

**MITTEILUNGEN  
DER  
ÖSTERREICHISCHEN  
BODENKUNDLICHEN  
GESELLSCHAFT**

**WIEN XVIII, GREGOR MENDEL-STRASSE 33**

**HEFT 2 (MAI 1956)**

**VERLAG GEORG FROMME & CO.**

**WIEN V, NIKOLSDORFER GASSE 11 / MÜNCHEN 19, LEONRODSTR. 19**

Sonderdruck aus „DIE BODENKULTUR“  
Österr. Zentralorgan der Landwirtschaftswissenschaften und Ernährungsforschung  
Herausgegeben von der Hochschule für Bodenkultur gemeinsam mit dem Bundesministerium  
für Land- und Forstwirtschaft in Wien

Redigiert von Prof. Dipl.-Ing. Dr. Anton Steden (Chefredakteur), Hochschule für Bodenkultur  
und Sektionschef Dipl.-Ing. Dr. R. Leopold, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft.

VERLAG GEÖRG FROMME & CO., WIEN UND MÜNCHEN

---

8. Band — Heft 2 und 3

---

## INHALT

WAGNER, H.: Die Bewertung der Wasserstufen in der Bodenschätzung des Grünlandes . . . . .	4
SCHMIDT, J.: Die Tonminerale burgenländischer Flugsandböden . . . . .	22
EHRENDORFER, K.: Schnellmethoden zur näherungsweise Bestimmung der Bodenfeuchte . . . . .	26

---

## Zur zukünftigen Gestaltung unserer Zeitschrift

Dank der Unterstützung seitens des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, privater Stellen sowie der Schriftleitung „Die Bodenkultur“ war es uns möglich, die beiden ersten Hefte unserer „Mitteilungen“ als Nachdruck von Beiträgen der Zeitschrift „Die Bodenkultur“ herauszubringen.

Nummehr ist es gelungen, die finanziellen Voraussetzungen dafür zu schaffen, in Hinkunft Originalbeiträge erscheinen zu lassen. Es ist daran gedacht, womöglich noch im Laufe dieses Jahres das dritte Heft unserer „Mitteilungen“ mit bereits vorliegenden Originalarbeiten in Druck zu geben.

Die Mätglieder werden herzlich eingeladen, sich mit Beiträgen aus dem Gesamtgebiet der Bodenkunde in Zukunft an der Ausgestaltung unserer Zeitschrift aktiv zu beteiligen. Manuskripte sind an die Schriftleitung unter der Adresse

*Institut für Geologie und Bodenkunde der Hochschule für Bodenkultur  
Wien XVIII, Gregor Mendelstraße 33*

zu richten. Da es zunächst noch nicht möglich sein wird, den Umfang der einzelnen Hefte über den bisherigen wesentlich auszuweiten, können Arbeiten, die mehr als einen Druckbogen umfassen (ca. 20 Seiten A 4-Format, zweizeilig beschrieben) i. a. nicht oder nur auszugweise veröffentlicht werden. Umfangreichere Aufsätze und kostspielige Illustrationen (Kartenbeilagen, Tafeln usw.) können darum vorerst gegen Sondervereinbarung (Kostenbeiträge des Autors) aufgenommen werden. Die Manuskripte müssen leicht leserlich und mit genauen Angaben versehen sein, was gesperrt (unterstrichen) oder kursiv (mit Wellenlinie unterstrichen) gedruckt werden soll. Abschnitte untergeordneter Wichtigkeit sowie Detailbeschreibungen und Zitate sind (am Rand) für Kleindruck zu vermerken. Literaturzitate am Schluß, alphabetisch nach Autoren geordnet, Hinweis im Text mit Autornamen und Jahreszahl. Fußnoten laufend numerieren. Photographische Abbildungen sind zu vermeiden, Strichzeichnungen sind klischeereif abzugeben, wobei eine möglichste Beschränkung erbeten wird. Die Autoren bekommen eine, bzw. wenn erforderlich, auch eine zweite Korrektur zugesendet und haben diese postwendend an obige Adresse mit dem Imprimatur versehen zu retournieren. Bezüglich der Sonderdrucke ergehen gesonderte Informationen.

Die Schriftleiter der Österreichischen Bodenkundlichen Gesellschaft

J. FINK

H. FRANZ

## Hofrat Dipl.-Ing. Ernst Jesser †

Als Sohn eines Chemikers am 6. IV. 1897 in Aussig geboren, übersiedelte Ernst JESSER bald nachher mit seinen Eltern nach Wien und besuchte hier Volks- und Staatsrealschule. Doch schon 1915 mußte er sein Studium unterbrechen, rückte ein und erlitt bald darauf eine schwere Kopfverwundung, deren Folgen ihn sein ganzes Leben belasteten. Er beendete die Mittelschule und inskribierte an der landwirtschaftlichen Fakultät der Hochschule für Bodenkultur. Schon während seiner Studienzeit als Praktikant und nach Absolvierung im Jahre 1925 als Verwalter legte er den Grundstein für seine spätere Tätigkeit, indem er an vielen Orten Österreichs Mensch und Landschaft, Klima und Boden kennen lernen konnte. Als er 1938 von der Deutschen Bodenschätzung übernommen wurde, erweiterte sich sein Blickfeld um viele neue Räume. 1946 wurde er in das Bundesministerium für Finanzen berufen, um die technische Leitung der Bodenschätzung zu übernehmen. Viele Verfeinerungen dieses auf Jahrzehnte abgestimmten Vorhabens sind von ihm inspiriert, so eine detaillierte Bodenbeschreibung, die Verwendung spezieller agrarmeteorologischer Daten (14-Uhr-Temperatur in der Vegetationszeit) und der Einbau pflanzensoziologischer Erkenntnisse. Wenn heute durch die Bodenschätzung ein über die rein steuerlichen Belange hinausreichendes Material für viele Sparten der Praxis und Wissenschaft geschaffen wird, so geht dies auf sein Wirken zurück.

Die eigentliche Aufgabe Hofrat JESSERS aber, zu der er sich innerlich berufen fühlte, war der Gedanke einer österreichischen Bodenkartierung. Trotz Widerständen von vielen Seiten hat er unermüdlich an der Realisierung dieser großen Idee gearbeitet. Dabei war ihm vom ersten Augenblick an bewußt, daß diese Kartierung nicht eine einfache Fortsetzung früherer Versuche und Unternehmungen in Österreich sein dürfe, sondern daß diese zukünftige Inventur unserer Böden nach modernsten Gesichtspunkten erfolgen müsse. Große Hilfe brachte ihm Prof. KUBIENA, dessen Kenntnis der amerikanischen Serienkartierung die Basis für die späteren Besprechungen um die Ausgestaltung der österreichischen Kartierung bildete. Im kleinen Kreis konnten in der Folge die Beratungen so weit getrieben werden, daß vor nunmehr drei Jahren eine erste Kartierungsanweisung erfolgen konnte. Heute, da diese Kartierung, dank weit-schauender Männer des zuständigen Ministeriums und der Landwirtschaftskammern Tatsache geworden ist, denken wir mit ehrlicher Anerkennung und aufrichtigem Dank an seine Pionierleistung, an die Zähigkeit und Beharrlichkeit, die uns nun Verpflichtung geworden ist.

