Die Bedeutung der Bodenkolloide für die Forst- und Landwirtschaft.

Von Professor Dr. P. Rohland, Stuttgart.

Meine Untersuchungen über die Tone und tonigen Böden¹⁾ haben zweifellos ergeben, daß sie ihre wesentlichen Eigenschaften ihrem Gehalt an Kolloidstoffen verdanken. Zu den kolloidreichen Böden gehören auch die mehr oder weniger humushaltigen und Moorböden.

Den Kolloidstoffen verdanken diese Böden ihre Fruchtbarkeit; zunächst haben solche Böden viel größere Wasseraufnahmefähigkeit als die sandigen, kristalloiden Böden, auch viel größere Adsorptionsenergie gegen Wasserdampf.

Im Gegensatz hierzu stehen die mehr sandigen Böden, die von Kolloiden so gut wie frei sind.

Man kann sich diese Kolloidstoffe als ein engmaschiges Gewebe vorstellen, in dem wie an einem Schwamm das Wasser haften kann.

Im Wasser aber sind die Nährsalze der Pflanzen gelöst, die Kristalloide sind gelöst und bleiben so in einem kolloidreichen Boden, während sie in einem sandigen Boden nicht zurückgehalten werden.

Ferner werden in kolloidreichen Böden noch adsorbiert kolloidgelöste Stoffe und Farbstoffe, wie sie z. B. im Urin und in der Sauche enthalten sind.

Außerdem finden noch Austauschvorgänge statt, und zwar ein Austausch der Alkalien in den Lösungen gegen die Erdkalkalien in den Böden nach dem Gesetz der Äquivalenz.

So kann das zweiwertige Kalzium durch die entsprechende Menge von Kalium ersetzt werden, und es ist diese Umwandlung des Kalziums durch die Kaliumsalze viel rascher und vollständiger als durch die Natriumsalze, was in pflanzenphysiologischer Hinsicht von Bedeutung ist, da für die Ernährung der Pflanzen die Kaliumsalze ungleich wertvoller sind, als die Natriumsalze.

Auch ein Austausch der Magnesiumsalze, die für die Chlorophyllbildung in Betracht kommen, gegen die Kalziumsalze, findet dabei statt.

Nun kann z. B. eine Düngung mit Gips nur da den gewünschten Erfolg bringen, wenn in dem Boden genügend lösungskräftige Salze für diesen vorhanden sind. Diese finden sich aber nur in kolloidreichen Böden in größerer Menge.

¹⁾ Vgl. P. Rohland, Die Tone und tonigen Böden. Wien, A. Hartleben, 1909.

Denn in reinem Wasser ist Gips wenig löslich (1 : 400), seine Löslichkeit wird erst durch Anwesenheit von Salzen, wie Kochsalz, Chlorkalium, Magnesiumchlorid, Salpeter usw. erhöht.

Auch ist beobachtet worden, daß Superphosphate eine viel geringere Wirkung ausüben, als die Mono- und Diphosphate, weil erstere von einer Gipschülle umgeben sind; sind aber lösungskräftige Salze im Boden, so kann die Gipsumhüllung gelöst werden, so daß die Phosphorsäure in den Superphosphaten zur vollen Wirkung kommt.

Diese Austauschvorgänge zwischen Kalzium- und Magnesiumsalzen sind auch von Wichtigkeit für die Frage der Magnesia- und Kalldüngung. Das Mengenverhältnis zwischen Kalk und Magnesia muß berücksichtigt werden, weil sowohl eine zu große Menge Magnesia einen Höchstertrag verhindert, als auch eine zu starke Kalldüngung schädlich wirkt.

In zoologischer Hinsicht können sich Würmer besser in den feuchten, kolloidreichen Böden bewegen, als in trockenem, amorphen sandigen, wie Ch. Darwin nachgewiesen hat.

Auch eine sehr alte Bodenbearbeitung, die Mergelung, hängt mit seinen Kolloidstoffen zusammen, auf sandigen Böden ist sie unmöglich, sie beruht auf der Einwirkung von Alkalien, Erdkalken, wie Kalk auf diese zum großen Teil; da die Mergel tonige Bestandteile enthalten, so werden auch kolloidveranlagte Stoffe dem Boden bei der Mergelung einverleibt.

Die Alkalien und Erdkalken wirken nun in der Weise auf die tonigen Böden ein, daß eine Bildung und Ausflockung ihrer Kolloidstoffe stattfindet, die mit einer Volumenvergrößerung verbunden ist; die tonigen Bestandteile erfahren eine kolloidchemische Konstitutionsänderung, die eine Auflockerung des Bodens zur Folge hat.

