

„Bodenbearbeitung als Kernproblem der Bodenfruchtbarkeit“ begonnen. In dem gleichen Bestreben stehen auch die Institute für Biochemie des Bodens, für Humuswirtschaft und für Bodenbearbeitung, die in Völkenrode die Forschungsgruppe „Bodenfruchtbarkeit“ bilden, untereinander und mit ihren Kollegial-Instituten in engem Arbeitskontakt. Diese drei Institute haben deshalb auch die vom BEM eingeleiteten Bemühungen, den Boden zu einem Schwerpunkt der Wirtschaftsberatung zu machen, aufgegriffen und die Gründung einer „Fachgruppe zur Förderung der Bodenfruchtbarkeit“ innerhalb des Verbandes Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten angeregt, die ihre erste Sitzung kürzlich in Völkenrode abgehalten hat. In dieser Fachgruppe werden alle wissenschaft-

lichen Fachgebiete vertreten sein, die an dem Gesamtkomplex Bodenfruchtbarkeit arbeiten und durch sie werden die allgemeinen Richtlinien festgelegt, nach denen die in jedem Land der Bundesrepublik neu angesetzten Bodenspezialisten arbeiten werden.

Auf diesem Wege sollen in engster Fühlungnahme zwischen Ministerien, Länderdienststellen, wissenschaftlichen Instituten, Beratern und landwirtschaftlicher Praxis einmal dem Praktiker gesicherte Erkenntnisse vermittelt und zweckmäßige Verfahren empfohlen, andererseits aber auch der wissenschaftlichen Arbeit neue Impulse gegeben werden, um ein für Praxis und Landbau-Wissenschaft so wichtiges Gebiet, wie es die Bodenfruchtbarkeit darstellt, nach besten Kräften zu fördern. Frese.

WAS WEISS DIE CHEMIE ÜBER HUMUS?

Die Bestandteile des Bodens lassen sich in zwei Gruppen aufteilen. Die einen sind mineralischer Art, die anderen bestehen aus organischer Masse. Ihre Zusammensetzung ist sehr wechselnd, sodass man von humusarmen und humushaltigen Böden spricht. Der Gehalt an Humus, d.h. an organischer Masse, zeigt sich vor allem in der dunklen Färbung des Bodens. Entstanden aber ist der Humus durch Zersetzung organischer Substanz wie Stallmist oder Gründüngung im Boden.

Jeder Landwirt strebt danach, die Humusmenge seines Bodens zu erhalten und – wenn möglich – zu erhöhen. In vielen Untersuchungen wurde festgestellt, dass eine mineralische Düngung für ein gesundes Wachstum der Pflanze allein nicht genügt. Humus ist aber einer der wichtigsten Faktoren der Bodenfruchtbarkeit. Es daher besonders notwendig, sich mit den Vorgängen zu beschäftigen, wie Humus aus der in den Boden gebrachten organischen Substanz entsteht, wie er sich im Boden verändert und welche Wirkung er im Boden hat und auf die Pflanzen ausübt.

Als erstes gilt es daher zu prüfen, ob es möglich ist, aus dem Humus eine Substanz oder eine Stoffgruppe zu isolieren, der man einheitliche Eigenschaften zu-

schreiben kann. Durch Auslaugen von Böden mit verschiedenen Lösungen und anschließende Reinigung nach verschiedenen Methoden gelingt es, die Huminsäuren zu isolieren. Diese sind massgebend an den Eigenschaften der verschiedenen Böden beteiligt. Ein Mangel an Huminsäuren verschlechtert den Boden und bewirkt Ertragsminderung. Um nun über deren Entstehungsgeschichte, wie auch über ihre Veränderungen in Natur Aussagen machen zu können, ist es notwendig, etwas über ihre chemische Zusammensetzung zu erfahren. Diese Untersuchungen müssen mit chemischen Methoden im weitesten Sinne durchgeführt werden, da die Chemie die Wissenschaft von der Umwandlung der Stoffe ist.

