

# Anwendung und Auswertung der Bodenuntersuchung bei Grünland

(Aus dem Institut für Bodenfruchtbarkeit Groningen)

Von C. M. J. SLUIJSMANS

Das Dauergrünland macht etwa 55% der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche in den Niederlanden aus. Es liegt daher auf der Hand, daß auf die Untersuchung der Düngung dieses Graslandes und die Auswertung der chemischen Bodenanalyse viel Mühe verwendet worden ist.

In vorliegender Arbeit soll die Frage behandelt werden, ob die chemische Bodenuntersuchung als Basis für Düngungsempfehlungen bei Grünland brauchbar ist. Es wird davon ausgegangen, daß das nur der Fall ist, wenn die Analysenergebnisse zuverlässige Hinweise geben für den zu erwartenden Mehrertrag infolge einer Düngung oder für die Gehalte an Mineralstoffen im Ernteprodukt. Es ist also nötig, hierüber überzeugendes Material zusammenzubringen.

## Anforderungen an die agrikulturchemische Prüfung

Es sollen hohe Ansprüche an die Versuchsanlage, die Technik der Bodenprobenahme, die chemische Analyse von Boden und Pflanze und die Auswertung des gesammelten Materials gestellt werden.

### *Versuchsanlage*

Um die Bodenuntersuchung möglichst gut zur Geltung kommen zu lassen, sollte man von einer Anzahl von Versuchsfeldern ausgehen, die in jeder Hinsicht einander gleich sind mit Ausnahme des zu untersuchenden Faktors. Der Zusammenhang zwischen Pflanze und Boden würde dann nicht von Nebenfaktoren gestört werden. Bedenklich bei einem solchen Verfahren ist aber, daß die Versuchsergebnisse dann nicht gültig wären, wenn einer oder mehrere der Umweltfaktoren von denen des Versuchs abweichen.

Zweckmäßiger ist es, die Versuchsfelder so zu wählen, daß dabei sehr verschiedene Umweltverhältnisse einbezogen werden. Zwar kann dadurch eine größere Streuung in dem Zusammenhang zwischen Pflanze und dem zu untersuchenden Faktor entstehen. Aber wenn die Umweltverhältnisse meßbar sind, dann können ihre Einflüsse festgestellt und der genannte Zusammenhang korrigiert werden.

Ein Beispiel darf dies verdeutlichen. Bei einer 1948 durchgeführten Reihe von Kaliversuchen auf Flußton fand VAN DER PAAUW (1) einen schlechten Zusammenhang zwischen dem K-Gehalt des Grases und dem des Bodens (Abb. 1a). Die Versuche lagen auf Feldern mit sehr unterschiedlichem Humusgehalt. Es stellte sich heraus, daß die Streuung in Abbildung 1a mit dem Humusgehalt zusammenhing (Abb. 1b). Der ursprüngliche Zusammenhang kann nun korrigiert werden, indem man alle K-Gehalte des Grases auf den gleichen Humusgehalt umrechnet. Auf diese Weise entsteht Abbildung 1c, woraus ein schöner Zusammenhang hervorgeht. Hätten alle Versuchsfelder den gleichen Humusgehalt gehabt, so wäre selbstverständlich kein Einfluß des Humus gefunden worden und der Zusammenhang zwischen dem K-Gehalt des Grases und dem des Bodens hätte sich sehr wahrscheinlich schon direkt als gut herausgestellt. Das Ergebnis wäre aber nur auf Feldern gültig, die einen mit dem Versuchsfeld übereinstimmenden Humusgehalt aufweisen. Weil in unserem Fall jedoch der Humusgehalt in die Untersuchung einbezogen wurde, ist eine Bewertung des Kaligehaltes des Bodens bei verschiedenen Humusgehalten möglich.

