



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die Bodenkunde auf chemisch-physikalischer Grundlage

Fleischer, Moritz

Berlin, 1922

§§ 106 bis 109. Die Bodenabsorption

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

Gesteinstrümmer (gröberer Quarz, Kalk, Phosphate, schwerer oder leichter verwitternde Silikate u. a. m.), nach mehr als einer Richtung schätzbare Anhaltspunkte für die Beurteilung des augenblicklichen und des dauernden Fruchtbarkeitszustandes mancher Bodenarten bietet. Sie belehrt darüber, ob man von einem Boden eine gewisse *Nachhaltigkeit* erwarten darf oder auf baldige *Erschöpfung* rechnen muß. Sie läßt ferner mit größter Sicherheit erkennen, ob gewisse, für die Pflanzen notwendige Stoffe in so geringer Menge vorhanden sind, daß sie, selbst wenn völlig aufnehmbar, für die Erzielung größerer Ernten nicht ausreichen. So ist leicht zu berechnen, daß der *Kali*- und allermeist auch der *Phosphorsäure*gehalt der *Moorböden*, bisweilen auch der *Sandböden*, nicht ausreichen würde, um normale Ernten weniger Jahre zu versorgen. Auch der durch die Analyse ermittelte *Kalk*- und *Stickstoff*gehalt der Sand- und *Moorböden* läßt in den allermeisten Fällen einen zuverlässigen Schluß zu, ob ihnen in der Düngung diese Stoffe zugeführt werden müssen oder nicht. Weit schwieriger liegen die Verhältnisse bei den *Ton*- und *Lehmböden*.

Nach den vorstehenden Erörterungen erscheint in den meisten Böden ein reiches Gedeihen der Pflanzen nur dann gesichert, wenn diese die notwendigen Nährstoffe nicht bloß in Form der festen Bodenbestandteile, sondern auch im Bodenwasser gelöst vorfinden. Der Gehalt der Bodenflüssigkeit an Pflanzennährstoffen steht aber in innigster Beziehung zu einer allen Böden in größerem oder geringerem Maß eigentümlichen Fähigkeit, gewisse im Bodenwasser gelöste Stoffe aus ihrer Lösung auszuschcheiden und bis zu einem gewissen Grade festzulegen. Diese Fähigkeit nennt man das *Absorptionsvermögen* des Bodens. Sie ist auf Ursachen teils chemischer, teils physikalischer, teils chemisch-physikalischer Natur zurückzuführen.

§ 106.

Die Bodenabsorption. Läßt man durch einen Boden eine Lösung von Kaliumchlorid hindurchsickern, so wird ein Teil des Kaliums von ihm festgehalten; das ablaufende Wasser enthält den anderen Teil des zugeführten Kaliums, während das Chlor in ganzer Menge wiedererscheint, nun aber zu einem dem Kaliumdefizit entsprechenden Teil an ein anderes, aus dem Boden aufgenommenes Metall, z. B. an Natrium oder Calcium, gebunden ist. Diese Erscheinung bezeichnet man als *Bodenabsorption*. Das Absorptionsvermögen des Bodens macht sich, wie schon das obige Beispiel erkennen läßt, für verschiedene Stoffe in sehr verschiedenem Maße bemerklich. Im allgemeinen glaubt man annehmen zu dürfen, daß von den in Frage kommenden Stoffen *Phosphorsäure*, *Kalium* und *Ammonium* am stärksten, in geringerem Grade *Natrium*, noch schwächer *Calcium* und *Magnesium* und gar nicht oder fast nicht *Chlor*, *Schwefel*-

