sein. Wer ausschließlich physikalische Bodenuntersuchungen betreibt, ist ein Physiker und kein Bodenkundler. Seine Methodik ist die der Physik, sein Fach ist die Bodenphysik, ein Anwendungsgebiet der Physik. Ebenso ist jener, der ausschließlich chemische Untersuchungen durchführt, ein Chemiker; jener, der ausschließlich bakteriologische Untersuchungen betreibt, ein Bakteriologe. Alle leisten sehr wertvolle Arbeit im Dienste der Bodenkunde. Ihrer Tätigkeit verdanken wir eine stattliche Sammlung von Tatsachenmaterial, auf Grund dessen die bodenkundliche Literatur einen ungewöhnlichen Umfang angenommen und eine weitgehende Spezialisierung aufzuweisen hat. Und doch mußte ihre Arbeit — nicht durch ihre Schuld — Stückwerk bleiben. Denn alle diese Spezialforscher haben immer nur Teilerscheinungen einer bestimmten Bodenbildung erforscht. Bezüglich der Erforschung der verbliebenen restlichen Phänomene blieb es dem Zufall überlassen, ob ein zweiter, dritter oder vierter Spezialist die gleiche Profilstelle bearbeitete und die notwendige Ergänzung schaffte, was natürlich nur sehr selten eintreten konnte. Wir erhielten auf diese Weise eine große Anzahl verschiedener Teilbilder, die sich aber schwer zu einer Einheit zusammenfügen ließen.

Die Methodik der allgemeinen Bodenkunde ist eine Gesamtschau, sie hat nichts zu tun mit einer lediglich summativen Aneinanderreihung von Merkmalen und Analysendaten, sondern sie besteht in einer vom Großen bis in die kleinsten Einzelheiten vordringenden Erforschung des gesamten Lebensgefüges des Bodens. Ihr Grundelement ist die Anschauung, ihr wichtigstes Werkzeug das Auge. Alle weitere, noch so vielseitig von ihr angewandte Methodik ist für sie eine Unterstützung des Auges. Sie hat das Gebäude aufzurichten, in dem der Spezialist seine Spezialarbeit weiterführt, in das er seine Detailergebnisse einbauen kann. Deshalb ist die Arbeit des Bodenkunders die Voraussetzung, die des Spezialisten die Ergänzung. Jede umgekehrte Arbeitsweise schafft kein organisches Gebäude, sondern ein vom Zufall gefügtes und umgrenztes Mosaik von Fragmenten. Der großen Zahl von Spezialisten steht heute immer noch eine sehr geringe Zahl von Pedologen, d. h. von Forschern auf dem Gebiete der allgemeinen Bodenkunde, gegenüber. Ein solches Verhältnis müßte sich auf die Dauer sehr ungünstig für die Entwicklung der Bodenkunde auswirken.

Zu der Forderung der Erforschung der Böden als unteilbare Ganzheiten gehört auch die Forderung der Durchführung von Untersuchungen bei völliger Ungestörtheit des Bodengefüges. Dies galt bisher fast ausschließlich nur für grob-oku-lare Untersuchungen der Profilmorphologie. Die Vielfältigkeit des Bodens beginnt aber eigentlich erst in seinen mikroskopischen Dimensionen. Ein Bodenhandstück, das unserem Auge als eine mehr oder minder gleichförmige Masse erscheint, ist, aus der Perspektive einer Bodenmilbe gesehen, ein unübersehbares System von Höhlen mit einer Fülle von verschiedenen Formen, Baustoffen, Wandbildungen, Nahrungsinhalten, Lebewesen usw., in seiner Vielgestaltigkeit und