Will ein Chemiker erfahren, wie ein Naturstoff z.B. die Huminsäuren zusammengesetzt sind, so stellt er sich diesen Stoff erst einmal rein dar und zerlegt ihn dann in seine einzelnen Bestandteile. Wenn er diese kennt, versucht er umgekehrt, den Naturstoff aus ihm bekannten Verbindungen mit bekannten Reaktionen wieder auf-

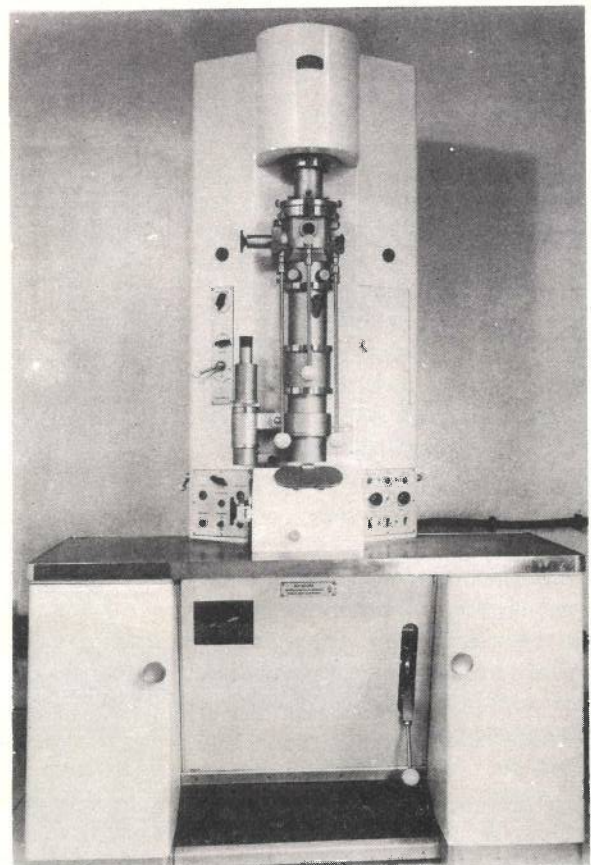


Abb. 1
Elektronenmikroskop.



Abb. 2
Huminsäure, alkalisch
Einzelteilchen

1 : 82 000

zubauen. Erst wenn sich herausgestellt hat, dass der Naturstoff in allen seinen Eigenschaften mit dem künstlichen übereinstimmt, also dass nicht nur die chemische Zusammensetzung die gleiche ist, sondern auch dieselben physikalischen und physiologischen Eigenschaften vorhanden sind, weiss er, was er in Händen hat. Oft ist es überhaupt dann erst möglich, über die Art seiner Entstehung und seiner weiteren Veränderung etwas auszusagen. Eine Humusanreicherung im Boden setzt daher die Kenntnis der Abläufe der Umwandlungen der organischen Masse im Boden voraus.

Je komplizierter die chemische Formel des Naturstoffes ist, um so schwieriger ist deren Aufklärung. Huminsäuren haben nicht nur eine komplizierte chemische Zusammensetzung, sondern sie sind auch ein kompliziertes physikalisches System. In einem solchen Falle baut sich der Chemiker Modellsubstanzen auf, die in allen

prinzipiellen Eigenschaften den natürlichen Produkten gleich sind.