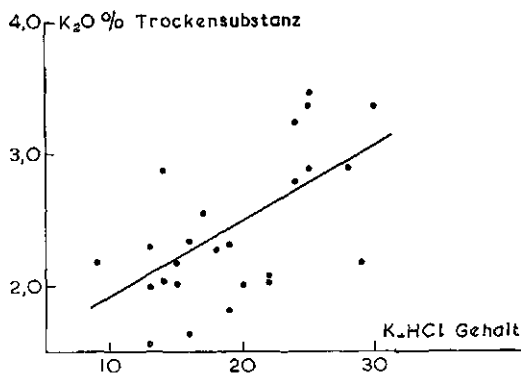
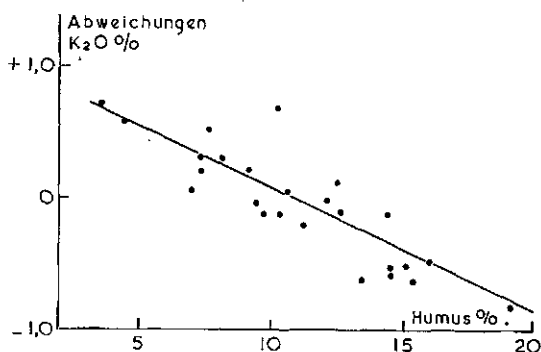
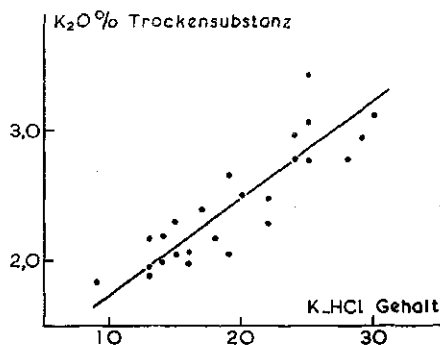


Abb. 1  
 Beziehung zwischen dem K-Gehalt  
 des Bodens und dem des Grases  
 auf Flußton  
 1a ohne Korrektur



1b Zusammenhang der Abweichungen  
 mit dem Humusgehalt



1c nach Korrektur für Unterschiede  
 im Humusgehalt

Derartige Betrachtungen treffen natürlich auch für andere Faktoren zu. Nach unserer Meinung ist es ein geeignetes Verfahren, diejenigen Faktoren, die der Erwartung nach einen Einfluß auf die Bewertung des zu untersuchenden Bodenfaktors ausüben können, zielbewußt in die Untersuchung einzubeziehen. Um die Einflüsse gut feststellen zu können, ist für eine Verteilung der Versuche über den gesamten Bereich, in dem die in Frage kommenden Faktoren in der Praxis variieren, zu sorgen. Es sollen insbesondere Felder mit extremen Werten dieser Faktoren ausgewählt werden. Außerdem denke man daran, daß die Korrelationen zwischen den Faktoren nicht zu stark sein dürfen.

Die Untersuchung über die Bewertung der *Phosphat-* und *Kaligehalte* bei Grünland stützte sich in den *Niederlanden* auf einige Hunderte von Versuchen mit steigenden P- bzw. K-Gaben. Hiermit ist nicht nur der Nutzen der Bodenuntersuchung geprüft worden, sondern man hat auch einen Eindruck über die bei den verschiedenen Zuständen benötigten Düngermengen bekommen. Wegen der großen Anzahl der benötigten Versuchsfelder ist diese Arbeitsweise in manchen Ländern organisatorisch vielleicht schwierig zu realisieren. Unter Umständen wird es nötig sein, einfacher zu arbeiten. Es kann dann der Methode gefolgt werden, bei der man von normalen Praxisfeldern oder Teilstücken davon gleichzeitig Boden- und Aufwuchsproben entnimmt und deren Analysenergebnisse miteinander in Vergleich setzt. Nimmt man eine große Anzahl von Parzellen, dann hat man eine gute Aussicht auf eine große Variationsbreite des zu untersuchenden Faktors und der Nebenfaktoren und damit auf ein befriedigendes Resultat. Diese Technik, die in den *Niederlanden* für *Phosphat* und *Kali* neben der Methode mit Feldversuchsreihen, auch erweitert auf *Kupfer*, *Kobalt*, *Natrium* und *Magnesium*, durchgeführt worden ist, gibt zwar Auskunft über den Wert der Bodenanalysezahlen, aber natürlich nicht über die benötigten Düngermengen.

#### Die Probenahmeteknik

Es kann die Frage gestellt werden, bis zu welcher Tiefe die Proben genommen werden müssen und wieviel Bohrstiche je Probe nötig sind.