säure und *Salpetersäure* absorbiert werden. Am leichtesten verständlich ist die Absorption solcher Stoffe, die unmittelbar mit gewissen Bodenbestandteilen unlösliche oder schwerlösliche Verbindungen eingehen. Lösliche *Phosphorsäuresalze* finden im Boden Calcium- oder Eisenverbindungen mit denen sie sich zu schwerlöslichem Calciumphosphat oder Eisenphosphat umsetzen, das dann als fester Bodenbestandteil zurückbleibt. In ähnlicher Weise kann die Anwesenheit freier Humussäure, freier Kieselsäure (deren Vorkommen im Boden allerdings problematisch ist S. 31) auf die Abscheidung von gelöstem *Kalium*, *Calcium*, *Magnesium* u. a. in Form der schwerlöslichen Humate und Silikate hinwirken. Der größere Teil der Absorptionserscheinungen ist aber zweifellos auf verwickeltere Vorgänge, nämlich auf Wechselzersetzungen der im Boden vorkommenden Doppelsilikate mit den im Bodenwasser gelösten Salzen, also auf Wirkungen zurückzuführen, die oben als „komplizierte Verwitterung“ bezeichnet und eingehender erörtert wurden (§ 50).

Insbesondere sind es die in der *Feinerde* der Böden enthaltenen *wasserhaltigen*, leicht zersetzlichen *Doppelsilikate* und unter diesen besonders die Zeolithe ¹⁾, die mit den im Bodenwasser gelösten Verbindungen in Wechselwirkung treten, z. B. in der Weise, daß ein wasserhaltiges Natrium-Aluminiumsilikat in Berührung mit gelöstem Kaliumsulfat gegen einen Teil seines Natriums Kalium eintauscht (also Kalium „absorbiert“), während das ausgetretene Natrium mit der frei gewordenen Schwefelsäure Natriumsulfat bildet und der Auswaschung durch das Bodenwasser verfällt („Basenaustausch“). So ist ferner eine Festlegung von Ammonium durch Calciumzeolith nachgewiesen worden (Th. Pfeiffer und A. Einecke). Das *Maß* derartiger Umsetzungen und die *Art der Endprodukte* hängt, wie früher eingehend besprochen wurde, von der chemischen Affinität (Verwandtschaft) und der Menge der in Wirkung tretenden Stoffe, so namentlich auch des Wassers, ab. Sind die auf die festen Bodenbestandteile, z. B. auf den Zeolith, einwirkenden Salze in *großen* Wassermengen gelöst, so wirkt auch immer nur eine geringe Menge von Salzteilchen auf die festen Teile des Zeoliths ein, die Umsetzung vollzieht sich langsam, es kann ein großer Teil der absorptionsfähigen Stoffe durch das Bodenwasser aus dem Bereich des chemischen Vorganges entfernt, ja, wenn

¹⁾ S. S. 35 u. 41. In der Bodenkunde rechnet man gewöhnlich zu den „Zeolithen“ alle jene Doppelsilikate, denen eine besonders große Umsetzungsfähigkeit mit Salzen eigen ist (z. B. auch den Leucit). Daß diese Mineralien für die Absorptionserscheinungen von großer Bedeutung sind, geht besonders daraus hervor, daß die Böden mit hervorragendem Absorptionsvermögen besonders reich an Zeolithen sind, und daß die Absorptionskraft durch die Zerstörung des letzteren, durch Einwirkung von starken Säuren oder durch Glühen vernichtet, dagegen durch Zusatz gewisser Silikate erhöht werden kann.

sich die Wassermenge noch vermehrt, der bereits absorbierte Stoff mit den absorbierenden Bodenbestandteilen wieder in Lösung gebracht und ausgewaschen werden. Umgekehrt wird, falls die absorptionsfähigen Salze in *kleinen* Wassermengen gelöst sind, der Angriff auf die festen Bodenbestandteile ein energischerer sein und die Absorption schnell erfolgen¹⁾.

§ 107.