So ist es auch nicht gleichgültig, ob die Huminsäureteilchen, die die feinen Bodenmineralien zusammenhalten, kugel- oder fadenförmiger Gestalt sind. Ihre Aufschlemmung in Wasser wäre nämlich in dem einen Falle dünnflüssig, in dem anderen Falle sehr zähflüssig. Von uns wurde gefunden, dass die Teilchen der Huminsäuren kugelförmig sind. Es liesse sich nämlich durch einen Acker kein Pflug ziehen, bei dem die Mineralien zum Beispiel mit Synthetikon zusammengehalten werden, das aus einer Lösung von fadenförmigen Kautschukteilchen besteht. Dieses Beispiel zeigt recht deutlich, dass die Bearbeitung dieser Probleme von grosser Wichtigkeit für die Krümelbildung, Bodenbearbeitung und alles damit Zusammenhängende ist. Es gelang uns sogar, diese Teilchen sichtbar zu machen, obwohl sie schon in dem Bereich grosser Moleküle liegen. Wir verwandten dazu ein

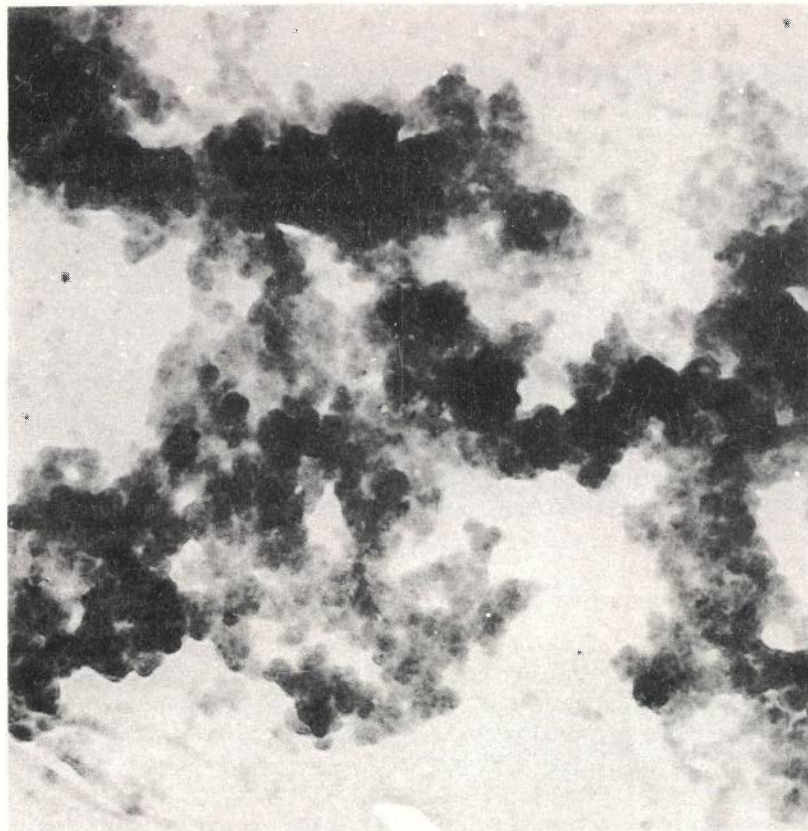
Instrument, das deutscher Erfindergeist geschaffen hat: das Elektronenmikroskop. Dieses gestattet Vergrösserungen, von denen man sich noch vor fünfzehn Jahren nichts hätte träumen lassen. Ein gewöhnliches Mikroskop vergrössert 1 cm bestenfalls auf 150 m, das Elektronenmikroskop ohne Schwierigkeiten auf 1,5 km, und durch einen Kunstgriff lässt sich dieser cm betrachten, als wäre er 30 km lang. 150 m ist ein Hof mit Scheunengebäuden breit; 30 km entsprechen ungefähr der Entfernung zwischen Frankfurt und Mainz. Welche Summe von neuen Eindrücken erlebt ein Mensch, der bisher nur seinen Hof kannte und sich nun plötzlich in und zwischen diesen beiden grossen Städten alles ansehen kann, was ihn interessiert! Ähnlich ergeht es jedem der mit diesem Gerät arbeiten darf und dabei für sein Arbeitsgebiet ständig Neuland entdeckt.

Trotz dieser enormen Leistung sieht das Gerät aus wie ein Schreibtisch mit einem Aufsatz. Jedoch

gehören noch viele Apparate dazu, um damit arbeiten zu können.

