



UNIVERSITÄTS-  
BIBLIOTHEK  
PADERBORN

# **Die Bodenkunde auf chemisch-physikalischer Grundlage**

**Fleischer, Moritz**

**Berlin, 1922**

C. Umwandlung der Gesteine in Boden unter dem Einfluß der mechanisch und chemisch wirkenden Kräfte.

---

[urn:nbn:de:hbz:466:1-78696](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-78696)

sehen werden, durch Einwirkung von Kaliumsalzen das Natrium und das Calcium der Zeolithe sehr leicht durch Kalium und andere Stoffe ersetzen, wobei sie eigentümlicherweise ihr Wasser verlieren.

### C. Umwandlung der Gesteine in Boden unter dem Einfluß der mechanisch und chemisch wirkenden Kräfte.

Für die Schnelligkeit, mit der unter dem Einfluß der oben geschilderten Kräfte aus den Gesteinen der festen Erdrinde Boden gebildet wird, und für die Beschaffenheit des letzteren sind im wesentlichen als Faktoren maßgebend: a) die Beschaffenheit der gesteinsbildenden Mineralien und b) die einwirkenden Wassermengen.

#### § 52.

**Einfluß der Beschaffenheit der gesteinsbildenden Mineralien auf die Umwandlung.** 1. *Die Oberflächengestaltung des verwitternden Gesteins.* Ist diese eben oder gar muldenförmig, so werden nur die durch den Verwitterungsprozeß löslich gewordenen Stoffe durch das Wasser fortgeführt; auf geneigten oder abschüssigen Flächen tritt dagegen zugleich auch die mechanische, auch ungelöste Stoffe verschwemmende Kraft des Wassers in Wirkung. *Granit* mit ebener oder muldenförmiger Oberfläche hinterläßt bei seiner Verwitterung einen an Ton und Glimmerteilchen reichen *Lehmboden*, auf stark abfallenden Flächen wird Ton und Glimmer fortgeschwemmt, und es bleibt tonarmer *Sandboden* zurück.

2. *Die Struktur des verwitternden Gesteins.* Je leichter der Zutritt ein Gestein den Verwitterungsagenzien Wasser, Sauerstoff, Kohlensäure gewährt, um so energischer können diese bodenbildend einwirken. *Geschichtete* und *schiefrige* Gesteine werden fast immer schneller der Verwitterung unterliegen als *kompakte*: Gneis schneller als Granit, die Flöz- oder Sedimentärgesteine ganz allgemein schneller als die kristallinen Massengesteine. Sind die geschichteten Gesteine durch irgendwelche im Erdinnern wirkenden Kräfte *aufgerichtet* worden, so wird dadurch das Eindringen des Wassers mit seinen zerstörenden Agenzien, die sprengende Wirkung des Eises und damit der Zerfall erheblich beschleunigt. In gleicher Richtung wirkt die eigentümliche regelmäßige *kugelige oder säulenförmige Absonderung*, die manche Gesteine, z. B. viele *Basalte*, aufweisen. Eine *dichte* Gesteinsstruktur, die mit einer feinen und gleichmäßigen Verteilung der Gemengteile verbunden ist (z. B. bei vielen *Porphyr*-Arten), verlangsamt, eine mehr *grobkörnige* oder *grobkristallinische* Struktur beschleunigt im allgemeinen die Verwitterungsvorgänge. Denn die letztere ruft durch die verschiedenartige Ausdehnung der gesteinsbildenden Mineralien die Bildung zahlreicher Risse und Abspaltungen hervor, die die



Verwitterung in das Gesteinsinnere tragen. So zerfällt der grobkörnige, große Quarz- und Feldspatkristalle enthaltende *Granit* verhältnismäßig leicht zu einem aus größeren und kleineren Trümmern bestehenden Grus, der bei weiterer Zersetzung einen tiefgründigen Boden liefert, während aus feinkörnigen Graniten und aus *Porphyren* mit sehr dichter Grundmasse („Hornsteinporphyr“), bei denen die Verwitterung nur von der Oberfläche des Gesteins ausgeht, meist flachgründige Böden entstehen.