In den *Niederlanden* ist es üblich, nur die oberen 5 cm zu nehmen, weil sich darin der größte Teil der Wurzeln befindet. Man bekommt damit kein absolutes Maß für den gesamten potentiell verfügbaren Nährstoffvorrat, weil die Wurzeln die Nährstoffe auch aus den tieferen Bodenschichten aufnehmen können. Die Beschränkung hat aber nie zu ernstlichen Bedenken geführt. Der Düngungszustand der oberen 5 cm und der darunter liegenden Schichten ist nämlich ziemlich stark korreliert, so daß der erste auch als Maß für den gesamten Vorrat gelten mag. Daraus folgt auch, daß es nicht viel ausmacht, ob als Normaltiefe 5 cm oder z. B. 6 cm, wie in *Deutschland* üblich ist, eingehalten wird. Wichtig ist es jedoch, daß bei der Prüfung einer chemischen Bodenuntersuchungsmethode auf *allen* Versuchsfeldern bis zur gleichen Tiefe gebohrt wird, und daß auch die Praxis sich dieser Tiefe anschließt. Eine konstante Tiefe ist notwendig, weil in dem Nährstoffzustand von *Dauergrünland* eine starke Abnahme in vertikaler Richtung auftritt, wie aus folgender Übersicht von VAN DER PAAUW (2) hervorgeht:

#### Verteilung des Phosphats (löslich in Citronensäure) in einem Tonboden

Tiefe in cm	vor der P-Düngung	nach der Ernte
0—2	32	54
2—4	22	26
4—6	17	22

Schon kleine Abweichungen in der Probenahme-Tiefe können also Veranlassung zu weniger gut vergleichbaren Zahlen und zu einem größeren Probenahmefehler geben. Um eine konstante Tiefe zu verbürgen, wird in den *Niederlanden* ein spezieller *Graslandbohrer* verwendet.

Die für eine Probe benötigte Anzahl von Bohrstichen wird durch die Heterogenität des Düngungszustandes des Feldes bedingt. Um den Probenahmefehler klein zu halten, werden nach FERRARI und VERMEULEN (3) wenigstens 40 Stiche benötigt

(Abb. 2). Diese Anzahl ist innerhalb weiter Grenzen unabhängig von der Größe des Feldes. Bei der vorschriftsmäßigen Probenahme (also 40 Stiche) liegt der Probenahmefehler auf Grünland in derselben Größenordnung wie auf Ackerland.

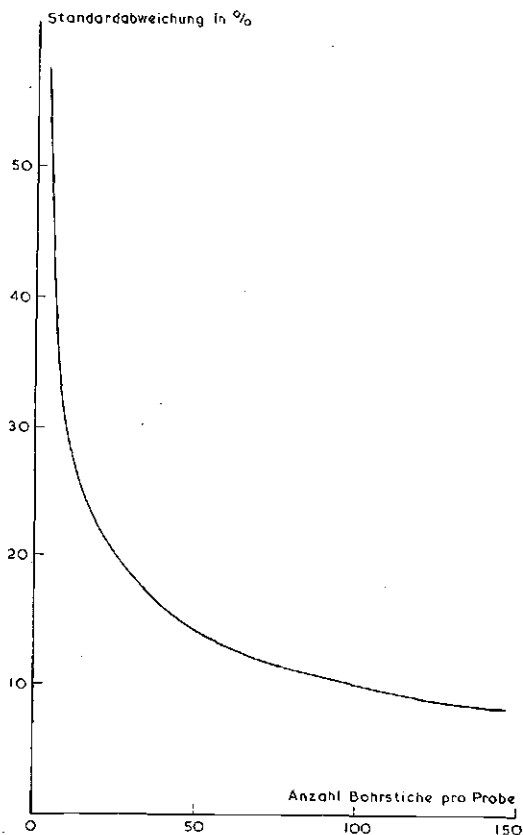


Abb. 2  
Standardabweichung einer Probe in %  
des Fehlers des Einzelstiches

#### Chemische Analyse von Boden und Pflanze

Es hat vom rein statistischen Standpunkt aus gesehen nicht viel Sinn, einer zu großen Genauigkeit im Laboratorium nachzustreben, weil der Analysenfehler im Verhältnis zu anderen Fehlern klein ist. Eine einfache Bestimmung würde ausreichen, wenn nicht zu befürchten wäre, daß man dann groben Fehlern nicht auf die Spur kommt. Um diese Fehler zu vermeiden, die bei etwa 2% der Analysen auftreten, ist es üblich, jede Analyse in duplo zu machen.