Sein Werdegang brachte es mit sich, daß er mehr als Autodidakt mit vielen wissenschaftlichen Disziplinen in Berührung kam, dann aber durch sein reges Interesse im In- und Ausland bald bekannt wurde.

Nie hat er seine Kräfte geschont: Als es galt, die österreichische Bodenschätzung auszubauen und die Kartierung ins Leben zu rufen, da ging er mit einem Elan an die Aufgabe heran, der seiner Gesundheit nicht ganz zuträglich war. Wer die Schwere seiner Verwundung kannte, wer ihn sah, wie er unermüdlich draußen im Gelände seinen Beruf als Berufung auffaßte, der weiß, daß sich in Hofrat JESSER bestes österreichisches Beamtentum manifestierte. Als er am 21. XII. 1955 die Augen für immer schloß, hat die Bodenschätzung und Kartierung Österreichs ihren größten Idealisten verloren! Wir werden ihm ein ehrendes Andenken bewahren.

J. FINK

## Prof. Dr. Ing. Sekera †

Am 12. Mai 1955 wurde Prof. Dr. Ing. Franz SEKERA jäh und unerwartet aus seinem unermüdlichen Schaffen gerissen. Mit ihm verliert die österreichische Bodenforschung eine ihrer markantesten Persönlichkeiten und die Bodenkultur einen verdienstvollen Pionier.

F. SEKERA war in Wien am 20. X. 1899 als Sohn eines k. u. k. Hofbeamten geboren worden und hatte in seiner Geburtsstadt seine Schulbildung erhalten. Nach Ablegung der Reifeprüfung war er im Jahre 1917 zum Kriegsdienst eingerückt, so daß er erst nach dem ersten Weltkrieg im Jahre 1918 sein Studium an der Technischen Hochschule in Wien beginnen konnte. Im Jahre 1932 wurde er auf Grund einer Arbeit mit dem Thema „Methoden zur Beurteilung der Nutzbarkeit des Bodenwassers“ zum Doktor der technischen Wissenschaften promoviert. In den folgenden Jahren arbeitete er am Institut für landwirtschaftlich-chemische Technologie der Hochschule für Bodenkultur bei Prof. JANKE, bei dem er entscheidende Anregungen für bodenmikrobiologische Forschungen erhielt. Seine chemische und mikrobiologische Ausbildung befähigte ihn zusammen mit einer ausgesprochenen Begabung für die Entwicklung neuer und zudem meist einfacher Untersuchungsmethoden, die bodenkundliche Forschung durch viele fruchtbare Ideen und Arbeitsmethoden zu fördern. Diese befaßten sich vorwiegend mit Problemen des Nährstoff- und Wasserhaushaltes der Böden sowie der Bodenstruktur und mündeten schließlich in das umfassende Studium der Probleme der Bodenfruchtbarkeit ein. SEKERA habilitierte sich im Jahre 1938 mit dem Thema „Die Strukturanalyse des Bodens als Grundlage für die Beurteilung seines Wasserhaushaltes“. In den Jahren 1942—1945 war er als Hochschulprofessor und Vorstand des Institutes für Pflanzenernährung und Bodenbiologie an der Hochschule für Bodenkultur in Wien tätig. In dieser Zeit widmete er sich mit großer Begeisterung der Ausbildung des akademischen Nachwuchses. Sobald ihm nach dem Krieg wieder eine normale Betätigung möglich war, griff er seine alte Arbeitsrichtung sogleich wieder auf und baute im Rahmen des Verbandes landwirtschaftlicher Gutsbetriebe in Österreich einen Bodengesundheitsdienst auf, dessen Leitung er bis zuletzt inne hatte. Aus innerem Drang und mit einer Leidenschaft, die ihn buchstäblich verzehrte, rang er in unserem Zeitalter der großen agrarischen Revolutionen um die Erhaltung und Mehrung der Bodenfruchtbarkeit. Dabei kam ihm seine außergewöhnliche Begabung, zwischen Theorie und Praxis Brücken zu schlagen und schwierige Sachverhalte mit rednerischer Begabung gemeinverständlich darzustellen, sehr zu statten.

Immer neue Ideen nahmen ihn gefangen und ließen ihn zusammen mit der praktischen Arbeit nicht die Zeit, die alten in eingehender methodischer Untersuchung voll auszuschöpfen. Krieg und Nachkriegszeit trugen das ihre dazu bei, ihm die systematische Bearbeitung der in Angriff genommenen Probleme zu erschweren.

Das Schicksal hat den Verstorbenen dazu bestimmt, nicht ein geschlossenes Lehrgebäude zu errichten, sondern durch eine Fülle schöpferischer Ideen und methodischer Vorschläge in der Forschung richtungweisend zu wirken. Damit hat er nicht bloß die heimische Bodenkultur, sondern auch die internationale Bodenforschung in hohem Maße befruchtet. Die Österreichische bodenkundliche Gesellschaft wird ihm ein ehrendes Andenken bewahren.

H. FRANZ

## Die Bewertung der Wasserstufen in der Bodenschätzung des Grünlandes

Von Heinrich WAGNER

(Eingelangt am 7. Dez. 1954)

### Einleitung

Die österreichische Bodenschätzung baut sowohl in den Grundlagen als auch in der Methodik auf den Prinzipien der deutschen Reichsbodenschätzung auf, von welcher auch der Schätzungsrahmen — mit gewissen Ergänzungen — übernommen wurde. Dem entsprechend spielt in der Bewertung des Grünlandes neben den in der Ackerschätzung ausschlaggebenden Merkmalen der Bodenzusammensetzung der Wasserhaushalt, welcher durch die Wasserstufen ausgedrückt wird (sowohl klimatische als auch Bodenfeuchtigkeit), eine entscheidende Rolle. In den grundlegenden Schriften der Bodenschätzung (ROTHKEGEL, RÖSCHKURANDT) finden sich allerdings nur kurze Andeutungen über den Begriffsinhalt der Wasserstufen, so daß auf diesem Gebiet durchaus keine Klarheit herrscht, wie dies auch bereits TILL (1951, S. 137) hervorhebt. Zwecks allseitiger Auswertbarkeit darf aber auch in den Wasserstufen kein Zweifel der Zuordnung bestehen, ebenso wie die Beschriebe der Bodenprofile sowie die Einstufung in die verschiedenen Zustandsstufen eindeutig klar sein müssen. Denn das ganze in sich festgefügte System muß zusammenfallen, wenn in einem Teil der Willkür freie Hand gelassen wird und keine Einheitlichkeit der Bewertungsgrundlage gegeben ist.