Und je fester und schwerer ein Boden ist, je mehr Kalk, um so mehr Mergel muß ihm zugesetzt werden, damit diese Auflockerung erfolgen kann.

Ferner läßt sich noch beobachten, daß die Wirkung der Erdkalken, wie Kalk auf tonige Böden, beim erstenmal am stärksten ist, daß sie aber bei öfteren Wiederholungen schwächer und schwächer wird. Die Flockenbildung wird immer geringer; es scheint, als ob bei öfterer Einwirkung des Kalkes die tonigen Bestandteile des Bodens die Fähigkeit verlieren, weitere Kolloidstoffe auszubilden.

So findet auch die Tatsache eine Erklärung, daß die Wirkung bei einer erneuten Mergelung geringer ist als bei der ersten.

Auch noch andere Vorgänge gründen sich auf das Vorhandensein von Kolloidstoffen in den Böden, z. B. der der Schwindung und Volumenverminderung.

Diese Schwindung ist in landwirtschaftlicher Hinsicht von Bedeutung; sie ermöglicht es, daß Regen und Feuchtigkeit nach vorausgegangener Trocknung tiefer in den Boden eindringen können, indem Risse und Sprünge im Boden entstehen.

Andererseits ist toniger Boden sehr wasserundurchlässig infolge seines Gehalts an Kolloiden, nachdem diese ihr Sättigungs- und Quellungsmaximum erreicht haben.

Dagegen sind sandige Böden, wenn sie fast nur aus amorphen und kristalloiden Stoffen bestehen, wasserdurchlässig.

P. Ehrenberg und G. Pick haben eine Untersuchung über die Hygroskapizität der Bodenkolloide¹⁾ (besser wird statt dieses entleglichen Fremdwortes der Ausdruck Wasseraufnahmefähigkeit gebraucht) ausgeführt und gefunden, daß diese nach vorausgegangener Trocknung etwas abnimmt.

Zum Beispiel ist folgendes gefunden worden:

1. Ton aus Striegau in Schlefien:

	a) lufttrocken	b) gemahlen
Wassergehalt bei Anfeuchtung	16 %	16,02 %
nach Benetzung	21 "	21,42 "

Die gleiche Probe nach dem Trocknen wieder benetzt:

	a)	b)
Wassergehalt bei Anfeuchtung	0,00 %	0,00 %
nach Benetzung	20,53 "	20,54 "

2. Loß aus Klein-Totfchen bei Trebnitz, Schlefien:

	a)	b)
Wassergehalt bei Anfeuchtung	10,78 %	10,78 %
nach Benetzung	5,64 "	5,58 "

Nach dem Trocknen wurden die Proben abermals untersucht:

	a)	b)
Wassergehalt bei Anfeuchtung	0,00 %	0,00 %
nach Benetzung	4,04 "	4,09 "

3. Kultivierter Moorboden, oberflächlich getrocknet, noch etwas feucht anzufühlen:

	a)	b)
Wassergehalt bei Anfeuchtung	110,8 %	112,8 %
nach Benetzung	34,88 "	35,91 "

Darauf kurze Zeit bei gewöhnlicher Temperatur über konzentrierter Schwefelsäure getrocknet und dabei auf den Wassergehalt

¹⁾ Gedächtnis für van Bemmelen 1910.

	a) lufttrocken	b) gemahlen
gebracht.	22,95 %	29,9 %
Nun neu getrocknet, ergibt:	31,68 „	32,95 „
Die Wasseraufnahmefähigkeit zeigt sich also bereits im Sinken begriffen; nun vollends getrocknet:		

	a)	b)
Wassergehalt bei Ansetzung	0,00 %	0,00 %
nach Benetzung	25,56 „	26,84 „

Diese Versuche sind ziemlich bedeutungslos, und zwar ganz besonders für Tone und tonige Böden aus folgendem Grunde: Werden diese getrocknet, gleichgültig bei welcher Temperatur und auf welchem Wege, so geben sie das kolloidchemisch gebundene Wasser ab; dann haben sie etwas von der Fähigkeit, Wasser aufzunehmen, verloren; setzt man diesen Versuch fort, so erhält man schließlich Tone und Böden, die fast gar keine Wasseraufnahmefähigkeit mehr haben.

Bei allen Entfernungen des kolloidchemisch gebundenen Wassers muß noch der Faktor berücksichtigt werden, daß der Einfluß der Zeit sich bemerkbar macht.

Die Zeit, während welcher die Trocknung oder Erwärmung stattfindet, ist eine Funktion der Temperatur.

Steigerung der Temperatur bis ca. 950° erreicht einen Zustand, in dem die Tone die Fähigkeit gänzlich verloren haben, Wasser kolloidchemisch zu imbibieren.

Für tonige und humusreiche Böden gilt das gleiche.