seinem Leben einer großen Stadt vergleichbar. Ebenso wie es unmöglich wäre, von der Stadt Wien, nachdem man sie getrocknet, gesiebt, in Reibschalen zerrieben, in Schüttelkolben dispergiert und homogenisiert, in konzentrierten Säuren aufgeschlossen hat, den Stephansdom, das Belvedere, die Ringstraße, den Prater, die Zusammensetzung der Wiener Bevölkerung und die Eigenart des Straßenlebens zu rekonstruieren, so erfährt man von einer Bodenbildung durch die mechanische und chemische Analyse gleichsam nur die Größe und in einem gewissen Grade die chemische Natur seiner Bausteine, nichts aber über die Bauformen und wie diese entstanden sind, ebensowenig über das Leben und sonstige Geschehen, das sich zwischen diesen Bauformen und in ihrem Inneren abspielt. Wie die Petrographie, die Histologie, die Bakteriologie, so ist auch die allgemeine Bodenkunde ein Fach, bei dem ein allen Erfordernissen Rechnung tragender Fortschritt ohne Verwendung des Mikroskops und ohne den Ausbau einer weitgehenden spezialisierten Mikroskopie undenkbar ist.

Nicht nur für die Freilandarbeit, sondern auch für die Laboratoriumsuntersuchung gilt die Forderung der Unzerstörtheit des Bodengefüges. Gesteinshandstücke werden mit dem Hammer geschlagen, unsere Bodenhandstücke werden in etwa gleicher Größe mit Hilfe eines Bodenmessers geschnitten; gleichzeitig wird als Schutz gegen Zerbrechen über den so erhaltenen Probeziegel ein Weißblechrahmen übergestreift, der beiderseits mit einem Deckel verschlossen werden kann. Die bisher entwickelten mikroskopischen Methoden verlangen sowohl die Verwendung von Auflicht- als auch von Durchlichtmikroskopen. Die Auflichtmikroskopie ist besonders für die Untersuchung des lebenden und unpräparierten Bodens unentbehrlich. Von den Techniken der Präparierung ist die Dünnschlifftechnik die weitaus bedeutendste. Nach Imprägnierung von Bodenproben mit geeigneten Härtestanzen ist es uns analog der in der Petrographie üblichen Technik nach einem etwas abgewandelten Verfahren möglich, von jeder Boden- und Humusbildung ohne Zerstörung des natürlichen Gefüges Dünnschliffe herzustellen, die allen Ansprüchen entsprechen. Um ihren Wert für die Bodenuntersuchung dem Außenstehenden anschaulich zu machen, genügt der Hinweis auf die außerordentliche Bedeutung, den die Dünnschlifftechnik für die gesamte Entwicklung der Petrographie seit den sechziger Jahren des vorigen Jahrhunderts erlangt hat.

5. Daß die Erfassung der Böden als unteilbare und lebende Ganzheiten auch für die Bodensystematik eine unerläßliche Forderung ist, versteht sich wohl von selbst. Der Ausbau der Bodensystematik, der zu den Hauptaufgaben der allgemeinen Bodenkunde gehört, muß darum in Form eines natürlichen Systems, d. h. einer Einteilung auf Grund aller Merkmale, nicht nur der morphologischen oder nur jener der mineralogischen und chemischen Zusammensetzung, sondern auch jener der gesamten Biologie, Dynamik, Phänologie, Abstammung (Herkunft) und Entwicklung durchgeführt werden. Jedes künstliche System, d. h. jede Einteilung auf Grund eines oder einiger weniger Merkmale, kann nur als eine vorläufige Lösung angesehen werden. Durch die Erfassung des Bodens nach dem Prinzip eines natürlichen Systems scheint seine große Verschiedenheit von anderen Naturbildungen von selbst auf, während sie bei Anwendung gewisser künstlicher Systeme undeutlich wird. Durch die Einteilung der Böden in Sande, Lehme und Tone mit all ihren Übergangsbildungen ergibt sich z. B. keinerlei Unterschied gegenüber den unverfestigten Trümmergesteinen, da diese Bezeichnungen lediglich verschiedene Korngrößenverhältnisse zum Ausdruck bringen, die als Merkmale beiden Naturbildungen in gleicher Weise eigentümlich sein können. Zu Bodenarten wer-

den sie demnach erst dann, wenn das Merkmal der Körnung anderen Merkmalen, die für Böden allein charakteristisch sind, unterstellt wird.