Die Auswahl des *Extraktionsmittels* fordert selbstverständlich die nötige Sorgfalt. Wo damit keine ausreichende Erfahrung vorliegt, wird man bei der Auswahl auf *ausländische* Ergebnisse oder theoretische Erwägungen zurückgreifen müssen. Die endgültige Auswahl soll ja doch immer erst nach einem Vergleich verschiedener Methoden mittels einer landwirtschaftlichen Prüfung erfolgen.

Bei unserer Untersuchung hatten wir a priori keinen Grund, für *Grünland* andere Methoden zu wählen als für *Ackerland*. Die angewendeten Methoden haben sich für beide als brauchbar erwiesen. In letzter Zeit hat VAN DER PAAUW (nicht veröffentlicht) jedoch den Eindruck gewonnen, daß namentlich für *Phosphat* das Grünland wohl eine andere Methode verlangen könnte als Ackerland. Für *Kartoffeln* liefert

die Extraktion mit Wasser bessere Ergebnisse als die mit AL, bei Grünland ist das Umgekehrte der Fall.

Es ist in diesem Zusammenhang empfehlenswert, von den Versuchen, die zu einer Prüfung herangezogen waren, genügend große Bodenproben aufzubewahren, um diese bei einer späteren Prüfung von anderen Methoden aufs neue gebrauchen zu können.

#### Auswertung des Materials

Für die Beurteilung des Wertes der Bodenuntersuchung genügt es nicht, den Zusammenhang zwischen Mehrertrag bzw. Gehalt der Pflanze und Gehalt des Bodens grafisch darzustellen. In einer derartigen Abbildung kann die Streuung der Einzelwerte so groß sein, daß die Bodenuntersuchung auf den ersten Blick unbrauchbar erscheint. Es muß eine Verkleinerung der Streuung unter Berücksichtigung der Nebenfaktoren angestrebt werden. Dazu können grafische und mathematische Methoden dienen, auf die wir hier aber nicht eingehen wollen.

Abbildung 3 zeigt ein Beispiel einer Verkleinerung der Streuung, wobei nacheinander verschiedene Faktoren berücksichtigt wurden. Nach Abbildung 3a ist von einem Zusammenhang zwischen dem Mg-Gehalt des Grases und dem des Bodens kaum die Rede; nach einer Korrektur für die Unterschiede im Stickstoffgehalt des Weidegrases, im K-Gehalt des Bodens und im Prozentsatz der Kräuter zeigt sich in Abbildung 3d, daß doch ein deutlicher Zusammenhang da ist. Die eingetragenen Einzelwerte vertreten etwa 50 Praxisfelder auf Sandboden.

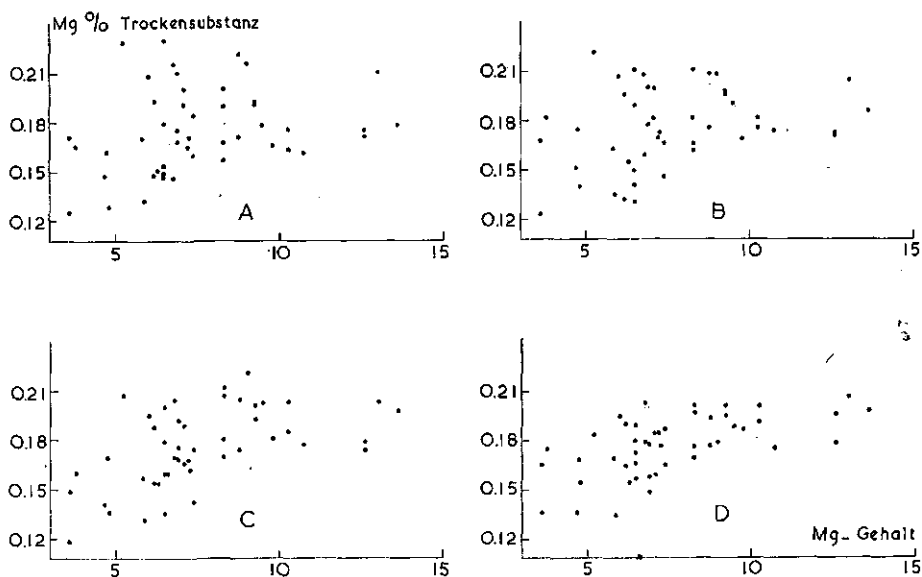


Abb. 3

Beziehung zwischen dem Mg-Gehalt des Bodens (mg/100 g) und dem des Weidegrases (Borculo — 1959)