Da sie aber immer wieder durch die Feuchtigkeit und den Regen im Überschuß Wasser enthalten, so daß neue Kolloidstoffe aus den Tonen bzw. aus dem Humus gebildet werden, erreichen sie das Stadium, das bei den Tonen künstlich erreicht wird, überhaupt nie.

Auch die mehr oder weniger humushaltigen und Moorböden gehören zu den kolloidreichen Böden. Zwar sind ihre Kolloide ihrer chemischen Konstitution nach noch weniger bekannt.

Nachgewiesen ist, daß der Rohhumus sauer reagiert, daß im Moostorf Säuren enthalten sind, die zwar den elektrischen Strom leiten, aber keine Salze bilden, ferner daß die Humusstoffe teils neutral, teils alkalisch, teils sauer reagieren, aber manche Kennzeichen der Säuren nicht zutreffen.

Richtige Säuren scheinen nicht vorzuliegen, vermutlich sind sie kolloider Natur.

Ferner sind die terra rossa und die roterdehaltigen

Böden kolloidveranlagte Böden, wie sie z. B. in den Karstgebieten der istrischen Küste vorkommt. Auch sie sind, wie Graf W. zu Leiningen¹⁾ gefunden hat, eines Austauschprozesses fähig; in verschiedenen Arten der Roterde von Luvrana, von der Mendel, von Luvrana-Medvea, ist das Eisen in der Eisensulfatlösung durch Kalk vollständig ersetzt worden.

Meine Untersuchungen über roterdehaltige Böden haben ergeben, daß sie, wie die tonigen, kompliziert zusammengesetzte Farbstoffe adsorbieren, ebenso kolloidgelöste, und daß die kolorimetrische Methode der Bestimmung der Kolloide auch auf sie angewandt werden kann.

Mit dem Gehalt an Kolloidstoffen in den Böden hängt noch ein weiteres Problem zusammen, die Frage nach den Ursachen der Bodenbeweglichkeit; es handelt sich darum, welche Bodenarten gut halten und welche nicht.

Es gibt solche, die nur ganz flach bis zu wenigen Grad Neigung zum Horizont sich in den Einschnitten zur Ruhe setzen und andere die fast vertikal stehen. Zwischen diesen Extremen sind Materialien, die Übergänge zwischen diesen bilden.

Bodenchemie und Bodenphysik, ebenso analytische Daten geben darüber keine Auskunft.

Die Bodenbeweglichkeit muß daher von anderen Faktoren, die bisher unbekannt waren, abhängen. Diese Ursache läßt sich aber in dem Vorhandensein der Bodenkolloide erkennen, denen Wasseraufsaugungskraft, Bindervermögen, Schwindung und Plastizität zukommt.

Diese Kolloide haben die Fähigkeit, in dem engzelligen Kolloidgewebe Wasser aufzusaugen und darin festzuhalten; ferner können sie im Solzustande feste Körper, amorphe und kristalloide, auch Holz und dergleichen in größerer Menge aufnehmen und umschließen. Geben diese Kolloide bei trockner Luft Feuchtigkeit ab, so koagulieren sie und halten die so eingeschlossenen Körper so fest wie Leim oder Kleister.

Das ist die Richtlinie, nach der die Bodenbeweglichkeit beurteilt werden muß. Böden, die Kolloide und kolloidveranlagte Stoffe enthalten, wie tonige, humose, „stehen“, Böden, die fast nur amorphe und kristallisierte Körper enthalten, „rutschen“; letzteren fehlen die oben genannten Eigenschaften.

Zwischen diesen Böden gibt es Zwischenstufen, die je nach ihrem Gehalt an Kolloiden der einen oder anderen Gattung zugeschrieben werden müssen.

¹⁾ Beiträge zur Bodenkunde Istriens. 1911.

Bei der großen Bedeutung, welche die Kolloidstoffe für die Böden haben, ist ihre quantitative Bestimmung von großem Nutzen; sie beruht darauf, daß diese Kolloide kompliziert zusammengesetzte Farbstoffe wie Anilinfarbstoffe, z. B. Anilinblau leicht adsorbieren; die Bestimmung geschieht schließlich auf kolorimetrischem Wege.

Die kolorimetrische Bestimmung ist gerade da am geeignetsten anzuwenden, wo es sich darum handelt, mit relativ einfachen Mitteln einen Überblick über die Eigenschaften eines Bodens zu gewinnen, z. B. ob sich ein Waldboden dazu eignet, Kulturen zu tragen; sie kann allerdings nur ungefähr den Gehalt an Kolloiden im Boden angeben, und auch keine Auskunft darüber geben, ob die Kolloide aus den Tonen, aus dem Humus usw. stammen.