Im Vordergrund der heutigen wissenschaftlichen Bodeneinteilung steht das System der Bodentypenlehre. Die Forscher, die es schufen, mehr noch jene, die es späterhin fortsetzten, nahmen als Einteilungsgrund das Klima an und nannten die so gewonnenen Einheiten „klimazonale Typen“. Es stellt diese Einteilung an sich also den Versuch eines neuartigen künstlichen Systems auf Grund eines einzigen Merkmals dar, das nicht einmal ein Merkmal des Bodens, sondern ein Merkmal der über dem Boden stehenden Luftmassen ist. Das entsprechende, hier einzusetzende Merkmal des Bodens wäre ja das Bodenklima gewesen, das für die Bodenbildung auch weit entscheidender ist; dieses wurde jedoch erst später als bedeutender Faktor erkannt und studiert. Es zeigte sich auch bald, daß die Zugrundelegung eines einzigen Merkmals nicht ausreichte, um so mehr, als viele Böden sich auf Grund dieses Merkmals überhaupt nicht in das System einreihen ließen; sie wurden als azonale oder gar „aklimatische“ Bodentypen abgetrennt und besonders behandelt. Nun war zwar die Idee der Einteilung der Böden auf Grund des Großklimas eine wenig glückliche, die nähere Untersuchung zeigt aber, daß die Einheiten dieses Systems gar keine „klimazonalen“ und „aklimatischen“ Typen schlechtweg sind, sondern Einheiten eines natürlichen Systems. Sogar im Gebiet des Großklimas der Steppenschwarzerde, die noch als die geschlossenste Klimabodenzone bezeichnet werden kann, sind eine Reihe anderer klimazonaler Bodentypen möglich (so bildet sich Schwarzerde z. B. nie auf festem sauren Muttergestein). Die Steppenschwarzerde unterscheidet sich aber von anderen Bodenbildungen nicht nur dadurch, daß sie ein Typus im Bereich des Schwarz-erdeklimas ist, sondern bedeutend mehr noch durch ihre Profilbildung, durch ihre mikroskopische Morphologie, durch ihre Verwitterung und Dynamik, durch ihre Biologie und Humusbildung, ihre bestimmten Ansprüche an Pflanzendecke und Muttergesteine, durch ihren Kulturwert, durch ihre Phänologie, durch ihre Abstammung, durch ihre Entwicklungsstufe usw. Und so ist es bei allen Bodentypen, seien sie nun klimazonal oder azonal. Was dies bedeutet, läßt sich am besten durch Gegenüberstellung einer Einheit eines wirklichen künstlichen Systems veranschaulichen, z. B. des Systems nach dem Korngrößenverhältnis. Ein Begriff, wie „mittlerer Lehm“ vermag über all die oben angeführten Merkmale (Merkmalskomplexe) nichts auszusagen, er bedeutet lediglich eine Bildung von bestimmter Körnung. Auch der Kulturwert eines mittleren Lehms kann sehr verschieden sein; als Steppenschwarzerde, schwarzerdeähnlicher Auboden oder eutrophe Braunerde kann er sehr hoch, als Mullrendsina, mesotrophe Braunerde gut, als oligotrophe und als podsolige Braunerde oder als Ssolonetz gering, als grauer Boden der Trockensteppe oder als alpine Rasenbraunerde der Polsterräsenstufe so klein sein, daß eine wirtschaftliche Nutzung nicht mehr in Frage kommt.

Der Ausdruck Typus wird von der Wissenschaft mit Vorliebe als Grundeinheit einer Ganzheitsforschung gebraucht und besonders für lebende Ganzheiten angewendet. In gleichem Sinne ist der Bodentypus die Grundeinheit einer bodenkundlichen Ganzheitsforschung. In einem natürlichen System der Böden stellen die Typen jene Ordnungsglieder dar, bei denen das differenzierende Gestalten der verschiedenen bodenbildenden Faktoreneinheiten (vgl. Punkt 2) jeweils am augenfälligsten, am „typischsten“ in Erscheinung tritt. Typen werden zu Typenverbänden (Typengruppen) zusammengefaßt, in denen lediglich entfernter Ähnliches zusammengestellt wird. Die