Die Einzelteilchen der Huminsäuren lassen sich nur in alkalischem Medium beobachten; die Zusammenballung im sauren Gebiet kann mit dem Elektronenmikroskop sehr gut erkannt werden.

Nachdem wir nun einmal die Eigenschaften der reinen Huminsäuren sorgfältig bestimmt hatten, war der nächste Schritt, das Wechselspiel zwischen diesen und den im Boden vorhandenen Tonmineralien zu untersuchen, die zusammen den „Ton-Humus-Komplex“ ergeben. Dieser ist massgeblich an der Beständigkeit des Humus im Boden beteiligt. In Sandböden verschwindet die humifizierte Substanz sehr rasch, in den an Tonmineralien reichen Böden bleibt sie länger erhalten. In den Böden gibt es hauptsächlich zwei Arten von Tonmineralien, einmal den in schönen, sechsseitigen kleinen Tafeln kristallisierenden Kaolin und zum anderen den Montmorillonit, der eine wattebauschartige Struktur besitzt.



1 : 82000

In Abb. 4 sind die Huminsäuren wahllos zwischen den Kaolinkristallen verteilt. An den Kanten und Flächen der Kristalle sind keine Erscheinungen zu beobachten, die auf ein Zusammenhaften hinweisen. Sie sind daher entweder glatt oder durchsichtig.

Der Montmorillonit hat dagegen durch seine Struktur gleichsam viele Arme, die sich nach den Huminsäuren ausstrecken und diese festzuhalten versuchen. Obwohl im Bild Teilchen des Montmorillonits dunkler, d.h. undurchsichtiger sind und eine andere Randstruktur zeigen, lassen sich keine scharfen Grenzen zwischen den helleren Huminsäuren beobachten. Die Huminsäuren werden von dem Montmorillonit sorbiert. Genaue Untersuchungen dieser Art geben Aufschluss über die Festhaltung der Huminsäuren an der Oberfläche des Montmorillonits. Durch diese Sorption werden die Huminsäuren vor einem raschen Abbau durch Einwirkung der Atmosphärien und Mikroorganismen geschützt. Die genaue Untersuchung dieser Probleme führt zu der Überlegung,

welche Wege eingeschlagen werden können, um auf mageren Böden evtl. mittels eines künstlichen Ton-Humus-Komplexes die Humuszersetzung hin zu halten. Versuche dieser Art sind schon im Gange.

Nur selten liegen die Huminsäuren im Boden als freie Säuren vor. Sie sind mit Kalk neutralisiert. Wir studierten daher auch diese Vorgänge mit physikalischen Messapparaten und chemischen Untersuchungen. Die auf diese Weise gewonnenen Ergebnisse liessen sich wiederum mit dem Elektronenmikroskop bestätigen. Für Untersuchungen dieser Art genügt nicht eine einzige Methode; wenn die Ergebnisse einen Wert für praktische Rückschlüsse haben sollen, müssen sie, auf verschiedenen Wegen gewonnen, immer die gleichen sein.

Die nächste Abb. zeigt ein Modellbild eines Krümelns einer Schwarzerde, bei dem durch künstlichen Eingriff der Gehalt an Huminsäuren angereichert wurde.

Es lassen sich deutlich die kristallinen Teilchen des Kaolins (a) und die wattebauschartige des Montmorillonits (b) erkennen. Die Huminsäuren durchziehen das ganze Krümel wie ein Netzwerk und leihen ihm seine Festigkeit. Diese Untersuchungen liefern einen grundlegenden Beitrag zu Fragen der Bodenstruktur.