Aber für praktische Zwecke reicht sie vollkommen aus.

Ferner: In den letzten Jahren sind häufig Klagen über den Wassermangel unserer Flüsse und Bäche erhoben worden; ganz abgesehen davon, daß sie durch die Abwässer der Industrien und durch die städtischen Abwässer, die leider immer noch in nicht gereinigtem oder nur ungenügend gereinigtem Zustand eingeleitet werden, verunreinigt werden, ist der Wasserbestand mit Ausnahme des Frühlings und Herbstes oft sehr dürftig.

Als eine der Ursachen für diese Wassergewinnung kann angesehen werden, daß jetzt vielfach aus praktischen Gründen das Laubholz durch Nadelholz in unsern Wäldern ersetzt worden ist.

Das hat aber die weitere Folge, daß die Höhe der Humusdecke eine geringere geworden ist, und daß der Betrag der Adsorptionsfähigkeit gegenüber dem Wasser und dem Wasserdampf ein kleinerer als früher geworden ist.

Wie man sieht, haben die Bodenkolloide und die damit hervorgerufene Aufnahmefähigkeit oder Adsorptionsfähigkeit für andere Stoffe eine größere Bedeutung für die Forstwirtschaft, als ihnen bisher in der Allgemeinheit zugeschrieben worden ist, und in der Praxis Anwendungen dieser Erkenntnis gemacht worden sind.

Diese Frage hat hauptsächlich für Ödländereien große Bedeutung; hier gilt es, den Boden mit Kolloiden anzureichern, mit tonigen und humosen Substanzen.

Auch die menschlichen und tierischen Fäkalien sind kolloider Natur; es ist aber schade, daß sie durch die modernen Kläranlagen der größeren Städte, da die in pflanzenphysiologischer Hinsicht wichtigen Stoffe durch die Wasserbehandlung der Fäkalien ausgelaugt werden, für die Landwirtschaft verloren gehen. Gerade die kolloidgelösten Stoffe, die

als Düngemittel Wert haben, werden bei diesen Kläranlagen in den Vorfluter zurückgeleitet.

Deshalb ist es zweifellos für kleinere Städte besser, keine Kläranlagen zu bauen, sondern die städtischen Abwässer mit ihrem vollen Stickstoffgehalt und den kolloiden Stoffen der Landwirtschaft nutzbar zu machen.

Über schematisch vereinfachte Hochwaldbetriebspläne.

Von Dr. Hemmann in Bingen (Hohenzollern).

Wenn die Hochwaldbetriebspläne nur Angaben zu enthalten brauchten, nach denen die Revierverwalter ihre Wirtschaft einzurichten und auf dem laufenden zu erhalten hätten, so könnte ihr Schema auf einige wenige Spalten für Flächen und Massen beschränkt bleiben, die für die jährlich aufzustellenden Hiebs- und Kulturpläne genügten. So genügend sind ja die ursprünglichen Ansprüche der großen Praxis an einen allgemeinen Plan, daß häufig genug noch Revierverwalter auch ohne Plan auskommen glauben würden, wenn nicht feststände, daß mit dem enorm gestiegenen Werte der ihnen anvertrauten Reviere auch ihre Wirtschaft mit der Zeit um vieles wertvoller geworden wäre und die Verantwortung dafür sich mit dem möglichst genauen Befolgen der Planvorschriften noch am leichtesten tragen ließe.

Daß die Spalten der Betriebspläne nun gleichwohl über jene ursprünglichsten praktischen Bedürfnisse hinausgehen, erklärt sich aus den vielen mathematischen Bedürfnissen der Ertragsregelung, die von jeder Wirtschaftseinheit ihre besonderen, rein rechnerischen Erhebungen nötig hat, um auf dem Wege der Rechnung hernach die wirklichen Verhältnisse allmählich den normalen angleichen und das Wirtschaftsganze nach einem selbstgewählten Vorbilde umformen zu helfen. Außerdem beeinflussen natürlich auch Rücksichten auf Kontrolle und allgemeine Statistik den schematischen generellen Planentwurf und ließen ihn früher in der Regel um so mehr an Breite zunehmen, je größer der einzurichtende Waldbesitz war und je wünschenswerter also eine schematische Einfachheit und Übersichtlichkeit gewesen wäre.

Nach eigener langjähriger Einrichtungstätigkeit vertrete ich die Ansicht, daß zwischen dem Bedarfe der Wirtschaft und dem der Ertragsregelung an wirtschaftlich wirklich wichtigen Angaben der allgemeinen Pläne unserer meisten größeren Verwaltungen noch immer ein besserer Ausgleich zu schaffen wäre und das Schema der Betriebspläne vielfach eine einfachere Form annehmen dürfe, ohne daß die Wirtschaft