Einheiten des nächst niederen Ordnungsgliedes, der Subtypen, stellen mehr oder minder nur Abwandlungen des Typencharakters dar. So gehören zu dem Typus Podsol eine Reihe von Subtypen, wie Humuspodsol, Eisenhumuspodsol, Gleypodsol usw. Die Subtypen können wieder in verschiedenen Varietäten auftreten, wie z. B. Heidehumuspodsol, Waldeisenpodsol, Waldhumuspodsol, alpiner Rasenpodsol u. a. Aus dieser sich von selbst ergebenden Stufung der Ordnungsglieder läßt sich erkennen, daß der Typus keine Bodenbildung an sich ist, sondern eine Abstraktion, die das allgemein Wesentliche einer Anzahl von Bodenbildungen, die einander „typisch ähnlich“ sind, enthält. Die einzigen Realitäten, mit denen wir unmittelbar in Berührung treten, die keine Abstraktion darstellen, sind die Bodenindividuen. Die Individualität der Bodenbildungen ist ebenso stark ausgeprägt wie die der Menschen, so daß keine Bodenbildung in der gleichen Formgestaltung und Biologie an einer anderen Stelle wiederkehrt. Es ist das Wesen der Typen, daß sie Verallgemeinerungen, nicht letzte systematische Einheiten darstellen und nicht — wie mitunter bemerkt wird — ihre Schwäche. In der bodenkundlichen Systematik kann darum mit der Aufstellung von Typen und Subtypen die Arbeit keineswegs zu Ende sein. Die Brücke von diesen zu den Bodenindividuen ist allerdings nur an einzelnen Punkten im Ausbau, denn nirgends macht sich der Mangel an Pedologen im engeren Sinne und Unzulänglichkeiten in der Methodik so stark geltend wie auf dem Gebiete der Systematik. Schließlich gilt, wie für jede Naturwissenschaft, auch hier der Satz Ampères: „Vollkommene wissenschaftliche Einteilung ist nur dann möglich, wenn man auch alles über die einzuteilenden Naturbildungen weiß.“ Und an allgemeinem Wissen über den Boden ist noch sehr viel nachzuholen. Dennoch sind in der Weltliteratur verstreut zahlreiche Elemente zu finden, die einen spontanen Ausbau der untersten Stufenglieder der Bodeneinteilung im Sinne eines natürlichen Systems erkennen lassen. Diese Elemente lassen sich ihrer Stufung nach etwa als Bodenvarietäten und Subvarietäten (Lokalvarietäten, Lokalfazies, ganz besonders in der Bodenkartierung der U. S. A.) erkennen.

Im Zusammenhang mit der Neufassung des Typusbegriffes möchte ich hier noch einen anderen Begriff einführen, der sich zur Demonstrierung gewisser Eigentümlichkeiten des Bodens nützlich erweist, den der Typovergenz. J. Schultz [3] hat diesen Ausdruck für ein charakteristisches Merkmal geprägt, das dem Leben im besonderen eigentümlich ist. Ich wende ihn für die analoge, ähnliche, wenn auch nicht völlig gleiche Erscheinung beim Boden an. Typus bedeutet für J. Schultz die lebendige Form, die auf Selbstleistung und Selbsterhaltung eingestellt ist. Typovergenz ist die Tatsache, daß sämtliche Lebensfunktionen das Ergebnis haben, Typen zu erzeugen. So wie das Leben aus rohen Anfängen immer wieder vollkommene Form hervorbringt und zerbrochene Form in oftmals überraschend glücklicher Weise wieder herstellt, so zeigt auch der Boden ein ähnliches Verhalten. Auch er entwickelt sich nach völliger Zerstörung (z. B. durch glaziale Abschleifung, völlige Abtragung durch fließendes Wasser oder Wind, Verschüttung durch Erosionsedimente, zerstörende Einflüsse des Menschen) immer wieder selbsttätig von den einfachsten Rohformen bis zu den in Aufbau, Biologie und Organisation kompliziertesten Bodenbildungen. Diese Neuentwicklung des Bodens erfolgt nicht zufällig und in beliebigen Formen, sondern ganz „nach dem Gesetz, wonach er angetreten“, in dem vom „Genius loci“ vorgezeichneten, von der jeweiligen Faktoreinheit des Standortes bestimmten Bahnen. Die Typovergenz zeigt sich beim Boden ebenso in einer natürlichen Regenerationsfähigkeit und Selbsthilfe bei nur teilweiser Zerstörung. Wo der Mensch einen