3. *Die chemische Beschaffenheit der gesteinsbildenden Mineralien.* Sind die Gemengteile eines Gesteins in verschiedenem Grade der Verwitterung zugänglich, so folgt diese dem durch die Lage der leichter zerstörbaren Mineralien vorgezeichneten Weg, löst dadurch den Zusammenhang der Gesteinsmasse und führt ihren Zerfall zu „Grus“ herbei. *Granite*, die neben dem schwer verwitternden Orthoklas leicht zerfallenden Oligoklas oder gar Labrador enthalten, unterliegen daher schneller der Umwandlung als die von Plagioklasen freien Glieder dieser Gesteinsart. Da die Hornblende schwieriger verwittert als der Augit (S. 87), so liefert der aus Plagioklas und Hornblende bestehende *Diorit* (§ 36, 2) einen an feinerdiger Masse armen steinigen Boden, während der aus Plagioklas und Augit gebildete *Diabas* (§ 36, 3) ziemlich schnell zu fruchtbarem, tiefgründigem Boden zerfällt.

Von großer Bedeutung für die leichtere oder schwerere Verwitterung eines Gesteins ist der Gehalt an *niederen Oxydationsstufen des Eisens*, an Ferrioxyd ( $\text{FeO}$ ) und Ferroferrioxyd ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ). Sie werden entweder durch die im Wasser gelöste Kohlensäure in Ferrokarbonat übergeführt, das, in kohlensäurehaltigem Wasser sich lösend, aus dem Gestein austritt, oder unter dem Einfluß des zutretenden Sauerstoffs oxydiert. Beide Prozesse wirken lockernd auf den Gesteinsverband. Der Übergang der dunkel (grün) gefärbten Ferroverbindungen in gelbrotes Ferrioxyd oder in braunrotes Ferrihydroxyd macht sich äußerlich durch den Farbenwechsel bemerkbar, der beim Übergang des unverwitterten Gesteins in Boden sich vollzieht (§ 43). Von der Oberfläche nach unten hin geht die Farbe solcher Böden nicht selten von gelbrot in braunrot, in rot und grün gemengt und schließlich in das Grün des bodenbildenden Gesteins über, eine Aufeinanderfolge von Farben, die ein Urteil über die Tiefe zuläßt, bis zu der die Verwitterung sich erstreckt. An Ferrooxyd reich sind von den plutonischen Gesteinen namentlich die „basischen“, wie Basalt, Dolerit, Diabas, Melaphyr u. a. Die Sedimentärgesteine, die aus ihnen durch Verwitterung und Verschwemmung hervorgegangen sind, pflegen naturgemäß an niederen Oxydationsstufen des Eisens ärmer zu sein, falls solche nicht nachträglich durch Reduktionsprozesse innerhalb des neugebildeten Gesteins aus dessen Oxyden sich zurückgebildet haben (§ 24). Am häufigsten kommen sie hier in den *Tongesteinen* vor.



Ein hoher Gehalt der Gesteine an *Calciumverbindungen*, die durch Wasser und Kohlensäure in Karbonat umgewandelt und ausgewaschen werden, wirkt gleichfalls auf ihre rasche Umbildung zu Boden hin. Auch aus diesem Grunde zerfallen die kalkreichen *basischen* Urgesteine schneller als die *sauren*, und erstere liefern daher im allgemeinen einen tiefgründigeren Boden als die letzteren. Der an Calcium- und Magnesiumsilikat reiche *Basalt* wird bei der Verwitterung infolge der Bildung und Fortführung von Calcium- und Magnesiumkarbonat<sup>1)</sup> an Calcium und Magnesium immer ärmer, während andere schwerer lösliche Bestandteile sich anhäufen.