- A vor Korrektur
- B korrigiert für den Einfluß des N-Gehaltes im Grase
- C wie B, außerdem korrigiert für den K-Gehalt des Bodens
- D wie C, außerdem korrigiert für den Prozentsatz Kräuter

Die hier erwähnte Korrektur für Unterschiede im N-Gehalt des Grases ist bei unseren Untersuchungen häufig angewandt worden. Sie bedeutet, daß Unterschiede im Wachstumsstadium (für die wir den N-Gehalt als Maß benutzen) zu einem großen Teil eliminiert werden. Die Korrektur ist wichtig bei Untersuchungen über P, K, Mg und vielleicht auch noch bei anderen Elementen.

### Ergebnisse der agrikulturnchemischen Prüfung

Es werden nun kurz die Ergebnisse, die wir auf Grünland bekommen haben, in der Reihenfolge P, K, Mg, Na, Cu und Co besprochen. Für diese Nährstoffe sind schon Beratungsschemas in Gebrauch mit Ausnahme von Natrium. Doch hoffen wir auch für Natrium in der nächsten Zukunft Empfehlungen auf der Basis von Bodenuntersuchungen geben zu können.

**Phosphat.** Die Bestimmungen des in *Citronensäure* oder *AL* löslichen Teiles sind beide gut brauchbar um den P-Zustand von Grünland zu charakterisieren (Abb. 4). Diese beiden Extraktionsmittel geben stark miteinander korrelierende Zahlen. Die Extraktion mit *Wasser* befriedigt meistens weniger. Bei unseren Empfehlungen werden *Moor-, Sand- und Marschböden* gleichsinnig behandelt, bei *Löß- und Flußtonböden* genügen etwas niedrigere Phosphatgehalte. Der Zusammenhang zwischen P-Gehalt des Grases und P-Gehalt des Bodens ist nach VAN DER PAAUW (4) oft recht gut (Abb. 5).

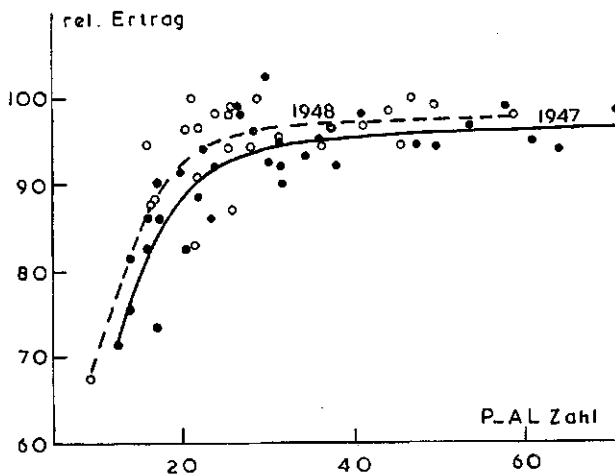


Abb. 4  
Beziehung zwischen der P-AL Zahl und den relativen Erträgen von Grünland auf Tonböden in zwei Versuchsjahren (Ertrag ohne P in % des Höchstertrages des Versuchsfeldes)  
● = 1947  
○ = 1948

**Kali.** Die übliche Extraktion mit 0,1 n HCl bewährt sich gut, aber es genügt nicht, den K-Gehalt zu kennen. Es hat sich nämlich gezeigt, daß der Zusammenhang zwischen den K-Gehalten der Pflanze und des Bodens von dem Humusgehalt beeinflusst wird (siehe Abb. 1). Deswegen gehen wir beim Berechnen des Düngerbedarfes nicht von dem K-Gehalt aus, sondern von einer *K-Zahl*. Diese *K-Zahl* ist aus dem K-Gehalt durch Multiplikation mit einem Faktor, der von Humusgehalt und Bodenart abhängt, zu errechnen. Der Faktor ist auf empirischem Wege festgestellt worden. Statt des Humusgehaltes könnte man vielleicht auch das Volumengewicht nehmen, weil beides ziemlich stark miteinander korreliert. Das will aber noch nicht sagen, daß es sich bei der Kalinahrung des Grases um die pro Volumen-Einheit anwesende Kalimenge handelt. Die Kalizahl ist für alle Bodenarten brauchbar, obwohl die Bewertung bei *Sandböden* ein wenig von der bei anderen Bodenarten abweicht.