Wie schon in den Erläuterungen zum Reichsbodenschätzungsgesetz angedeutet wird, ist eine direkte Erfassung der Wasserverhältnisse in der Regel nicht möglich, so daß man auf indirekte Ermittlung angewiesen ist. Über die Kriterien zum Erkennen des durchschnittlichen Wasserhaushaltes eines Standortes, der durchaus nicht mit den im Moment der Untersuchung angetroffenen Feuchtigkeitsverhältnissen übereinstimmen muß, herrscht bereits allenthalben Unklarheit. Vielfach werden als Anhaltspunkt allgemein bodenkundliche und klimatische Gegebenheiten sowie die Hangneigung herangezogen, wobei man aber infolge der komplexen Beziehungen besonders bei schematischer Auswertung leicht zu Fehlschlüssen kommen kann. Auch das Merkmal des Eindrucks von Wagenspuren hat nur relativen Wert. PETERSEN zieht die Wühl- und Wohnweise des Maulwurfes heran, ein zweifellos sehr bemerkenswertes Kriterium, ebenso wie auch seine Beobachtungen über verschiedenartige Wurzelausbildung als Grundlage der Wasserstufenbewertung zu beachten sind, wenn auch seine Ergebnisse nicht ohne lokale Überprüfung auf andere Gebiete übertragen werden dürfen. Am naheliegendsten ist es aber doch, unmittelbar von der Vegetationszusammensetzung auszugehen, was um so berechtigter erscheint, als es sich ja letzten Endes um die Beurteilung des Wassers als Wachstumsfaktor für die Pflanzen handelt, wobei einem Optimum bei mittlerem Feuchtigkeitsgehalt („frisch“) zunehmend ungünstige Verhältnisse bei zu viel oder zu wenig Wasser (naß bzw. trocken) gegenüberstehen. In diesem Zusammenhang muß allerdings mit aller Deutlichkeit einem noch immer weit verbreiteten Irrtum, der sich bedauerlicherweise auch in die Bodenschätzungsliteratur eingeschlichen hat (ROTHKEGEL 1947, S. 86 f.), entgegengetreten werden: Nässe und saure Bodenreaktion haben grundsätzlich nichts miteinander zu

tun, gibt es doch extrem nasse Anmoore mit pH-Werten um 8, in welchen es zu Kalksinterbildung kommen kann (z. B. Knopfbinsenmoor — *Schoenetum nigricantis*) und deren Sauergräser sogar direkt als obligate Kalkpflanzen bezeichnet werden können. Ebenso finden wir oft extrem trockene Heiden und Rasengesellschaften auf kalkfreiem silikatischem Sandboden (*Callunetum*, *Nardetum* usw.), für welche dann natürlich auch das Argument des wertvolleren kalkreichen Futters wegfällt. Diese fälschliche Koppelung von Nässe und saurer Bodenreaktion hängt zweifellos mit der Bezeichnung der kieselsäurereichen und als Futter minderwertigen Seggen als „Sauergräser“ und der nassen Wiesen als „saure Wiesen“ zusammen. Abgesehen davon, daß durch diesen Irrtum völlig falsche Vorstellungen über Meliorationsmöglichkeiten erweckt werden können (z. B. Kalkung als grundsätzliche Bekämpfung von Sauergräsern), wird auf dieser Basis in der Praxis auch oft Minderertrag infolge Nährstoffmangels in den Wasserstufen ausgedrückt, was wieder im Interesse einer möglichst allseitigen Auswertbarkeit unbedingt vermieden werden muß — denn in den Wasserstufen soll tatsächlich nur der Wasserhaushalt ausgedrückt werden.

Um die nötigen Klärungen herbeizuführen, wurden vom Verfasser im Auftrag und in enger Zusammenarbeit mit der österreichischen Bodenschätzung in den Jahren 1948—1951 pflanzensoziologische-statistische Untersuchungen vorgenommen, welche die Grundlage für Richtlinien für die Wasserstufenebewertung ergeben sollten. Obwohl diese Ergebnisse bereits zu Beginn des Jahres 1952 dem Bundesministerium für Finanzen zur Auswertung übergeben wurden, sollen die grundsätzlichen Gedankengänge nunmehr auch öffentlich zur Diskussion gestellt werden.

Es ist mir ein Bedürfnis, aus diesem Anlaß dem technischen Leiter der Bodenschätzung, Herrn Hofrat Dipl.-Ing. E. JESSER, sowohl für sein Interesse an meinen Untersuchungen als auch für die nunmehrige Freigabe zur Veröffentlichung herzlichst Dank zu sagen. Neben eigenen Vegetationsaufnahmen wurden auch solche meiner seinerzeitigen Mitarbeiter bei der Bodenschätzung Dipl.-Ing. E. DIEMITZ-PLENK, Dr. H. LAUBER, Dr. L. MÜLLER, Dr. A. OBERGOTTSBERGER, Dr. G. STOCKHAMMER, Dr. I. THIMM herangezogen, welchen ich auch für Mitteilungen über ihre Erfahrungen zu Dank verpflichtet bin.

## I. Grundlagen der Wasserstufenebewertung

Wenn wir die Vegetation zur Beurteilung des Wasserhaushaltes heranziehen, dürfen wir uns nicht bloß auf einige wenige „Zeigerpflanzen“ beschränken, sondern müssen nach der Methode der Pflanzensoziologie die gesamte Artenliste mit ihren wechselnden Anteilen an Elementen verschiedener Standortgruppen zugrunde legen. Ebenso dürfen wir uns nicht von vornherein auf irgendwelche, nach regionalen Gesichtspunkten festgelegte Vegetationseinheiten (Assoziationen) stützen. Auf Nichtbeachtung dieser Voraussetzungen dürften wohl auch die schlechten Erfahrungen PETERSENS mit pflanzensoziologischen Unterlagen beruhen, die ihn dazu führen, die Pflanzensoziologie überhaupt als Grundlage für die Taxation abzulehnen (a. a. O., S. 7 u. 19), was nach unseren Erfahrungen nur befremden kann.