So fand man in hundert Teilen:

	des ursprünglichen Gesteins	der ersten Verwitterungsstufe	der zweiten Verwitterungsstufe
Kalk (CaO) . . . .	14,6	10,6	3,7
Magnesia (MgO) . .	7,3	7,1	1,3
Tonerde (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) . .	17,1	19,8	32,5
Eisenoxyd (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	7,7	8,4	9,2

Schneller noch findet natürlich der Zerfall des Gesteins statt, wenn darin fertiggebildete *Karbonate* enthalten sind. Infolge der Auswaschung wird die Gesteinsmasse und der daraus entstehende Boden insbesondere an Calciumkarbonat immer ärmer, an anderen Bestandteilen reicher. Von der Entkalkung der Geschiebemergel-Böden war schon früher die Rede (S. 70). Ein sehr lehrreiches Beispiel liefern auch die Untersuchungen E. v. Wolffs über die Bodenbildung aus dolomitischem Muschelkalkstein.

Es enthielt:

	das ursprüngliche Gestein %	die erste Verwitterungsstufe %	die zweite Verwitterungsstufe <sup>2)</sup> %
Calciumkarbonat (CaCO <sub>3</sub> ) . . . .	77,9	47,8	35,2
Magnesiumkarbonat (MgCO <sub>3</sub> ) . .	16,6	34,9	22,8 <sup>3)</sup>
Tonerde (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) . . . . .	0,8	2,6	7,7
Kieselerde (SiO <sub>2</sub> ) . . . . .	3,1	9,8	24,7
Kali (K <sub>2</sub> O) . . . . .	0,27	1,12	2,82
Phosphorsäure (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) . . . . .	0,08	0,16	0,42
Eisenoxyd (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) . . . . .	0,65	1,69	2,15

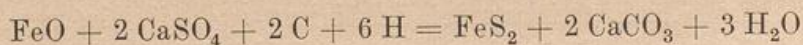
<sup>1)</sup> In einem gewissen Verwitterungsstadium weist der zu Boden zerfallende Basalt einen mehr oder weniger großen Gehalt an Karbonaten auf.

<sup>2)</sup> Das ursprüngliche Gestein war sehr fest, die „erste Verwitterungsstufe“ bereits ziemlich mürbe geworden, die „zweite Verwitterungsstufe“ zum Teil zu leicht zerreiblichen Gesteinsbröckeln, zum Teil zu lockerem Pulver auseinander gefallen, ohne schon den Zustand eines „Kulturbodens“ erlangt zu haben.

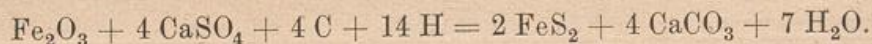
<sup>3)</sup> In diesen Zahlen macht sich zugleich die größere Widerstandsfähigkeit des Magnesiumkarbonates gegenüber dem Calciumkarbonat bemerklich. Erst wenn der größere Teil des Calciumkarbonates durch Auswaschung entfernt ist, unterliegt das Magnesiumkarbonat der Auflösung (§ 46).



Die Verarmung der äußersten Verwitterungsrinde der bodenbildenden Gesteine an Karbonaten kann so weit gehen, daß im Interesse der landwirtschaftlichen Kultur eine künstliche Zufuhr von Kalk oder Mergel nötig wird. Nicht selten kann das hierzu nötige Material dem tieferen Untergrund entnommen werden. So bringt man z. B. auf den Marschböden (S. 79), deren äußerst fein verteilte Karbonate der Auswaschung besonders leicht unterliegen, zum Ersatz die an Calciumkarbonat noch reiche Erde der tieferen Schichten („Kuhlerde“ oder „Wühlerde“) zur Oberfläche („Kuhlen“, „Wühlen“, „Überkleien“). — Auch die stellenweise über Marschboden als Untergrund aufgewachsenen Moore („Marschmoore“, s. u.) sucht man vielerwärts durch Aufbringen von Marscherde aus dem Untergrund, die man mittels besonderer Hebevorrichtungen („Kuhlmaschinen“) bisweilen aus sehr beträchtlicher Tiefe gewirnt, zu verbessern und insbesondere mit Kalk anzureichern. Unter dem Einfluß der vermodernden Moorpflanzen haben jedoch die unmittelbar unter dem Moor liegenden oder auch die tieferen, stark mit Pflanzenresten durchsetzten und stets Calciumsulfat,  $\text{CaSO}_4$ , enthaltenden Marschbodenschichten Veränderungen erlitten, die sie für den beregten Zweck völlig untauglich machen können. Aus ihren schwefelsauren Salzen und Ferro- oder Ferrioxyd ist durch Reduktion (§ 24) Zweifachschwefeleisen entstanden. Die Umsetzung läßt sich durch folgende chemische Gleichungen veranschaulichen:



oder



Wird dieser an sich unschädliche Stoff an die Oberfläche gebracht, so geht er unter der Einwirkung des Luftsauerstoffs in zwei starke Pflanzengifte, nämlich in freie Schwefelsäure und Ferrosulfat (in wasserhaltigem Zustande „Eisenvitriol“ genannt) über (S. 49). Solange genügende Mengen von Calciumkarbonat vorhanden sind, erfahren, wie früher (a. a. O.) erwähnt wurde, jene Schädlinge eine heilsame Umwandlung, ist aber das Calciumkarbonat aus der betreffenden Bodenschicht ausgelaugt (was unter der Einwirkung der aus pflanzlichen Resten reichlich entwickelten Kohlensäure häufig der Fall ist), so lassen sie ein Pflanzenwachstum nicht mehr aufkommen. Die schwefeleisenhaltige und dabei ihres Calciumkarbonates ganz oder fast ganz beraubte Marscherde bezeichnet man im nordwestlichen Deutschland als „Gifterde“, „Pulvererde“, „Bettelerde“ oder „Maibolt“<sup>1)</sup>. Man schützt sich vor ihr dadurch, daß man den von den

<sup>1)</sup> Der Unterschied zwischen brauchbarer und der durch Reduktion und Auslaugung ungünstig veränderten Marscherde geht deutlich aus folgenden Untersuchungsergebnissen der Moorversuchsstation hervor. Es enthielten in



Kühlmaschinen aufgehobenen Boden nur dann verwendet, wenn er beim Übergießen mit Salzsäure aufbraust. (Entweichen von Kohlendioxyd.)

Infolge der starken Auswaschung, der die Karbonatminerale unterliegen, kann es vorkommen, daß von einem ursprünglich fast ausschließlich aus Kalkstein, Magnesit, Dolomit bestehenden Gestein bloß die beigemengten schwerlöslichen Mineralien wie Ton, Sand, Eisenoxyd zurückbleiben, und der Charakter des entstehenden Bodens sich ausschließlich nach dem Vorwiegen dieses oder jenes *zufälligen* Bestandteils des ursprünglichen Gesteins richtet.