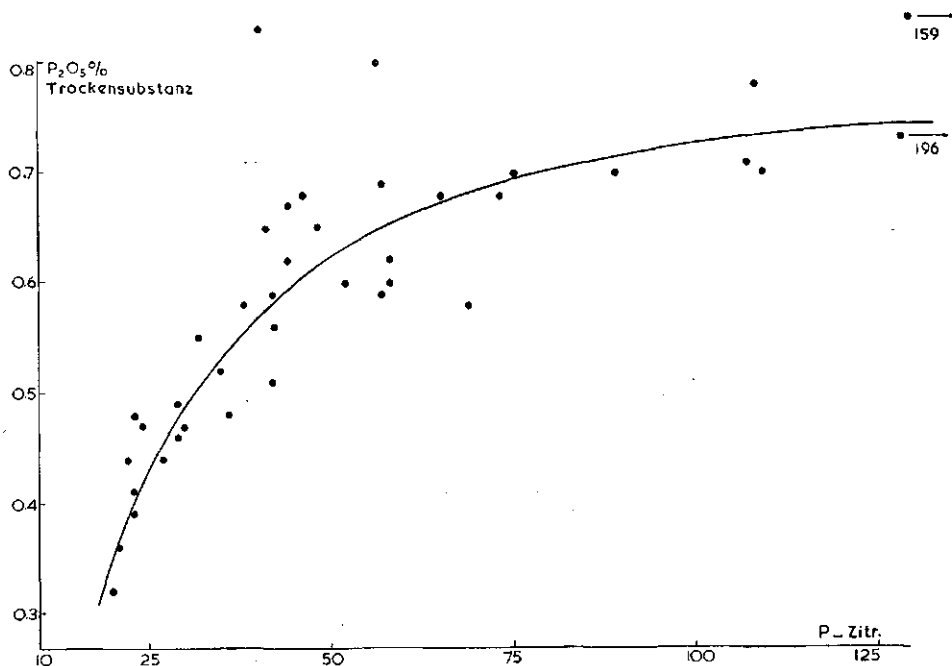


Abb. 5

Beziehung zwischen der P-Citronensäure Zahl  
und dem P-Gehalt des Grases von nicht mit P gedüngten Parzellen auf Moorböden  
(alle Einzelwerte korrigiert auf N% der Trockensubstanz 1,8)

**Magnesium.** Nach der heutigen holländischen Ansicht ist der Mg-Gehalt des Grases sehr wichtig für das Auftreten von Grastetanie. Es liegt also auf der Hand, daß wir versuchen, den Mg-Gehalt des Pflanzenbestandes im Voraus zu schätzen. Es hat sich aber gezeigt, daß dieser Gehalt von vielen Faktoren beeinflusst wird. Nach einer Arbeit von SLUIJSMANS (5) ist nicht nur der Mg-Gehalt, sondern auch der K-Zustand des Bodens, der N-Gehalt des Grases und die botanische Zusammensetzung wichtig (siehe Abb. 3). Daß der Mg-Gehalt des Bodens (Extraktion mit 0,5 n NaCl) an sich wenig besagt, braucht also nicht an der Methode der Bodenuntersuchung zu liegen, sondern kann die Folge von vielen störenden Nebenfaktoren sein. Werden auch diese in Betracht gezogen, dann ist ganz bestimmt etwas vorauszusagen.

**Natrium.** In letzter Zeit hat das Interesse für Natrium als Nährstoff für die Tiere stark zugenommen. Auf Sandböden hat HENKENS (nicht veröffentlicht) einen ziemlich guten Zusammenhang zwischen den Na-Gehalten des Grases und denen des Bodens (Extraktion mit 0,1 n HCl) gefunden, wenn auch der K-Zustand des Bodens mit berücksichtigt wird (Abb. 6). Der Na-Gehalt allein besagt also zu wenig. Die Abbildung wird in der Zukunft als die Grundlage für unsere Na-Düngervorschriften dienen.