Die soeben geschilderten Vorgänge lassen sich durchweg ungezwungen durch chemische Umsetzungen erklären, bei denen gewisse früher leicht bewegliche Stoffe in schwerlöslichen Verbindungen festgelegt werden. Andere Festlegungen erfolgen unter (Umständen, die die Wirkung chemischer Kräfte ausschließen. Es ist eine bekannte Tatsache, daß manche feste Körper, z. B. Holzkohle, Platin u. a., Gase in ihren Poren oder auch an ihrer äußeren Oberfläche verdichten und mit großer Energie festhalten. Tonsubstanzen saugen begierig Fette und Öle in sich auf. Tierische Kohle entzieht gefärbten Flüssigkeiten ihren Farbstoff. Auch bei diesen Erscheinungen kann man von Absorption sprechen. Aber sie wird hier nicht durch chemische Umsetzungen, sondern durch die Flächenanziehung hervorgerufen, die gewisse feste Stoffe auf andere luftförmige, flüssige oder feste Stoffe ausüben. Sie ist ausschließlich oder fast ausschließlich eine physikalische Erscheinung und zum überwiegenden Teil an jene Bodenbestandteile geknüpft, die man Bodenkolloide nennt und deren Eigenschaften eben besprochen worden sind (§ 84). Wie schon früher erwähnt wurde, bezeichnet man diese auf „Oberflächenenergie“ beruhenden Absorptionsvorgänge als *physikalische Absorption* oder nach einem Vorschlag von W. Ostwald als „*Adsorption*“. Als eine fast rein physikalische Wirkung²⁾ ist die Absorption des Wassers durch die Bodenkolloide anzusehen.

In § 84 ist das Festhaltungsvermögen kolloidreicher Böden für Wasser und das Nachlassen desselben bei Verlust der kolloidalen Eigenschaften

¹⁾ Mit diesen Erwägungen steht eine große Reihe von leicht zu beobachtenden Tatsachen in vollem Einklang. Die Menge der absorbierten Stoffe schwankt je nach den *Mengen*, in denen diese dem Boden zugeführt werden, und nach ihrer *Verbindungsform*. — Aus *konzentrierten* Lösungen werden größere Mengen absorptionsfähiger Stoffe durch den Boden zurückgehalten, als aus *verdünnteren*. — Starke Regengüsse oder seitlich in den Boden eindringende Wassermassen können dem Boden große Mengen von bereits absorbierten Stoffen *entziehen*. — Bei Bewässerungsanlagen werden durch das Rieselwasser nicht selten größere Nährstoffmengen aus dem Boden ausgelaugt als zugeführt, wenn dasselbe an Nährstoffen selbst sehr arm ist (S. 173) u. a. m.

²⁾ *Chemisch* gebundenes Wasser ist für die Pflanzen belanglos, weil es von diesen nicht aufgenommen werden kann (s. auch die Anmerkung zu den Ausführungen über Einwirkung der Kalisalze auf die Spätfröste [S. 180].

eingehend besprochen worden. Aber die Kolloide können auch auf andere — luftförmige wie feste — Stoffe adsorptiv wirken. So werden nach Untersuchungen der *Moor-Versuchsstation* (Dr. A. König, Landw. Jahrb. 1881) von saurem, von Zeolithen völlig freiem Moostorf ansehnliche Mengen von Ammoniak festgelegt, wobei es sich nicht etwa um eine Umwandlung in eine schwerlösliche Verbindung handelt, da das Ammonhumat leicht löslich in Wasser ist.