Boden durch Raubbau schon fast in eine Ruine verwandelt hat, dort vermag dieser sich in überraschender Weise selbst zu heilen, wenn er, ohne weitere Eingriffe in sein Leben, wieder der Natur überlassen bleibt. Natürlich darf die Zerstörung nicht so weit in das Lebensgefüge des Standortes eingegriffen haben, daß sie irreversibel geworden ist (Verkarstung, Wüstenbildung). Auch bei der Boden-erosion, wo sie langsam und in mäßigen Formen erfolgt, bewirkt die Regenerationsfähigkeit des Bodens, daß die Humuskrume sich nicht vermindert, sondern scheinbar unverändert bleibt. Nur dort, wo die Erosion stärkere Formen annimmt, tritt eine sichtbare Bodenschädigung ein. Bei katastrophalen Erosionserscheinungen, bei denen völlige Zerstörung und Vernichtung auftritt, bleibt die natürliche Bodenbildung so lange unterbunden, als nicht wenigstens angenähert ein Gleichgewicht zwischen den zu Erosion führenden und den ihr entgegenwirkenden Kräften eintritt. Dann erfolgt wieder ein selbsttätiger Neuaufbau des Bodens.

6. Die Stellung der allgemeinen Bodenkunde zu den anderen Naturwissenschaften ergibt sich aus der Stellung des Bodens als Übergangsbildung zwischen dem Gestein und der Welt des Lebendigen und bedarf darum keiner besonderen Ableitung. Schwierig ist nur die Frage: Wann sprechen wir in Grenzfällen eine Naturbildung als Boden und wann als Gestein an? Das Gestein ist eines der Ausgangsmaterialien für die Bodenbildung, die Bodenbildung ist ein für unser Auge noch beobachtbarer, aber dennoch sehr langsamer Vorgang. Es sind darum bei Anfangsbodenbildungen besonders in lockeren Sedimenten, die in den Bereich der Biosphäre gelangen, wohl vielfach schon gewisse dynamische und biologische Merkmale des Bodens (besonders solche der Phänologie), wenig aber die morphologischen Merkmale des Bodens vorhanden. Solche breite Übergänge finden sich bei allen Bildungen, die ein langsames Wachstum haben. Das Studium und die Erfassung der Anfangsbodenbildungen auf lockeren Sedimenten ist besonders für angewandt-landwirtschaftliche Zwecke wichtig. Eine geschichtlich orientierte Bodenkunde sieht diese Anfangsbodenbildungen als Glied einer ganzen Entwicklungsserie. In diesem Sinne sind sie Böden, in denen die Gesteinsmerkmale stark überwiegen, die Bodenmerkmale jedoch stark zurücktreten. Im weiteren Verlaufe der Bodenbildung heben sich die Böden auch in morphologischer Beziehung immer auffallender von den Ausgangsgesteinen ab; ihre Verschiedenheit tritt dann je nach den jeweiligen Standortverhältnissen in sehr mannigfaltiger Weise in Erscheinung.

Das Muttergestein ist zwar nur ein Einzelglied in der Faktoreinheit des biologischen Standortes, aber ein sehr wichtiges, das stets von besonderen, obwohl von Fall zu Fall sehr verschiedenartigem Einfluß auf den Verlauf der Bodenentwicklung ist. Wenn auch Böden keine Gesteine sind, so kommt darum der Petrographie als Hilfswissenschaft der Bodenkunde stets besondere Bedeutung zu. Vom Muttergestein ausgehend, läßt sich der Verlauf der Bodenbildung fast an jedem einzelnen Mineralkorn verfolgen. So ist es vielfach möglich, schon an dem Erscheinungsbild einzelner aus dem Verband herausgelöster Mineralkörner (besonders bei Feldspäten) zu erkennen, zu welchem Bodentypus oder Subtypus sie gehören.