**Kupfer.** In Hinblick auf die Tierernährung kann man sich fragen, ob der Cu-Gehalt des Grases auf der Basis des Cu-Gehaltes des Bodens vorauszusagen ist. HENKENS (6) hat mit Gefäßversuchen und Proben aus der Praxis gezeigt, daß ein Zusammenhang nachweisbar ist (Abb. 7). Ein Gehalt von 5 mg pro kg Boden

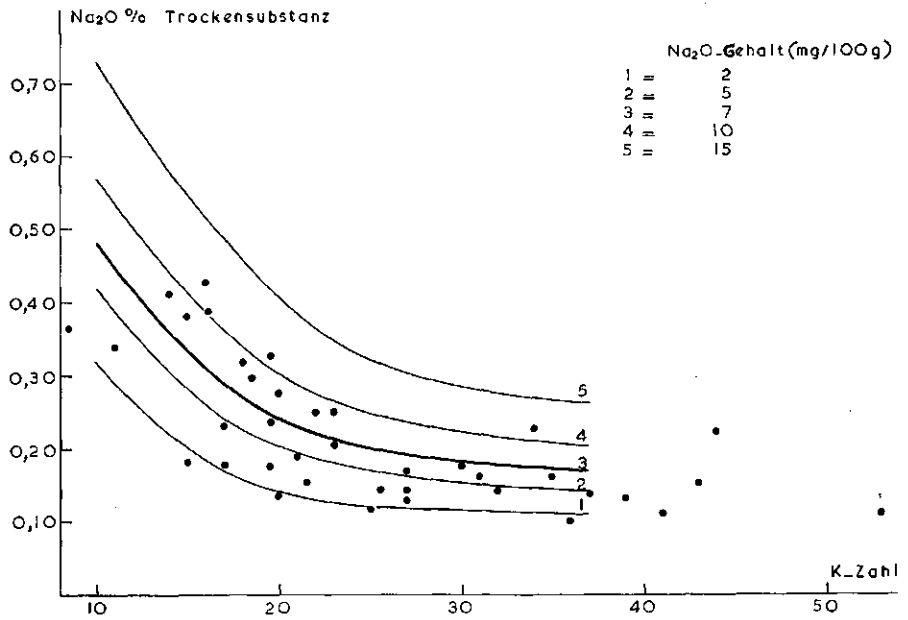


Abb. 6

Beziehung zwischen dem Na-Gehalt des Grases  
und den K- und Na-Zuständen von Sandböden  
(die eingetragenen Einzelwerte gehören zur mittleren Kurve)

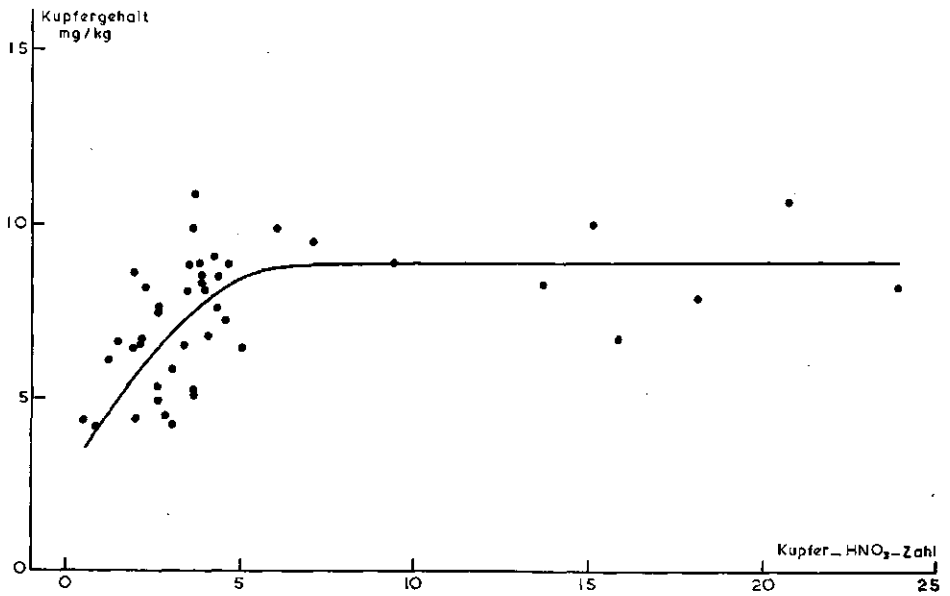


Abb. 7

Zusammenhang zwischen dem Kupfergehalt des Grases und dem des Bodens



(Extraktion mit 0,4 n HNO<sub>3</sub>) scheint ausreichend zu sein, um den Höchstgehalt im Grase zu erreichen. Das will aber noch nicht sagen, daß bei diesem und höheren Gehalten eine gesunde Cu-Ernährung des Tieres garantiert ist.