Aus weiteren Untersuchungen der Moor-Versuchsstation geht hervor, daß Einwirkungen, durch welche die kolloidalen Eigenschaften abgeschwächt oder zerstört werden, gewisse, vorher den Pflanzen nicht zugängliche Nährstoffe in Freiheit setzen, so daß sie jetzt den Pflanzen zugute kommen können. So geben stickstoffreiche Moore nach dem Austrocknen weit mehr Stickstoff an schwache Lösungsmittel ab als im wasserhaltigen Zustand (Dr. Brunnemann, 2. Bericht über die Arbeiten der Moor-Versuchsstation, 1886). Nicht gebrannte Hochmoorböden, die ohne Phosphorsäurezufuhr ganz unbefriedigende Ernten an Kartoffeln, Hafer, Gerste, Erbsen brachten, konnten eine Phosphorsäurezufuhr ganz entbehren, wenn sie ein oder zwei Jahre der Brennkultur (s. u. S. 221, Anm.) unterlegen hatten. (Fleischer, 3. Bericht der Arbeiten der Moor-Versuchsstation 1891). Daß hierbei nicht eine Überführung der zur Pflanzenernährung untauglichen organischen Phosphorverbindungen (Lecithin, Nuklein) in aufnehmbare Phosphorsäuresalze in Frage kam, ging mit großer Deutlichkeit aus der Beobachtung von Br. Tacke¹⁾ hervor, daß eine gleiche Wirkung schon durch Austrocknen des Moores an der Luft, ja schon dadadurch erzielt wurde, daß man durch Behandlung des Bodens mit Alkohol, Äther, Glycerin ihm einen Teil seines Wassers entzog²⁾. Weiterhin wurde durch Tacke und H. Immendorff festgestellt, daß durch Trocknen von Heidemoor dessen Kalk, Magnesia, Kali in Wasser löslicher wurde¹⁾.

Auch auf mineralischen Böden hat man eine gleiche Wirkung der Abschwächung des kolloidalen Festhaltungsvermögens beobachtet. So berichtet J. Vanha³⁾, daß auf einem Boden, den man zur Zerstörung schädlicher Kleinlebewesen erhitzt hatte, die Ernten um so höher ausfielen, je stärker der Boden ausgetrocknet war.

Das auch bei uns in früheren Zeiten viel geübte „*Rasembrennen*“ verfolgte nicht nur den Zweck, durch die Aschenbestandteile den wild-

¹⁾ Vierter Bericht über die Arbeiten der Moor-Versuchsstation, Landw. Jahrbücher 1898, Ergänzungsband T.

²⁾ Die Beobachtungen über das Verhalten der Phosphorsäure dem Moorboden gegenüber sind besonders interessant, weil sie eine physikalische Bindung der Phosphorsäure nachweisen, während man bisher in der Absorption dieser Säure immer nur eine chemische Wirkung erblickt hatte.

³⁾ Österr.-ungar. Zeitschrift für Zuckerindustrie, Jahrg. 1901, S. 146.

Fleischer, Die Bodenkunde, 5. Aufl.

wachsenden Pflanzen den Boden zu düngen, sondern auch die physikalischen Bodeneigenschaften günstiger zu gestalten ¹⁾ (wohl hauptsächlich dadurch, daß die feste kolloidale Bindung notwendiger Nährstoffe gelockert wurde).

Es dürfte auch nicht zweifelhaft sein, daß die Wirkungen des *Frostes* auf Kolloide (s. S. 158), z. B. auf die Minderung ihrer Wasserkapazität, sich darin äußern werden, daß kolloidreiche Böden nach dem Gefrieren einen Teil der festgebundenen Pflanzennährstoffe nunmehr den Pflanzen zur Verfügung stellen.

Nach den vorstehenden Darlegungen kommen für die Festhaltung gewisser Stoffe im Boden bald chemische, bald physikalische Wirkungen in Frage. Daß dabei Absorption und Adsorption gleichzeitig oder unmittelbar aufeinander folgend beteiligt sein können, mag hier nur angedeutet werden. Die Erkenntnis der Tatsache stützt sich unter anderem auf Untersuchungen mit einem künstlich hergestellten zeolithartigen, amorphen Doppelsilikat, dem „*Calciumpermutit*“ ²⁾, das sowohl durch chemischen Basenaustausch als durch seine kolloidalen Eigenschaften auf gewisse Stoffe bindend wirkt ³⁾.

§ 108.