Boden bleibt eine Bodenbildung nur, solange sie lebt und Glied eines rezenten biologischen Standortes, einer lebenden Landschaftseinheit ist. Gestein wird der Boden wieder, wenn er (im weiteren Sinne) petrifiziert. Wir werden von „fossilen Böden“ dann sprechen, wenn der Aufbau eines Bodens, seine Horizontierung, seine Humusform oder gewisse mikroskopische Merkmale noch mehr

oder minder erhalten, aber das Leben und seine ursprüngliche Dynamik in ihm völlig erstorben und verschüttet ist. Fossile Böden sind keine Böden, sondern Bodenreste, ebenso wie fossile Pflanzen oder Tiere Organismenreste und keine Lebewesen sind. Die ältesten heute noch tätigen Böden dürften mit ihren Entwicklungsanfängen wohl kaum über das Diluvium zurückreichen. Zufolge des dauernden Abtrages und der Aufschüttung auf der Erdoberfläche sind ältere nicht fossile Böden nur ausnahmsweise zu erwarten. Dort wo es sich um begrabene und diagenetisch veränderte Böden handelt, sind die Spuren der Bodenbildung zumeist stark verwischt, so daß die Fälle, wo eine einwandfreie Bestimmung eines bestimmten Typus möglich war und wo man etwas Näheres über den betreffenden fossilen Boden aussagen konnte, nicht allzu häufig sind. Es ist jedoch zu erwarten, daß die Paläopedologie in der Diagnose auch spärlicher fossiler Bodenreste um so rascher vorwärtskommen wird, je weiter die Fortschritte der Bodendiagnostik rezenter Böden auf Grund mikroskopisch-morphologischer Merkmale gediehen sind. Die Bodenkunde wird sich dann zu einer sehr brauchbaren Hilfswissenschaft der Paläobiologie und auch z. T. der Geologie entwickeln. Mit Rücksicht auf die Hilfe, die von der Untersuchung fossiler Böden besonders für die Beurteilung vorzeitlicher Standortverhältnisse zu erwarten ist (z. T. ist eine solche Hilfe heute schon möglich), sollte man das Feld für die Paläopedologie freihalten. Man sollte darum nicht von tertiären, diluvialen Böden oder gar kretazeischen oder jurassischen Rendسين sprechen, wo man doch nur meint, daß das Ausgangsmaterial der Bodenbildung, also das Muttergestein, tertiären oder jurassischen Ursprungs ist, die Böden selbst hingegen rezente Bildungen sind. Auch im Hinblick auf Entwicklungsstudien sollte ein solcher Sprachgebrauch vermieden werden, da sich heute noch tätige Bodenbildungen häufig leicht bis ins Altquartär zurückverfolgen lassen, demnach also wirklich diluvialen Ursprungs sind.

Zum Schlusse möchte ich noch einige Worte über die Stellung der allgemeinen Bodenkunde zur Geographie anfügen. Die allgemeine Bodenkunde ist dazu bestimmt, sich immer mehr zu einer wichtigen Hilfswissenschaft der Geographie zu entwickeln. Da der Boden eine Bildung der Erdoberfläche ist, stellt die Erforschung der Verbreitung der verschiedenen Bodenbildungen fast selbst schon eine Angelegenheit der Geographie dar. Geographie im modernen Sinne ist Umweltforschung. Der Boden ist nicht nur eines der wichtigsten Glieder einer Umwelt, er ist auch ein Produkt der Umweltsbedingungen, einschließlich der Einflüsse des gesamten Lebens eines biologischen Standortes. Seine Gestalt ist der Ausdruck der Umwelt und mit ihr fast aller geographischen Gegebenheiten einer Landschaft. In der organischen Gliederung einer Landschaft ist er ein Glied von fundamentaler Bedeutung, dessen Nichtberücksichtigung als eine empfindliche Lücke bezeichnet werden muß.

Schon Afanassjef bezeichnete den Boden als „eine der Hauptsache nach geographische Bildung“ [4]. Die funktionelle Beziehung zur geographischen Lage kommt jedoch nur den Böden als lebende Ganzheiten gesehen zu und nicht Bodenbegriffen künstlicher Systeme, wie den Bodenarten auf Grund der Körnung. Für die Geographie kann darum nur eine Bodenbetrachtung im Sinne der Typenlehre von wirklichem Nutzen sein.