**Kobalt.** Es hat für das Element Kobalt nicht viel Sinn, nach einem Zusammenhang zwischen Co in der Pflanze und im Boden zu suchen. Der Co-Gehalt des Grases ist nämlich kein gutes Maß für die Co-Ernährung der Tiere, weil dieser zu einem großen Teil durch den Co-Gehalt der dem Grase anhaftenden Erde bestimmt wird. Sie hat einen viel höheren Co-Gehalt als das Gras. Auf Grund *englischer* Literatur und in den *Niederlanden* gemachter Erfahrungen über das Auftreten von Lecksucht gibt HENKENS (7) an, daß ein Co-Gehalt des Bodens geringer als 0,1 mg pro kg (Extraktion mit 2,5 % Essigsäure) als unzureichend zu betrachten ist, und daß erst bei einem Gehalt über 0,3 mg von einem befriedigenden Zustande gesprochen werden kann.

### Zusammenfassung und Schlußfolgerungen

In den *Niederlanden* ist über die Anwendung und Bewertung der chemischen Bodenanalyse viel Untersuchungsarbeit verrichtet worden. Die zu stellenden Anforderungen an die agrikulturchemische Prüfung der gefundenen Bodennährstoffgehalte werden besprochen und die Ergebnisse der Untersuchung für die Nährstoffe P, K, Mg, Na, Cu und Co kurz referiert.

Auf Grund der gefundenen Zusammenhänge sind wir der Überzeugung, daß die Bodenuntersuchung für die aufgeführten Elemente brauchbar ist. Die Analyseergebnisse sind aber nicht alle in einfacher Weise zu bewerten, da weder der durch Düngung erzielte Mehrertrag noch der Gehalt der Pflanze als Funktionen nur des einen Faktors — des Nährstoffgehaltes des Bodens — betrachtet werden können. In vielen Fällen müssen dann auch verschiedene Nebenfaktoren mit in Betracht gezogen werden.

#### Schrifttum

1. PAAUW, F., VAN DER, en RIS, J.: Evaluation of soil testing of the availability of potash on Dutch grasslands. Versl. Landbouwkund. Onderz. 59.2 (1953) (holländisch mit englischer Zusammenfassung).
2. PAAUW, F., VAN DER: Fosfaatbemesting in de landbouw. Landbouwvoorlichting (später Landbouw 1, 1948) Min. van Landb., Visserij en Voedselvoorz., Directie van de Landbouw. (holländisch).
3. FERRARI, TH. J., en VERMEULEN, F. H. B.: De betrouwbaarheid van het grondonderzoek, in het bijzonder onder invloed van de ongelijkmatigheid van de grond. Het chemisch bodemvruchtbaarheidsonderzoek S. 37—49. Min. van Landb., Visserij en Voedselvoorz. Directie van de Landbouw, 1956 (holländisch).
4. PAAUW, F., VAN DER, DE LA LANDE CREMER, L. C. N., en RIS, J.: Evaluation of soil testing on availability of phosphate on Dutch grasslands. Versl. Landbouwkund. Onderz. 57. 15 (1951) (holländisch mit englischer Zusammenfassung).
5. SLUIJSMANS, C. M. J.: Influence of soil and other factors on magnesium and potassium contents of grass. T. Diergeneeskde., Utrecht 87, 547—556, 1962 (holländisch mit engl., franz. und deutsch. Zusammenfassung).
6. HENKENS, CH. H.: Bedeutung des Kupfers für Ackerbau und Grünland. Landwirtsch. Forsch. Sonderh. 16, 56—65, 1962.
7. HENKENS, CH. H.: Kobalt op grasland. Landbouwvoorl. 16, 642—651, 1959 (holländisch).