Bedeutung der Absorptions- und der Adsorptionsvorgänge. Das Absorptionsvermögen für gewisse wichtige Pflanzennährstoffe ist für den Haushalt des Bodens und in erster Linie für seine Aufgabe, den Pflanzen als Nährstoffbehälter zu dienen, von größter Bedeutung. Die Absorptionsvorgänge verhüten es, daß jene Nährstoffe, mögen sie von Natur im Boden enthalten sein und durch den unablässig fortschreitenden Verwitterungsprozeß löslich werden, oder mögen sie durch den Dünger in die Acker- und Wiesenerde gelangen, in ganzer Menge dem auswaschenden

¹⁾ Nach F. Arends, Das Rasenbrennen, Hannover 1826, nehmen die Tonböden infolge des Brennens eine „milde“, krümelige Beschaffenheit an und sind dann leichter als vorher zu bearbeiten. Auch auf den schwereren Tonböden der Eifel ist die „Schiffelkultur“, ein Verfahren, wobei die flachgeschälte Pflanzendecke in kleinen Haufen über die Fläche verteilt und nach dem Abtrocknen verbrannt wurde, lange Zeit ausgeführt worden. Man wird überhaupt annehmen dürfen, daß das Brennen des Bodens in dieser oder jener Form eines der ältesten Mittel gewesen ist, um dem Boden Nahrung für Mensch und Tier abzugewinnen, und daß die „Brennkultur“ somit in der Entwicklungsgeschichte der Menschheit eine hochbedeutsame Rolle gespielt hat. (S. darüber Prof. Dr. Ed. Hahn, Die Brandwirtschaft in der Bodenkultur. — Nachrichten aus dem „Klub der Landwirte“ Berlin, Jahrg. 1910, S. 5052.)

²⁾ Zu Wasserreinigungszwecken von der Firma J. Riedel-Berlin nach Vorschlägen von R. Gans hergestellt und in den Handel gebracht.

³⁾ S. G. Wiegner, Journ. f. Landw., 60. Bd., Jahrg. 1912, S. 111, 197.

Einfluß der atmosphärischen Niederschläge verfallen. Allerdings ist die Zugänglichkeit der absorbierten Stoffe für die Pflanzen erschwert, aber bei ihrer äußerst feinen Zerteilung durchaus nicht aufgehoben. Ihre Aufnahmefähigkeit liegt zwischen der der im Bodenwasser gelösten und der zunächst noch unlöslichen Bodenbestandteile. (S. darüber das unten Folgende.) Ferner üben sie auf die Konzentration der Bodenflüssigkeit eine regelnde Wirkung aus. Es ist festgestellt, daß Nährstofflösungen, die in 1000 Teilen Wasser mehr als wenige Teile gelöster Salze enthalten, das Gedeihen der Pflanzen unheilvoll beeinflussen. Je mehr aber infolge der Verdunstung der prozentische Gehalt des Bodenwassers an gelösten Nährstoffen steigt, um so energischer wird die Absorption, um so mehr wird durch die Bodenbestandteile festgelegt, also der Lösung entzogen¹⁾.

Aus der Bodenlösung nehmen die Pflanzen den größeren Teil ihrer Nahrung auf. Dadurch wird sie fortwährend verdünnt und somit fähig gemacht, die vorher absorbierten Stoffe wieder aufzulösen. Das Absorptionsvermögen übt mithin auf die *Verhinderung von Nährstoffverlusten* und auf die *gleichmäßige Ernährung* der Pflanzen den heilsamsten Einfluß aus.