Das wesentliche Prinzip der hier dargelegten Auswertmethode liegt darin, daß jede einzelne Pflanze an die verschiedenen Standortfaktoren spezifische Ansprüche stellt und eine Aufgliederung des Pflanzenbestandes auf die durch die einzelnen Arten angezeigten Standortsabstufungen und ihre gegenseitige Abwägung eine Beurteilung des Standortes gestattet. Die Ansprüche der einzelnen Arten überschneiden sich — diese sind daher für sich allein meist an verschiedenen

Standorten zu finden — das Wesen jedes Standortes liegt also in einer spezifischen Kombination der Elemente. Dabei sind vor allem vier Faktorengruppen zu untersuchen, die wohl in gewissen wechselseitigen Beziehungen stehen, jedoch gesondert — jede für sich — zu betrachten sind: 1. der Wasserhaushalt, 2. der Säuregrad, 3. der Düngungsgrad und 4. der Ertragswert. Um die tatsächlichen Strukturverhältnisse der Pflanzengesellschaften zu berücksichtigen, erfolgt die Auswertung jeweils auf Grund des Deckungswertes, in welchem jede Art entsprechend ihrem mengenmäßigen Anteil an der Gesamtdeckung eingesetzt wird und der somit im wesentlichen der in der praktischen Grünlandforschung meist angewendeten Prozentschätzung entspricht, wenn auch die Zahlenwerte infolge verschiedener Grundlagen nicht immer völlig übereinstimmen. Für jede der oben genannten Faktorengruppen wird der Anteil der Abstufungen in % der Gesamtdeckung gesondert berechnet.

1. Der Wasserhaushalt weist mehrere Abstufungen von extrem naß bis extrem trocken auf, wobei es außer in Extremfällen keine so große Rolle spielt, ob es sich um Boden- oder Niederschlagsfeuchtigkeit handelt (in kühlfeuchten Gebieten bzw. Lagen ist auch ein Steilhang wesentlich weniger trocken als ein Hang gleicher Neigung in trockenen Gegenden oder in Südexposition). Die Beurteilung der durch die einzelnen Pflanzen eines Bestandes angezeigten Wasserhaushaltsabstufungen und die prozentuelle Aufteilung der Gesamtdeckung auf Elemente der verschiedenen Stufen stellen das fundamentale Kriterium für die richtige Bewertung des Wasserhaushaltes eines Bestandes dar.

Den Berechnungen wurden folgende Wasserhaushaltsabstufungen zugrunde gelegt:

1	. . .	naß
2	. . .	staunaß
3	. . .	feucht
4	. . .	frisch
5	. . .	trocken
6	. . .	extrem trocken
7 (0)	. . .	indifferent

Dabei ist besonders zu beachten, daß zwischen 1 und 2 keine graduellen Unterschiede bestehen, sondern nur solche qualitativer Natur (1 fließendes Wasser bzw. Verlandung auf Mineralboden, 2 Moor- und Anmoorboden). Ebenso entspricht auch die Zahl 7 nicht einem analogen „Wert“, sondern soll nur ausdrücken, daß die so eingestufte Pflanze eine weitere Amplitude hat und daher nicht unmittelbar zur Charakterisierung des Wasserhaushaltes der betreffenden Gesellschaften heranzuziehen ist. Es wäre daher — entsprechend der Methode ELLENBERG's — sinnvoll, dafür eine 0 zu setzen, wie überhaupt die für die verschiedenen Standortsfaktoren gleichartig sechsteiligen Skalen (1—5, 0), die rein quantitativ abgestuft sind, sehr zweckmäßig erscheinen. Zum Zeitpunkt des Beginnes der entsprechenden Auswertung waren diese Arbeiten allerdings dem Verfasser noch unbekannt, weshalb unabhängig davon ähnliche Bezeichnungen bei der österreichischen Bodenschätzung eingeführt wurden.

Die Wasserhaushaltsabstufungen dürfen auch nicht mit den fünf Wasserstufen der Bodenschätzung verwechselt werden, die eine Einstufung des Gesamtbestandes zum Inhalt haben, wobei mit 1 und 2 die optimalen Verhältnisse auf frischem Boden und von hier ausgehend sowohl bei zunehmender Trockenheit als auch bei zunehmender Feuchtigkeit die Stufen 3—5 mit den Zeichen — + eingesetzt werden. Die oben gekennzeichneten Stufen dagegen beziehen sich auf die jeweils optimalen Wasserhaushaltsbedingungen, unter welchen die einzelnen Pflanzen

gedeihen. Es liegt in der Natur der Sache, daß in den hochwertigen Wasserstufen 1 und 2 vorwiegend Arten des frischen Bodens (Wasserhaushalt 4) vertreten sein müssen, während die Arten der extrem nassen (Wasserhaushalt 1,2) bzw. trockenen (Wasserhaushalt 5,6) Böden in den minderwertigen Wasserstufen 4<sup>+</sup> und 5<sup>+</sup> bzw. 4<sup>-</sup> und 5<sup>-</sup> vorherrschen.

Eine beachtenswerte Vorarbeit in Richtung der Aufgliederung der Artenlisten stellen die Versuche WEINMEISTERs (1947) dar, den ökologischen und vor allem den Arealtypen-Schwerpunkt von Pflanzengesellschaften mathematisch durch Mittelwertberechnung zu erfassen, welche Methode übrigens auch von ELLENBERG angewandt wird. In einer kürzlich veröffentlichten Arbeit (WEINMEISTER 1953) berechnet derselbe Autor aus verschiedenen Vegetationsaufnahmen, darunter auch aus solchen des Verfassers, derartige Mittelwerte. Wiewohl sich aus den Berechnungen im allgemeinen gut die Wasserhaushaltsabstufungen ergeben, wollen wir doch an der bloßen Aufstellung von Spektren festhalten (s. auch S. 11 ff), da auf diese Weise die feineren qualitativen Unterschiede wesentlich besser zur Geltung kommen als im Mittelwert. Überdies ergäben sich Schwierigkeiten in der Umwertung von 1 (naß) und 2 (staunaß), die ja nicht quantitativ verschieden sind, ebenso wie die völlige Nichtberücksichtigung der Indifferenten in Magerwiesen, wo sie oft mehr als 30% der Artenliste ausmachen, das Bild verfälschen würde. Auch würde das gemeinsame Auftreten von Feuchtigkeits- und Trockenheitszeigern (wechselfeuchte Wiesen) rechnerisch den gleichen Mittelwert erbringen wie eine optimale frische Wiese, was wieder zu einer Verschleierung von an sich deutlichen Unterschieden führen müßte.

2. Der Säuregrad steht in engem Zusammenhang mit dem Nährstoffhaushalt des Bodens und wird hier ebenfalls weitgehend durch die Pflanzen wiedergegeben. Wir unterscheiden hier vier Abstufungen:

- A basiphil (im wesentlichen ausgesprochene Kalkpflanzen)
- B neutrophil (neutrale Bodenreaktion bevorzugend)
- C oxyphil (auf sauren, kalkfreien Böden)
- D indifferent.