### § 53.

**Einfluß der bei der Verwitterung mitwirkenden Mengen von Wasser und der Art und Menge der im Wasser gelösten Stoffe. Die Salzablagerung.** Bei der verschiedenen Löslichkeit der einzelnen Gesteinsbestandteile in kohlensäurehaltigem Wasser können die aus einem und demselben Gestein hervorgehenden Böden sehr verschiedenartig sein, je nachdem der Verwitterungsprozeß in Anwesenheit von viel oder wenig Wasser sich vollzieht. Im ersteren Falle wird mit den leichter löslichen Bestandteilen auch ein größerer Teil der Kieselsäure in Lösung gebracht und entfernt, im anderen werden fast nur die leichter löslichen Bestandteile fortgeführt, und es bleibt ein an Kieselerde reicherer Boden zurück. Ebenso bewirkt ein größerer Gehalt des Wassers an Kohlensäure eine schnelle Verwitterung, bei der die in Karbonate umgewandelten Basen der Silikate rasch entführt werden und die schwer lösliche Kieselerde zurückbleibt, während bei geringerem Kohlensäuregehalt die Verwitterung langsam vorschreitet, und die geringen Mengen ausgeschiedener Kieselerde zugleich mit den entstandenen Karbonaten fortgespült werden. Die Art der Salze, die das Wasser gelöst enthält, ist bestimmend für die Gesteinsumwandlungen, die man als „komplizierte“ Verwitterung bezeichnet (§ 50), also auch für die Art des sich bildenden Bodens. Aus reinem *Kalkstein* kann ein an Magnesiumkarbonat reicher Boden entstehen, wenn Lösungen dieses Salzes auf jenen einwirken. Eine Lösung von Magnesiumkarbonat ist imstande, noch große Mengen von Calciumkarbonat aufzunehmen; beide Salze bilden

100 Teilen der von Wasser und von organischen Beimengungen frei gedachten Masse:

	Gute Marscherde	Maibolt
Calcium- und Magnesiumkarbonat . . . . .	8,58 Teile	2,43 Teile
Schwefeleisen . . . . .	2,18 „	9,77 „
Ferrisulfat *) . . . . .	0,00 „	1,50 „
Freie Schwefelsäure *) . . . . .	0,00 „	0,45 „

\* Bei längerem Liegen der Probe an der Luft aus Schwefeleisen entstanden.



schwerlöslichen *Dolomit*, der sich ausscheidet, während leichtlösliches saures Calciumkarbonat vom Wasser fortgeführt und an anderen Stellen abgelagert werden kann. Kommen *eisenreiche* Gesteine, z. B. Tone, mit den Lösungen von Calciumphosphat in kohlensäurehaltigem Wasser zusammen, so entsteht ein schwerlösliches Eisenphosphat, das im Boden zurückbleibt. *Kaliumreiche*, an Calciumverbindungen arme Gesteine können *calciumreiche* und kaliumarme Böden liefern, wenn sie mit großen Mengen calciumkarbonathaltigen Wassers in Berührung sind; denn Kaliumsilikat und saures Calciumkarbonat setzen sich zu leichtlöslichem Kaliumkarbonat um, während Kieselerde und normales Calciumkarbonat ausgeschieden werden. Unter Einwirkung von *kaliumkarbonathaltigem* Wasser kann in *natriumsilikathaltigen* Gesteinen das Natrium durch Kalium ersetzt, also die Bildung eines an Kalium reichen Bodens hervorgerufen werden, während das entstandene Natriumkarbonat fortgewaschen wird. Lösungen von Kalium- und Natriumsilikat können Tonerde in Lösung bringen und so die Bildung eines tonärmeren Bodens aus einem an Aluminiumsilikat reichen Gestein veranlassen. Dahin gehört ferner die Bildung von Schwefeleisen bei Einwirkung von eisenkarbonathaltigem Wasser auf Gips (S. 49). Weitere Umsetzungen s. § 51.

Zu den bedeutsamsten Vorgängen bei der Bodenbildung gehört die *Entstehung der Salzlager*, wie sie in verschiedenen geologischen Perioden stattgefunden hat. Nach der herrschenden Vorstellung von der Bildung der Erdrinde sind die im Wasser und vornehmlich im Meereswasser gelösten Stoffe im wesentlichen <sup>1)</sup> ursprünglich Bestandteile der plutonischen Urgesteine gewesen. Bei der Zerstörung des Gesteinszusammenhanges durch die oben eingehend erörterten Vorgänge wurden die im Wasser besonders leichtlöslichen Mineralien vom Wasser am weitesten fortgeführt; sie sammelten sich schließlich im Meereswasser und verleihen diesem seinen salzigen Geschmack und sein hohes spezifisches Gewicht. Der Gehalt des Seewassers an festen Stoffen schwankt infolge der ungleichen Wasserverdunstung in den verschiedenen Gegenden und je nach der Größe der in das Seewasser eintretenden Süßwasser- oder Eismengen. Der Salzgehalt des Atlantischen Ozeans beträgt etwa 3,6 %, der des Mittelmeeres 3,96—4,16 %, dagegen der der Ostsee nur etwa 1—2 %. Im Durchschnitt bestehen die im Meerwasser gelösten Salze aus 78 % Chlor-