Auf der anderen Seite kann sie einer *schnellen und reichen Versorgung* der Vegetation mit Nährstoffen im Wege stehen, weil die dem Boden in leichtlöslicher Form zugeführten Nährstoffe zunächst zur Sättigung des Bodenabsorptionsvermögens und erst in zweiter Linie zur Versorgung der Pflanzen verwendet werden. Nur so ist es zu erklären, daß nach längerer Unterlassung z. B. einer Kalidüngung Jahre vergehen können, ehe eine Kalizufuhr in der Entwicklung der Pflanzen sich bemerkbar macht. Diese Erscheinung läßt zugleich erkennen, daß die Wiederauflösung der absorbierten Nährstoffe eine gewisse Zeit erfordert und daher nicht immer in ausreichendem Maße gerade dann erfolgt, wenn die Pflanze nach besonders reicher Nahrung verlangt. Es ist daher von Wichtigkeit, daß die gleichen Wechselwirkungen, die die Absorption der Nährstoffe hervorrufen, die absorbierten Stoffe auch wieder in Lösung bringen können. Treten mit Zeolithen, die Kalium absorbiert hatten, *größere* Mengen von

¹⁾ Aus Versuchen, die E. R a m a n n (Bodenfragen, D. Landw. Presse, Jahrg. 1918, S. 29) neuerdings mit Silikaten anstellte, die er auf Lösungen mehrerer Salze einwirken ließ, und bei denen die entstehenden Endkörper durch die größere oder geringere Konzentration der Lösung nicht wesentlich beeinflusst wurden, glaubt der Versuchsansteller schließen zu müssen, daß der Boden die Konzentration der Lösung nicht beeinflusst, daß daher die vielfach gemachte Annahme, wonach die Absorption hohen Salzkonzentrationen in der Bodenlösung entgegenwirke, fallen müsse. Es erscheint mir fraglich, ob diese Versuche, bei denen es sich hauptsächlich um chemische Absorption unter Ausschluß fast aller die Bodenadsorption beeinflussender Bodenbestandteile handelt, maßgebend für das Stoffgemisch sind, aus dem der Boden besteht.

Natrium-, Calcium-, Magnesiumverbindungen (Karbonate, Sulfate, Nitrate, Chloride) in Wechselwirkung, so erfolgt nach dem Gesetz der Massenwirkung und den übrigen früher erörterten Gesetzen wieder ein Austausch der Metalle in der Weise, daß ein Teil des Kaliums wieder in Lösung übergeführt und durch ein in überwiegender Menge vorhandenes Metall ersetzt wird.

Einer der wichtigsten Pflanzennährstoffe, die *Salpetersäure*, unterliegt nicht der Bodenabsorption. Daher kommt es, daß einerseits die Zufuhr von leichtlöslichen Nitraten zu stickstoffbedürftigen Pflanzen eine auffällig schnelle Wirkung ausübt, und daß anderseits die von den Pflanzen nicht aufgenommene Salpetersäure sehr bald dem auswaschenden Einfluß des Bodenwassers verfallen kann.

Der bei der Festlegung der Nährstoffe am wenigsten beteiligte Bodenbestandteil ist der Quarzsand (SiO_2), falls er nicht infolge äußerst feiner Zerkleinerung kolloidale Eigenschaften besitzt (§ 84 S. 153). Für die *chemische* Absorption wichtig sind besonders Eisen- und Kalkverbindungen sowie die Silikate, die ersteren wegen ihres Bindungsvermögens für Phosphorsäure, die Silikate, und unter ihnen besonders die Zeolithe, weil sie durch Austausch ihres Calcium- und Natriumgehalts gegen Kalium ein Auswaschen der leichtlöslichen Kaliumverbindungen verhindern ¹⁾. Die *physikalische* Absorption wird dagegen hauptsächlich durch die Bodenkolloide: Eisenhydroxyd, Aluminiumhydroxyd, amorphe Kieselsäure und Silikate, tonige und humusartige Stoffe veranlaßt. Hieraus geht hervor, daß ein schwaches Absorptionsvermögen den sandreichen, ein stärkeres den Ton-, Lehm-, Humus- und Moorböden zukommt. Die Kalk- und Mergelböden zeigen zwar gegenüber der Phosphorsäure starke Absorptionskraft, dagegen können ihre Calciumverbindungen durch Massenwirkung lösend auf das Kalium wirken. Bei den Niederungsmooren wirkt sowohl die chemische wie die physikalische Absorption bindend, dagegen kommt bei den an Mineralstoffen armen Hochmooren wesentlich nur die Absorption in Frage. Daß diese für die Pflanzenversorgung eine sehr bedeutsame Rolle spielt, zeigen die aufgeführten Beispiele, und es ist anzunehmen, daß die neuere Bodenforschung den Adsorptionsvorgängen und ihren wichtigsten Trägern, den Kolloidstoffen, eine höhere physiologische Bedeutung zuerkennen wird, als dies in einzelnen bodenkundlichen Lehrbüchern bisher geschieht.