Die Möglichkeiten der Bodenbildung auf der Erdoberfläche sind so mannigfaltig, daß sich ein Überblick über diese niemals durch eine wenn auch noch so fleißige Tätigkeit innerhalb der Grenzen des eigenen Landes gewinnen läßt. Ich halte es darum für eine der wichtigsten Vorbedingungen für eine den Anforderungen entsprechende Ausbildung des allgemeinen Bodenkundlers, daß er sich von

der Gefahr eines zu engen, von Lokaleindrücken beeinflussten Horizontes zu befreien vermag. Der Pedologe ist ebenso wie der Geograph von der Durchführung größerer Reisen abhängig. Sie sind für ihn besonders wichtig. Für die Geographie mag das Zeitalter der großen Entdeckungsreisen als abgeschlossen gelten, für die allgemeine Bodenkunde hat es noch kaum begonnen. Überall gibt es für sie noch fast unerforschtes Neuland, dessen Kenntnis für den Ausbau des Systems dieser jungen Naturwissenschaft von grundlegender Bedeutung ist.

Der Geographie wird die moderne Bodenkunde auch dadurch nähergerückt, daß sich in beiden Wissenschaften ein ähnlicher Wandel in der Methode vollziehen mußte. So wie es in der Länderkunde nicht mehr darum geht, lediglich Tatsachen festzustellen und sie trocken aneinanderzureihen, sondern Einzelnes nur in seiner Einfügung, in seiner Funktion im Landschaftsganzen zu sehen und die Erfassung der Naturgeschichte (im weiteren Sinne) organischer Landschaftsgebilde zum Hauptzweck der Forschung zu machen, so wird auch die Bodenkunde aus einer trockenen Merkmalslehre immer mehr zu einer Wissenschaft, die nicht nur Böden als lebende Ganzheiten sieht, sondern auch die lebensvolle Einheit des Bodens mit der übrigen Welt zu erfassen bestrebt ist. Je mehr es der allgemeinen Bodenforschung gelingt, sich von der Enge der bloßen laboratoriumsmäßigen Merkmalsbestimmung zu befreien und sich zu einer umfassenderen, lebendigeren Auffassung des Bodens durchzuringen, desto mehr wird sie einer neuen Blüte entgegengehen.

Schrifttum.

- [1] K. Friedrich, Ökologie als Wissenschaft von der Natur. Bios VIII, 1937.
- [2] W. Kubiena, Entwicklung und Systematik der Rendsinen. Z. f. Bodenk. u. Pflanzenern. 29 (1943), S. 108—119.
- [3] J. Schultz, Die Grundfiktionen der Biologie. Abh. z. theoret. Biol., H. 7, Berlin 1920.
- [4] J. Afanassjef, Osnownye tscherti potschwjennowo lika semli (Das bodenkundliche Antlitz der Erde in seinen Grundzügen). Minsk 1930.

Echte Warwen in den Ostalpen.

Von Roman Lucerna,

Mit 3 Abbildungen.

Es gereicht mir, wenn ich damit den bereits gemachten Anfang hiemit fortsetze, zum besonderen Vergnügen, von einem Funde berichten zu können, der im Herbst 1942 durch einen glücklichen Zufall östlich von Klagenfurt gemacht werden konnte.

Die ersten ostalpinen Warwen wurden in diesen Mitteilungen (1940, S. 260) angezeigt. Die Hauptpublikation darüber, im Jahre 1940 an anderer Stelle eingereicht, konnte in drei Jahren nicht erscheinen und wird vermutlich durch diese zweite, hier vorliegende, zeitlich überholt werden. Jene enthält das über die Warwen Wesentliche, so daß sich über die Bedeutung der Warwen und der Geochronologie de Geers eine Mitteilung somit erübrigt.

Die an den ersten beiden Stellen genannten Warwen entsprechen wegen ihrer etwas sandigen Natur nicht vollkommen den an Warwen gestellten Anforderungen, obwohl auch bei den Skandinaviern sandige Zusammensetzung vorkommt. Allein sie haben doch so sehr Warwencharakter, daß sie, um so mehr,