---

<sup>1)</sup> Ein Teil der bei sehr hoher Temperatur luftförmigen Chloride, Fluoride u. a. Verbindungen mag allerdings in der Zeit, da die Erstarrungskruste des glutflüssigen Erdballs sich bildete, neben dem damals ausschließlich in Dampf- form befindlichen Wasser in der den Erdkörper umgebenden Lufthülle vorhanden gewesen sein und bei weiterer Abkühlung, ohne Gesteinsbestandteil zu werden, in dem allmählich flüssig werdenden Wasser sich gelöst haben.



natrium, 9,6 % Chlormagnesium, 6,5 % Magnesiumsulfat, 3,7 % Calciumsulfat, 1,8 % Chlorkalium und 0,1 % saures Calciumkarbonat <sup>1)</sup>).

In Binnenseen oder in abgeschnürten Meeresbuchten, welche zwar dem Zufluß, nicht aber dem Wiederabströmen von Seewasser günstig sind, kann sich das Salzwasser infolge der Verdunstung des Wassers derartig konzentrieren, daß die gelösten Stoffe zur Ausscheidung gelangen. Solche Vorgänge finden noch jetzt z. B. im Toten Meer und im Großen Salzsee von Utah in Nordamerika statt, und ihnen verdanken auch die gewaltigen, bis 1600 m mächtigen Salzablagerungen im nördlichen Deutschland während der Zechsteinperiode ihre Entstehung. Höchstwahrscheinlich haben sie sich in einem Becken gebildet, welches von der offenen See durch eine wohl das Zuströmen von Seewasser zulassende, aber das Abfließen hindernde Barre getrennt war. Aus der durch stetige Wasserverdunstung immer dichter werdenden Salzlake schieden sich zunächst die am schwersten löslichen Bestandteile — insbesondere Calciumsulfat in Form von Anhydrit (§ 23) — aus, es folgte das Chlornatrium (Steinsalz), von dem sich infolge des stetigen Ersatzes des verdunstenden Wassers durch neues Salzwasser besonders große Massen absetzten. Die in Wasser leichter löslichen Salze kamen aus der darüber stehenden Flüssigkeit unter Bildung zahlreicher Doppelsalze (§§ 23, 27) erst dann zum Absatz, als die verdunstenden Wassermengen das hinzutretende Seewasser überwogen und der Zulauf des letzteren schließlich ganz aufhörte <sup>2)</sup>).

Ein ähnlicher Prozeß hat zweifellos bei allen Salzablagerungen stattgefunden; wenn sich im Gegensatz zu den meisten übrigen Salzvorkommen bei den deutschen Salzlagerstätten die besonders wertvollen, das Steinsalz überdeckenden Kalisalze ganz oder zum großen Teil auf ihrer Bildungsstätte erhalten haben, so ist dafür der glückliche Umstand verantwortlich zu machen, daß sie zu rechter Zeit von einer durch die Winde herbeigeführten lößartigen Bodenschicht überlagert worden sind, die sie vor dem Zutritt des Wassers geschützt hat.

<sup>1)</sup> Neben den obengenannten Salzen finden sich im Meereswasser noch in geringer Menge Verbindungen von Brom-, Jod-, Fluor- und anderen Elementen.