Die Unterscheidung B—D, welche vor allem infolge ungenügender Unterlagen nicht immer einwandfrei möglich ist, kann im allgemeinen vernachlässigt werden, so daß es sich im wesentlichen um die Ausscheidung der Kalkpflanzen (A) und Säurezeiger (C) handeln wird. Besonders die Säurezeiger, die zugleich in den meisten Fällen Anzeiger von Verheidung sind, müssen stärker beachtet werden. Stärkere Verheidung automatisch in der Wasserstufe auszudrücken, wäre nicht richtig, da es sich hier um zwei verschiedene ökologische Dimensionen handelt und Pflanzengesellschaften des sauren Bodens sowohl im trockenen wie im nassen Bereich auftreten. Wohl aber scheidet bei einem Anteil von mehr als 20% Säurezeigern eine Bewertung in Wasserstufe 2 automatisch aus.

3. Der Düngungsgrad hat ebenfalls einen sehr großen Einfluß auf die Artenzusammensetzung der Wiesen, insbesondere auf ihren Ertragswert. Auch hier sind vier Stufen zu unterscheiden:

- a mager
- b gut gedüngt
- c überdüngt
- d indifferent

Für die Trennung b—d gilt das gleiche wie beim Säuregrad, es genügt auch die Ausscheidung der Magerkeits- bzw. Überdüngungszeiger und Berechnung ihres Anteiles. Magere, ungenügend gedüngte Bestände sind in ihrer Wuchsleistung schwach und täuschen entschieden größere Trockenheit vor. Die Berücksichtigung

des Unterschiedes zwischen Magerkeit und Trockenheit ist daher zur Vermeidung von falscher Einwertung unbedingt notwendig. Gerade in diesem Fall würde eine unmittelbare Kombination ein völlig falsches Bild ergeben.

4. Die Ertragswertstufen. Neben den bisher genannten ökologischen Gruppierungen soll hiedurch der praktische Ertragswert des Futters festgestellt werden. Dieser geht zwar bis zu einem gewissen Grad parallel mit den Wasserstufen (fast alle hochwertigen Futterpflanzen sind an frische Böden gebunden), wird aber überdies in besonders starkem Maße vom Düngungszustand beeinflusst.

- I Hochwertige Obergräser
- II Hochwertige Untergräser
- III Mittelwertige Gräser (noch gut, jedoch ertragsschwach oder wegen geringen Wertes nicht anbauwürdig)
- IV Leguminosen und Futterkräuter
- V Kräuter im allgemeinen
- VI Sauergräser (Cyperaceen und Juncaceen)
- VII Giftpflanzen und ungenießbare (z. B. Disteln, Enzian u. ä.)<sup>1</sup>
- VIII Bodenkräuter<sup>2</sup> (Mähverlust) (niederliegende Arten mit höherem Deckungswert, die bei Mahd nicht erfaßt werden und dadurch den Ertrag drücken)
- IX Streupflanzen (Totalausscheidung, nur in Wiesen, in welchen auch Streunutzung in Frage kommt)
- X Moose und Flechten (Anteil wird in % der Gesamtdeckung der Krautschicht I—VIII berechnet).

I—IV enthalten die hochwertigen Futteranteile, V ist zumindest zum größeren Teil noch als wertvoll anzusehen und VI—VIII sind die minderwertigen Anteile. Die gelegentliche Bewertung als Streupflanzen (IX) erfolgt zusätzlich unabhängig von der Einstufung in die obengenannten Gruppen (z. B. Rohrglanzgras [I], Kohldistel [V], Großseggen [VII]), der Gesamtdeckungswert (gleichzeitig 100% für alle Anteilsberechnungen) ergibt sich demnach nur aus der Summe der Werte I—VIII. Die Moosdeckung wurde von uns in Relation zur Gesamtdeckung der Krautschicht ausgedrückt, weil dadurch deren Bedeutung stärker hervortritt als durch bloße Angabe der bedeckten Fläche (eine gleich stark entwickelte Mooschicht tritt relativ stärker in einer lockeren Krautschicht hervor als in einer dichten, mehrschichtig entwickelten).

Von der Praxis wurde wiederholt die Forderung gestellt, die bei der Bewertung gelegentlich nicht völlig klar trennbaren Wasserstufen 2 und 3 auch nach dem Verhältnis Obergräser:Untergräser sowie überhaupt nach dem Entwicklungszustand der einzelnen Pflanzen zu unterscheiden. Wohl treten die Obergräser im allgemeinen auf ungünstigeren Standorten zurück, dies kann jedoch nicht als generelles Kriterium gelten, weil das Verhältnis von Ober- und Untergräsern ebenso auch durch Düngung und Bewirtschaftung stark beeinflusst wird (optimale Intensivweiden ohne Obergräser! Verhungerte Magerwiesen, Zurücktreten der hochwertigen Obergräser!). Gerade durch eine Vermengung dieser Begriffe ergäben sich schwerwiegende Fehlerquellen in der Bewertung, weil auf diese Weise automatisch der besser düngende Bauer höher eingewertet werden müßte als

<sup>1</sup> Meist wurden in dieser Gruppe auch die minderwertigen bzw. sogar schädlichen Gräser (Bürstling, Rasenschmiele u. a.) mitberücksichtigt, sie können aber auch als eigene Gruppe ausgeschieden werden.

<sup>2</sup> An Stelle des ursprünglich verwendeten Ausdruckes „Mähverlust“ wollen wir nunmehr, dem Beispiel ELLENBERG's folgend, diese Pflanzen als Bodenkräuter bezeichnen.

jener, der seine Wiesen vernachlässigt, was gerade durch das Schätzungssystem verhindert werden soll.

Als Beispiel für diese Verschiedenheiten mögen zwei benachbarte Wiesen aus der Donauniederung des Machlandes (KG. Stefanshart) dienen. Beide Bestände gehören der gleichen Pflanzengesellschaft an („Salbeiwiese“); sie zeigen in der Aufteilung auf Wasserhaushaltsgruppen fast idente Werte und geben das typische Bild einer mittleren Wasserstufe 3<sup>+</sup> - wieder:

	1		2	
frisch (4)	48%	}	36%	}
indifferent (7)	10%		24%	
feucht (3)	14%		19%	
trocken (5)	22%		20%	
extrem trocken (6)	6%		1%	
		58%		60%

Der einzige nennenswerte Unterschied liegt in stärkerem Hervortreten indifferenten Arten und geringerer Menge von Frischezeigern in Aufnahme 2. Die Indifferenten unterscheiden sich jedoch von den Frischezeigern nur durch ihre weitere Amplitude sowohl gegen den trockenen als auch gegen den feuchten Bereich, wobei aber ihr Optimum zweifellos auch um den mittleren Bereich schwankt. Daher können wir für grundsätzliche Erwägungen 4 + 7 den Feuchtigkeitszeigern 1 + 2 + 3 bzw. den Trockenheitszeigern 5 + 6 gegenüberstellen. Dabei zeigt sich die völlige Übereinstimmung. Aufn. 2 erscheint im ganzen etwas feuchter, keinesfalls jedoch extremer als Aufn. 1.

Im Ertragswert besteht allerdings ein nicht unbeträchtlicher Unterschied zwischen der gut gedüngten Aufn. 1 und der verwahrlosten Aufn. 2.