Nach den vorangegangenen Erörterungen ist wohl kaum noch die Erklärung nötig, daß es sich bei der Absorption nicht um eine absolute Fest-

¹⁾ Nicht vollständig! Bei großem Kalkgehalt des Bodens oder durch Zufuhr größerer Kalkmengen kann durch Massenwirkung der Kalk das Kali wieder austreiben.

legung der Pflanzennährstoffe, um einen vollen Schutz gegen das Auswaschen durch Regen und Bodenwasser handelt. Dieses wird nur erschwert. Ist doch die Tatsache wohlbekannt, daß bei Bewässerungsanlagen durch sehr armes Rieselwasser größere, vorher absorbierte Nährstoffmengen dem Boden entzogen werden können, als ihm vom Wasser zugeführt wurden.

§ 109.

Beeinflussung der Bodenabsorption und der Adsorption durch menschliches Eingreifen. Wie die Ausführungen über die Bodenabsorption erkennen lassen, ist die Festlegung der Nährstoffe im Boden ein sehr verwickelter, bald durch chemische, bald durch physikalische Wirkungen hervorgerufener und durch beide bald in gleicher, bald in entgegengesetzter Richtung¹⁾ beeinflusster Vorgang. Obwohl noch längst nicht alle einschlägigen Erscheinungen restlos aufgeklärt sind, ist es doch der neueren Boden- und besonders der Kolloidforschung gelungen, sie so weit aufzuhellen, daß man heute imstande ist, je nachdem es nottut, die Absorptionskraft des Bodens zu steigern oder sie abzuschwächen. Als eine fördernde, insbesondere für Sandböden geeignete Maßnahme kommt das Aufbringen tonreicher Stoffe (Lehm-, Tonmergel, Seeschlick), ferner von humusreichen und humusbildenden Mitteln (Stalldung, Gründüngungspflanzen, Moorerde in Betracht. Mäßigend können je nach den vorliegenden Verhältnissen Natrium- und Calciumverbindungen (Kochsalz, Natronsalpeter, Gips²⁾ wirken. Daß ferner Maßnahmen, die auf die Zerstörung der Bodenkolloide gerichtet sind (Moorbrennen, Schiffeln toniger Böden, vielleicht auch die Begünstigung der Frostwirkung), die adsorptiv gebundenen Nährstoffe beweglich und für die Pflanzen aufnehmbar machen, haben die früheren Erörterungen dargetan.

§ 110.

Die Bodenuntersuchung. Bodenreaktion. Prüfung auf einzelne Bodenbestandteile. Von einer eingehenden Besprechung der bewährten Methoden zur chemischen Bodenanalyse muß hier abgesehen werden. Zuverlässige Ergebnisse bei quantitativen Ermittlungen der Bodenbestandteile wird nur der Landwirt oder Kulturtechniker erzielen können, der, ausgestattet mit den nötigen chemischen Kenntnissen und dem chemischen Handwerk-

¹⁾ Ich erinnere hier bloß an die teils festlegende, teils lösende Wirkung der Calciumverbindungen.

²⁾ Soweit diese Substanzen nicht einen für die Pflanzen notwendigen Nährstoff zuführen sollen, bezeichnet man sie der lösenden Wirkung wegen, die sie auf die im Boden vorhandenen Pflanzennährstoffe ausüben, als *indirekte Düngemittel*.