<sup>2)</sup> Diese bei der bergmännischen Gewinnung des Steinsalzes erst abzuräumenden Salze pflegt man als „Abraumsalze“ zu bezeichnen. — Der oben geschilderte Vorgang ist durchaus mit den Erscheinungen zu vergleichen, die man beim Eindampfen einer Salzlösung („Salzsole“) in der Salzpflanne beobachtet: zuerst Absatz und Auskristallisieren der schwerer löslichen Stoffe, während die „Mutterlauge“ sich immer stärker konzentriert und ihre leichtlöslichen Bestandteile erst absetzt, wenn das Wasser ganz oder zum größten Teil verflüchtigt ist. — Übrigens finden sich in der Natur nicht selten über den „Abraumsalzen“ wieder Steinsalzbildungen mit oder ohne Überlagerung von Abraumsalzen, ein Zeichen dafür, daß in späteren Zeiten ein neuer Einbruch von Meereswasser und eine Ablagerung von „jüngeren Steinsalz“ erfolgt ist.



## § 54.

Die Erörterungen über die Bodenbildung lassen klar erkennen, daß ein und dasselbe Gestein sehr verschiedenartige Böden liefern kann, je nach den Umständen, unter denen seine Verwitterung sich vollzieht. Je nachdem z. B. größere Mengen von fließendem, die löslich gewordenen Bestandteile fortführendem Wasser mit dem zerfallendem Gestein in Berührung kommen oder nicht, kann der Granit unfruchtbaren Sand- oder einen fruchtbaren Lehm Boden liefern, kann aus *Tonschiefer* ein an Kali und Kalk reicher und in anderen Fällen ein Boden hervorgehen, der nur Spuren dieser Stoffe enthält. Aus *Basalt* kann unter Umständen ein Boden gebildet werden, der in seiner Zusammensetzung sich nur wenig von dem ursprünglichen Gestein unterscheidet, unter anderen Verhältnissen kann aus dem an Kalk, Kali, Phosphorsäure reichen Muttergestein ein von diesen Stoffen fast freier Boden entstehen. Bezeichnungen, die bloß die Herkunft eines Bodens erkennen lassen, wie *Granitboden*, *Gneisboden*, *Basaltboden*, *Porphyrboden* u. a., bieten mithin keinerlei Handhabe, um den landwirtschaftlichen Wert der fraglichen Bodenarten zu ermessen.

#### D. Umwandlung der festen Erdrinde unter dem Einfluß vegetativer Kräfte.

Die früheren Erörterungen haben dargetan, daß chemische und mechanische Vorgänge unablässig an der Zerstörung der festen Erdrinde arbeiten und dadurch zugleich das Material für die mannigfachsten Neugestaltungen schaffen. Ebenso führen die pflanzlichen und tierischen Wesen, welche die Erde bevölkern, sowohl durch ihre Lebenstätigkeit als durch ihre abgestorbenen und der Zersetzung anheimfallenden Leiber einerseits den Zerfall des Bestehenden und andererseits den Aufbau neuer Gebilde herbei. Der Beteiligung tierischer und pflanzlicher Wesen an der Entstehung des Kieselgurs, der Kreide, des Muschel- und Korallenkalkes, des Kalktufts, Wiesenkalks und des Salpeters ist früher bereits gedacht worden (S. 30; 43, 68, 52). Auch an der manchenorts vorkommenden Aufspeicherung von Phosphaten haben zweifellos vielfach Pflanzen und Tiere mitgewirkt. Den Resten von Seetieren verdanken höchstwahrscheinlich die *Petroleumansammlungen*<sup>1)</sup>, einer üppigen Pflanzenvegetation die *Steinkohlen-* und *Braunkohlenlager* ihre Entstehung. Aber die Mitwirkung tierischer und pflanzlicher Wesen an der Umgestaltung der Erdrinde beschränkt sich

<sup>1)</sup> Dieser besonders von K. Engler vertretenen Ansicht gegenüber sieht G. Kraemer die Muttersubstanz des Erdöls in den wachsartigen Bestandteilen von Algenansammlungen, wie sie sich in den tieferen Schichten zahlreicher Torfablagerungen finden.