	Aufn. 1	2
Hochwertige Obergräser	16%	5%
Hochwertige Untergräser	15%	7%
Mittelwertige Gräser	5%	14%
Leguminosen	8%	12%
Kräuter	36%	45%
Minderwertige Gräser	12%	8%
Sauergräser	3%	3%
Giftpflanzen	5%	6%

Die Verschiebung wirkt sich dabei praktisch nur bei den Gräsern und Kräutern aus, nicht aber im minderwertigen Teil. In der gut gedüngten Aufnahme herrschen hochwertige Gräser vor, in der verwahrlosten dagegen treten sie gegenüber den ertragsschwächeren mittelwertigen (vor allem Zittergras und Ruchgras) zu rück und auch der Kräuteranteil ist höher. Wie schon aus dieser rein qualitativen Betrachtung zu ersehen ist, besteht zwischen beiden Beständen ein beträchtlicher Ertragsunterschied, der sich in der hier nicht berücksichtigten Heumenge noch wesentlich stärker ausdrückt. Es wäre aber dennoch völlig ungerechtfertigt, die Wiese des schlechter wirtschaftenden Bauern deshalb in einer schlechteren Wasserstufe zu bewerten, da die natürlichen Standortsbedingungen in beiden Fällen gleich sind.

Dennoch ist natürlich eine genaue Erfassung des Ertragswertes auch in Zusammenhang mit der Grünlandbonitierung nicht unnötig. Schließlich sind Ertrag und Futterzusammensetzung die beiden praktischen Grundpfeiler der Grünlandwirtschaft. Es gilt jedoch stets, die Ursachen für Ertragsunterschiede zu klären, wozu die erwähnten drei ökologischen Beurteilungsgrundlagen (Wasserhaus-

halt, Säuregrad und Düngungsgrad) heranzuziehen und gegeneinander abzuwägen sind. In der Wasserstufe der Bodenschätzung allerdings soll nur der Wasserhaushalt beurteilt werden. Die statistische Durcharbeitung von 200 Vegetationsaufnahmen nach den Wasserhaushaltsgruppen ergab eine klare Einstufung der einzelnen Bestände in die Wasserstufen der Bodenschätzung und somit auch eine Möglichkeit, diese schärfer zu fassen, als dies bisher der Fall war. Die Ergebnisse sollen gemeinsam mit einer Charakterisierung der Wasserstufen besprochen werden.

## II. Die Wasserstufen

### *Wasserstufe 1*

In dieser Wasserstufe sind die Wiesen mit optimalsten Wasserhaushaltsbedingungen vereinigt, wie sie gewöhnlich nur durch künstliche Regulierung des Wasserhaushaltes erreicht werden können. Von Natur aus sind solche Verhältnisse wohl nur im Rheintal in Vorarlberg und im Thalgau in Salzburg in größerer Ausdehnung zu erwarten, sonst höchstens vereinzelt auf fast ebenen Flußterrassen im Alpenvorland. Eine Einschränkung dieser Wasserstufe auf künstliche Riesewiesen wäre widersinnig, da ein von Natur aus erreichter Höchstertag doch zweifellos höher zu bewerten ist als eine Wiese, in welcher solch ein Ertrag nur durch mit ziemlicher Arbeit verbundene Maßnahmen erreicht werden kann. Auf jeden Fall wird es sich immer nur um wenige erstklassige Wiesenflächen handeln, auf denen sich die Notwendigkeit einer Höherbewertung schon von selbst aus dem Vergleich mit benachbarten Flächen ergibt.

Nach den bisherigen Untersuchungen erscheint eine Abgrenzung gegenüber der Wasserstufe 2 allein auf Grund der relativen statistischen Aufgliederung der Artenliste nicht möglich, immerhin müssen mindestens 75% Frischezeiger vorhanden sein und der Anteil von Feuchtigkeits- und Trockenheitszeigern zusammen darf 5% nicht übersteigen. Im allgemeinen wird aber neben den besonders günstigen Umweltverhältnissen die besondere Wuchsfreudigkeit und der hohe Ertrag ausschlaggebend sein.

### *Wasserstufe 2*

Die normale Wasserstufe der guten Fettwiesen mit im allgemeinen ausgeglichenem Wasserhaushalt (vornehmlich Talwiesen, aber auch Bergwiesen bei mäßiger Hangneigung). Für magere Naturwiesen, bei deren Einwertung man zwischen Wasserstufe 2 und 3 schwanken könnte, diene als Kriterium, daß sie allein durch Düngung ohne jeden weiteren Eingriff eine hochwertige Futterzusammensetzung erreichen können. An sich wäre dies auch bei vielen extensiv bewirtschafteten, vom Hof weit entfernten Wiesen der Fall; diese müssen dennoch in Wasserstufe 3 bewertet werden, weil unter den normal möglichen Wirtschaftsbedingungen eine Intensivierung und somit eine Ertragssteigerung nicht erreichbar ist. Diese Sonderregelung gilt allerdings nur für die vom geschlossenen Siedlungsgebiet abgelegenen Wiesen im Gebirge, nicht jedoch für zufällig in der geschlossenen Nutzfläche eingestreute Wiesen eines entfernt wohnenden Besitzers, die oft verpachtet, fast immer jedoch extensiv bewirtschaftet werden und dem entsprechend geringere Erträge aufweisen als die benachbarten Wiesen unter gleichen Bedingungen. Hier würde ein Urteil nach dem tatsächlichen Ertrag und dem oberflächlichen Aussehen gerade zu einer Bewertung führen, die durch ein objektives System verhindert werden soll.

Die Analyse von 50 Vegetationsaufnahmen ergab folgende Mittelwerte für die Aufteilung auf Wasserhaushaltsgruppen (in % der Gesamtdeckung):

Arten des frischen Bodens	(4)	73% (53—87) <sup>3</sup>	} 92% (77—99)
indifferente Arten	(7)	19% (6—12)	
Arten des feuchten Bodens	(3)	5% (0—17)	
Arten des trockenen Bodens	(5)	3% (0—10)	

Naturgemäß überwiegen bei weitem die Arten des frischen Bodens, die Summe 4 + 7 liegt im Mittel über 90% und fällt auch im Einzelbestand praktisch nie (in 2 von 50 Aufnahmen) unter 80%. Feuchtigkeits- und Trockenheitszeiger treten völlig zurück, wobei bei den Trockenheitszeigern ein strengerer Maßstab angelegt werden muß (10% als zulässiges Höchstmaß gegen 17% Feuchtigkeitszeiger). Als allgemeine Faustregel hat demnach für Wasserstufe 2 zu gelten: Mehr als 65% Frischezeiger bzw. mehr als (85) — 90% Frische + Indifferente. Weniger als 15% Feuchtigkeits- bzw. weniger als 5% Trockenheitszeiger. Säure- und Verheidungsanzeiger ebenfalls verschwindend wenig. Werden diese Bedingungen erfüllt, so ist auch dann in Wasserstufe 2 zu bewerten, wenn der Bestand auf einem etwas steileren Hang liegt: Die Pflanzen zeigen an, daß dennoch die Wasserhaushaltsbedingungen gut sind — und das ist das Wesentliche!