Die Bindung des Stickstoffs in den Huminsäuren spielt eine grosse Rolle für ihren praktischen Wert. Die ertragsreichen Böden der Schwarzerden sind z.B. reich an stickstoffhaltigen Huminsäuren. In den Huminsäuren ist der gesamte Stickstoff nicht in gleicher Weise gebunden, ein Teil wird nur sehr langsam abgegeben. Der Landwirt ist darauf bedacht, dass bei der Bildung des Humus, z.B. durch Verrottung des Stallmistes, keine Ver-

Abb. 3

Huminsäure sauer
Zusammenballung

luste an Stickstoff auftreten. Wir bemühen uns daher, über die verschiedenartige Bindung des Stickstoffs Aufklärung zu geben, indem wir einerseits an Modellsubstanzen prüfen, in welcher Art die Bindung chemisch möglich ist, andererseits aber das unterschiedliche Verhalten stickstoffhaltiger und stickstoff-freier Huminsäuren

lenstoffquelle an, die bei der Zersetzung organischer Substanz auftreten kann und verfolgen deren Weg bis zu den schwarzbraunen, huminsäureähnlichen Produkten. In einigen Fällen gehen wir sogar dazu über, nicht die Mikroorganismen selbst, sondern nur deren Fermentsysteme in unsere Versuche einzusetzen.

Verwandschaft zu den Vorstufen oder Abbauprodukten der Huminsäuren zuerkennen, das Wachstum von Kressewurzeln zum Teil erheblich (bis zu 30%) gefördert wurde.

Dieser pflanzenphysiologische Test wird so durchgeführt, dass gewichtssortierte und auf bestimmte Längen vorgekeimte Kressekörner auf eine mit einem Filtrierpapier umhüllte Glasplatte gelegt und in das Gefäß mit der entsprechenden Lösung gestellt werden. Die Zuwächse der Kressewurzeln werden täglich gemessen und in Beziehung zu einander gesetzt.

Ebenfalls sind Versuche mit Getreidearten im Gange, um zu prüfen, ob nicht nur eine Zellstreckung, sondern auch ein Zuwachs an Pflanzenmasse erfolgt. Diese Untersuchungen ergeben dann Zusammenhänge zwischen dem chemischen Aufbau der verwandten Stoffe und der pflanzenphysiologischen Wirkung und sind eng mit den Modellversuchen der Huminsäuren verknüpft. Vielleicht findet sich einmal ein Weg, die Bildung dieser für das Pflanzenwachstum

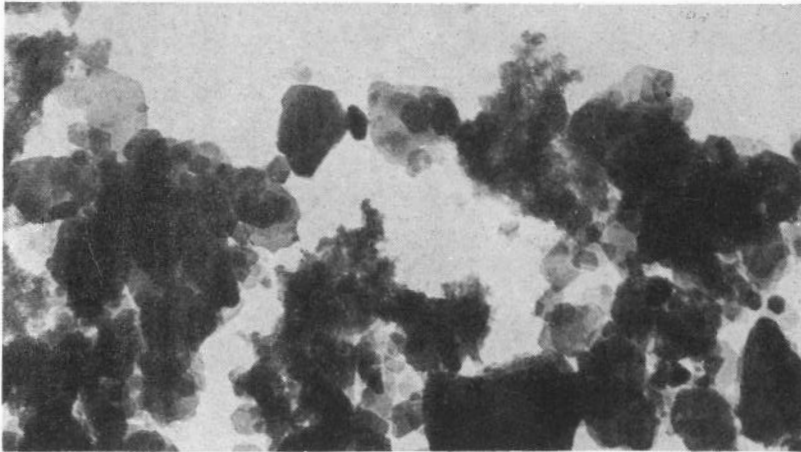


Abb. 4

1 : 24 000

Kaolin-Ton und Huminsäuren.

künstlicher und natürlicher Herkunft mit physikalischen Methoden untersuchen; ausserdem lassen wir bestimmte Bodenmikroorganismen darauf wachsen, aus deren Stoffwechsel wir über die vermutliche Festlegung des Stickstoffs Aussagen machen können.