### Wasserstufe 3+

In den feuchten Naturwiesen, die in diese Stufe einzureihen sind, verringert sich der Anteil der wertvollen Bestandteile merkbar, wenn sie auch noch namhaft vertreten sind. Feuchtigkeits- und Nässezeiger spielen schon eine große Rolle. Sauergräser sind allerdings meist noch schwach vertreten, ebenso wie auch noch keine geschlossene Moosdecke auftritt. Die Wasserstufe findet sich vornehmlich in Muldenlagen der Flußniederungen, an quelligen Hängen, am Rande größerer Sumpfbereiche und ähnlichen Standorten. Auch verheidende, austrocknende Moore sind hier einzureihen.

Auf Grund der Artenzusammensetzung ist diese Wasserstufe etwas schwieriger zu umgrenzen als Wasserstufe 2, weil hier eine obere Grenze (gegen WaStu 2) und eine untere Grenze (gegen WaStu 4+) zu unterscheiden ist. Dem entsprechend wurden die 28 in dieser Wasserstufe ausgewerteten Aufnahmen in drei Gruppen eingeteilt.

- a) Grenze gegen Wasserstufe 2 (16 Aufnahmen)
- b) Mittlere Wasserstufe 3 (8 Aufnahmen)
- c) Grenze gegen Wasserstufe 4 (4 Aufnahmen)

	a)	b)	c)
Frisch (4)	57% (47—66)	} 70 (56—83)	53% (39—58)
Indiff. (7)	13% (6—27)		10% (2—26)
Feucht (3)	26% (16—37)	} 63 (59—65)	30% (20—38)
Naß (1+2)	1% (0—5)		20% (15—27)
Trocken (5)	3% (0—11)	16% (12—23)	31% (15—50)
		1% (0—2)	28% (6—49)
			1% (0—2)

Nässe- (1) und Staunässezeiger (2) wurden hier noch zusammengefaßt, da sie erst spärlich vertreten sind und außerdem ja nur qualitative Unterschiede beinhalten. Der Schwerpunkt verschiebt sich in dieser Wasserstufe von Frisch nach Feucht. Als Faustregel können wir wieder folgende Formulierung aufstellen: Mehr als 20% Feuchtigkeitszeiger, zu welchen noch Nässe- und Staunässezeiger bis zu 40% treten können. Anteil der Frischen darf nicht unter (20—) 25% sinken. Moose treten im allgemeinen noch nicht stark hervor.

<sup>3</sup> In der Klammer tatsächlich beobachteter Schwankungsbereich.

### Wasserstufe 4+

Das physiognomische Haupt-Kennzeichen dieser Wasserstufe ist das starke Vorherrschen von Sauergräsern sowie eine meist geschlossene Moosschicht. Süßgräser und andere Arten des frischen Bodens treten völlig zurück. Hierher gehören mit Ausnahme der nassesten zentralen Teile alle staunassen Kleinseggen-Anmoore, desgleichen die Wollgras-Hochmoore sowie nur zeitweise überschwemmte Großseggen- und Hochstauden-Streuwiesen. In schlammigen, oft überschwemmten Mulden und Gräben der Flußniederungen ist oft eine Vegetation anzutreffen, die fast ausschließlich aus Kriech-Hahnenfuß und anderen Bodenkräutern zusammengesetzt ist und einen sehr schwachen Ertrag abgibt. Obwohl hier in der Regel Sauergräser fehlen, sind auch diese Bestände in Wasserstufe 4 einzureihen.

Aus dieser Wasserstufe wurden 24 Aufnahmen statistisch untersucht, die sich auf folgende 3 (bzw. 2) Gruppen aufteilen:

	a) (12 Aufn.)	b) (6 Aufn.)	c) (6 Aufn.)	b+c (12 Aufn.)
Frisch	(4) 12% (2—17)	4% (0—10)	5% (0—15)	5% (0—15)
Indiff.	(7) 3% (0—10)	3% (0—5)	0 (0—1)	1% (0—5)
Feucht	(3) 61% (45—74)	36% (13—56)	35% (25—53)	36% (13—56)
Staunaß	(2) 9% (1—20)	48% (30—73)	13% (4—22)	58% (36—76)
Naß	(1) 14% (1—21)	8% (1—20)	47% (39—63)	
Trocken	(5) 1% (0—3)	1% (0—3)		0 (0—3)

Wie aus diesen Zahlen hervorgeht, liegen die hauptsächlichlichen Variationsmöglichkeiten dieser Wasserstufe entweder in einem sehr starken Hervortreten von Feuchtigkeitszeigern (über 50%), wie in den unter a) zusammengefaßten Aufnahmen oder in einem hohen Anteil an Staunässe- (b) bzw. Nässezeigern (c). Für bloße Feststellung der Wasserstufe ohne Rücksicht auf qualitative Details (stauende oder fließende Nässe) können diese beiden letzteren Gruppen, die sonst völlig übereinstimmen, ohne weiteres zusammengefaßt werden. Die Kennzeichnung der Wasserstufe 4 hat also zu lauten: Weniger als 20% Frischezeiger (einschließlich Indifferente weniger als 25%), Feuchtigkeitszeiger mehr als 20% bis dominant, desgleichen Staunässe- und Nässezeiger.

### Wasserstufe 5+

In dieser Stufe werden nur die ständig nassen Streuwiesen (vorwiegend Großseggen) sowie die nassesten Teile von Kleinseggen-Anmooren und Hochmoorschlenken bis zur Grenze gegen den unproduktiven Boden zusammengefaßt. Gegenüber der vorigen Wasserstufe besteht eigentlich nur der graduelle Unterschied der dauernden Unpassierbarkeit bzw. des dauernd über der Bodenoberfläche stehenden Wassers. Arten mit höherem Futterwert fehlen gänzlich, auch die Feuchtigkeitszeiger verschwinden und die Bestände sind fast ausschließlich aus Nässe- und Staunässezeigern zusammengesetzt:

#### 6 Aufnahmen

Feuchtigkeitszeiger	(3)	3% (0—8)
Staunässezeiger	(2)	38% (17—53)
Nässezeiger	(1)	59% (42—78)

Die Gliederung des trockenen Astes erfolgt analog, wobei allerdings zu bedenken ist, daß Trockenheitszeiger viel strenger beurteilt werden müssen als Feuchtigkeitszeiger — das Optimum liegt im Grünland zwischen frisch und feucht gegenüber frisch-trocken im Acker.