Die Versuche in der Retorte sind bei auch noch so interessanten Ergebnissen wertlos, wenn sie

Die Mikroorganismen sind jedoch nicht nur am Abbau der Huminsäuren beteiligt, sondern liefern z.T. auch einen Beitrag zu ihrem Aufbau. Um diese komplexen Vorgänge verfolgen zu können, bedarf es besonderer biochemischer Methoden mit oft sehr komplizierten Apparaturen. Die den Mikroorganismen unter natürlichen Bedingungen zur Verwertung angebotenen Stoffe sind ein Gemisch sehr vieler chemischer Individuen. Dieses lässt sich für unsere Zwecke nicht verwenden; die Verhältnisse werden sonst zu kompliziert. Wir bieten ihnen daher nur jeweils eine bestimmte Verbindung als Stickstoff- oder Koh-

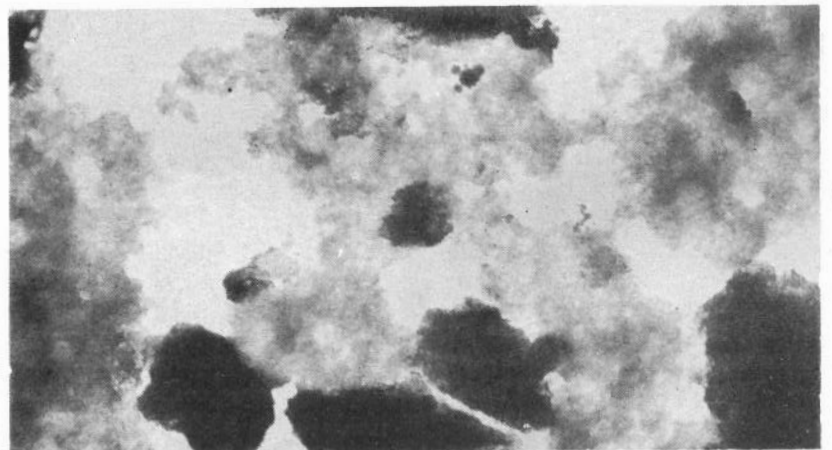


Abb. 5

1 : 24 000

Montmorillonit und Huminsäuren

biologisch nicht möglich sind. Wir befragen daher auch die Pflanze, deren Wachstum wir letzten Endes fördern wollen. So konnten wir feststellen, dass, wenn wir verdünnten Nährlösungen Stoffe zu-

scheinbar wichtigsten Stoffe bei der Humifizierung organischer Substanz zu fördern.

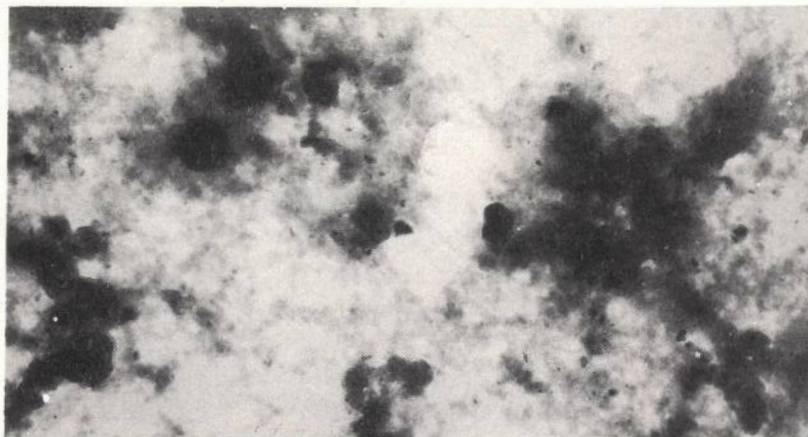
Damit wäre der Weg unserer Untersuchungen zu einem Kreis geschlossen, der, angefangen bei

den Arbeiten zur Aufklärung der chemischen Konstitution natürlicher Huminsäuren und deren Modellsubstanzen, weiterführt über die Festlegung ihrer physikalischen Eigenschaften, über ihre Wechselwirkungen mit den mineralischen Bodenanteilen und den

Anteil der Mikroorganismen beim Auf- oder Abbau der Huminsäuren berücksichtigend zu der Einwirkung chemischer Verwandter der Bausteine oder Bruchstücke von Huminsäuren auf die Pflanze kommt, und von dort zurückkehrt zu den Synthesearbeiten.

Unten:

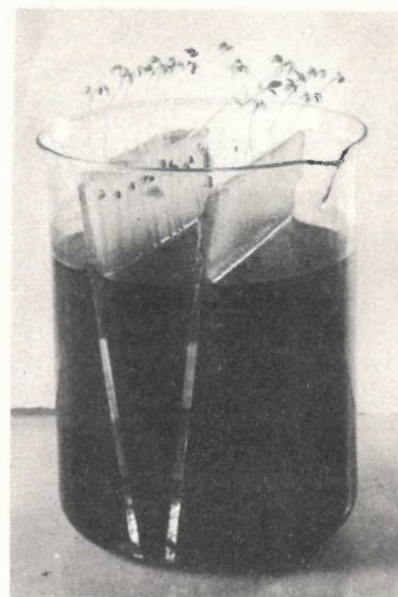
Abb. 6, Modellbild eines Bodenkrümel.



1 : 33 000

Rechts:

Abb. 7, Kressewurztest.



Jede Untersuchung hängt von der anderen ab. Ein Weg allein für sich beschränkt, würde wahrscheinlich in einer Sackgasse enden.

Flaig.

Stallmist Untersuchungen

Jeder fortschrittliche Landwirt pflegt heute rechtzeitig einen Düngungsplan aufzustellen, um den Bedarf an Handelsdüngemitteln für das laufende Wirtschaftsjahr zu ermitteln. Ein dunkler Punkt in diesem Aufriss ist immer der dem Landwirt nur in den seltensten Fällen, praktisch überhaupt nicht bekannte Gehalt an Pflanzennährstoffen in dem wirtschaftseigenen Dünger, dem Stallmist. Um diesem Übel etwas abzuwehren, haben wir in den letzten Jahren dank der Möglichkeiten, die uns die Einrichtungen unserer Anstalt boten, annähernd 750 Stallmistanalysen durchgeführt. Dadurch ist die Zahl der uns bekannten Stalldüngeruntersuchungen auf etwa 1500 Analysen angestiegen. Das ist aber, bezogen auf rd. 150 Millionen Tonnen Frischmist, bzw. 100 Millionen Tonnen gerotteten Mist in unserem Bundesgebiet eine verschwindend kleine Zahl! Immerhin vermag sie uns aber schon eine gewisse Sicherheit hinsichtlich der Beurteilung des Nährstoffgehaltes von Stalldüngern zu geben.

Untersuchungsergebnis des Bundesgebietes

Da in unserem Bundesgebiet die Betriebe in Mittelgebirgslagen einen relativ grossen Anteil ausmachen, haben wir uns der Untersuchung des Stalldüngers aus diesen grünlandreichen und zumeist einstreuarmer Betrieben zugewandt und dabei sowohl den Frischmist als auch den gerotteten Mist untersucht. Die Ergebnisse dieser Analysen können wir des weiteren mit den Untersuchungen des Stallmistes aus Ackerbaubetrieben vergleichen und die dabei auftretenden Unterschiede ermitteln. Stets muss man sich aber darüber klar sein, dass die Einzeluntersuchungen grosse Streubreiten zeigen und dass der Nährstoffgehalt des Stallmistes von dem Nährstoffgehalt des Bodens und der Futtermittel sowie den Verlusten abhängig ist, die bei der Gewinnung und Lagerung des Düngers auftreten und nur z.T. nicht zu umgehen sind.