### Wasserstufe 3-

In den „trockenen Wiesen“, die in ihrer Gesamtheit hier einzustufen sind, treten ebenso wie in den entsprechenden feuchten Wiesen die hochwertigen Gräser etwas zurück und mittelwertige Gräser dominieren. Die Wiesen sind im allgemeinen kräuterreich, auf kalkreichem Untergrund auch reich an Leguminosen. Trockenheit liebende Pflanzen treten bereits stark hervor, allerdings noch reichlich untermischt mit Arten des frischen Bodens. Hierher gehören besonders die trockenen Wiesen des pannonischen Hügellandes und der Terrassen des Alpenvorlandes, ferner die Bergwiesen auf mäßig steilen Südhängen (einschließlich der verheideten Partien) sowie Hutungen auf schotterreichen Alluvionen. 25 Aufnahmen wurden auf 3 Gruppen innerhalb dieser Wasserstufe aufgeteilt:

	a) (8 Aufnahmen)	b) (9 Aufnahmen)	c) (8 Aufnahmen)
Frisch (4)	68% (62—75) } 80 (78—85)	39% (30—50) } 53 (45—58)	30% (18—39) } 40 (26—46)
Indiff. (7)	12% (9—18) }	14% (8—20) }	10% (0—24) }
Feucht (3)	1% (0—4)	2% (0—8)	0% (0—1)
Trocken (5)	17% (12—22) } 19 (14—24)	33% (21—43) } 45 (36—55)	33% (29—36) } 60 (36—74)
Extrem (6)	2% (0—5) }	12% (4—20) }	27% (22—38) }

Die Gruppe a) stellt wieder die besten Bestände an der Grenze gegen Wasserstufe 2 dar. Sehr zu beachten ist, daß hier der Mittelwert der Trockenheitszeiger noch unter 20 liegt und auch der Anteil der Frischzeiger wesentlich höher ist als in der entsprechenden WaStu 3+. Die beiden anderen Gruppen unterscheiden sich im wesentlichen nur durch die Zunahme der extrem trockenen Arten, wobei wieder Gruppe c) zur WaStu 4- überleitet.

#### Allgemeine Regel:

Mehr als (10—) 15% Trockenheitszeiger, dazu bis 30% Arten extrem trockener Standorte. Gleichzeitig müssen aber noch mehr als (20—) 25% Frischezeiger vertreten sein.

### Wasserstufe 4-

Entsprechend dem Vorherrschen der Sauergräser in der analogen feuchten Stufe 4+ spielen hier minderwertige Horstgräser (Schafschwingel, Federgras u. a.) sowie harte Zwergsträucher und Rosettenpflanzen (Thymian, Sonnenröschen, Katzenpfötchen, Pechnelke) und andere Steppen- bzw. Heidepflanzen die Hauptrolle. Die Bestände sind bereits sehr lückig, einmähdig und ertragsschwach. Hauptverbreitung in den Steppenheiden des pannonischen Raumes; im Alpeninneren nur an steilen Südhängen, gelegentlich auch auf flachgründigen Fels- und Schotterböden in Trockengebieten. Ein Wesenszug der Vegetation ist die hohe Ausbrenn- gefahr. Unter den in Zusammenarbeit mit der Bodenschätzung eingewerteten Aufnahmen stehen bisher nur 5 Aufnahmen dieser Wasserstufe zur Verfügung, die ähnlich wie in WaStu 4+ in 2 Gruppen ausgewertet wurden (Trockenheitszeiger [5] besonders hoch — a) bzw. Dominanz der extrem trockenen [6] — b)).

	a) (3 Aufnahmen)	b) (2 Aufnahmen)
Frischezeiger (4)	8% (7—10) } 22% (17—29)	15% } 17%
Indifferente (7)	14% (10—22) }	2% }
Feuchtigkeitsz. (3)	4% (4—5)	—
Trockenheitsz. (5)	57% (54—60)	24%
Extrem Trocken (6)	17% (13—22)	59%

#### Allgemeine Regel:

10% — 15% Frischezeiger bzw. 20% — 30% einschließlich Indifferente als oberste Grenze; Trockene und extrem Trockene wechselweise zwischen 20 und 60%.

*Wasserstufe 5-*

Völlig offene Steppenrâsen oder Heiden an steilen, meist steinigcn Hängen mit geringstem Ertrag. Im wesentlichen nur extreme Hutweiden, die nur mehr eine Anerkennungszahl verdienen, wie sie fast nur im pannonischen Raum bzw. im inneralpinen Trockengebiet anzutreffen sind. 2 Aufnahmen ergeben die fast ausschließliche Zusammensetzung aus extremen Trockenheitszeigern:

Frischezeiger	(4)	1%
Indifferente	(7)	1%
Trockenheitszeiger	(5)	10%
Extrem Trockene	(6)	88%

Als Sonderfall in der Abstufungsreihe der Wasserstufen wäre noch Wasserstufe 3± zu nennen, welche insbesondere auf wechselfeuchten Wiesen in Flußniederungen mit leichten Böden (Frühjahr feucht, Sommer austrocknend) auftreten und sich im allgemeinen gut in das Bild einfügen, in welchen allerdings Feuchtigkeits- und Trockenheitszeiger gemischt stärker hervortreten. Die Vegetation gibt hier nicht so sehr eine einseitige Verschiebung als vielmehr einen besonders unregelmäßigen Wasserhaushalt mit jahreszeitlich verschiedenem Ausschlag auf die feuchte bzw. trockene Seite wieder. Neben zahlreichen durch das besonders im Frühjahr hochstehende Grundwasser bedingten Feuchtigkeitszeigern finden auch viele Trockenrasenarten infolge des im Sommer oberflächlich austrocknenden Bodens entsprechende Lebensbedingungen. Als Einzelbeispiele sind folgende Aufnahmen zu nennen:

Frischezeiger	(4)	53%	} 76%	45%	} 65%	22%	} 56%
Indifferente	(7)	23%		20%		34%	
Feuchtigkeitszeiger	(3)	11%	} 13%	13%	} 16%	26%	} 31%
Nässezeiger	(1+2)			3%		5%	
Trockenheitszeiger	(5)	12%	} 13%	19%	} 13%		
Extrem Trockene	(6)	1%					

Wasserstufe 4±, welche Bewertung gelegentlich von der Bodenschätzung auch vorgenommen wird, ist als einheitlicher Bestand praktisch nicht anzutreffen. Dadurch soll nur ein sehr kleinräumiger Wechsel zwischen extrem trockenen und staunassen Flächen ausgedrückt werden, wie er manchmal in trockenen Heiden mit eingestreuten kleinen Gehängeanmooren anzutreffen ist.

Auf Grund der Ergebnisse aus diesen Einzeluntersuchungen können wir die einzelnen Wasserstufen in einer allgemeinen Form gegeneinander abgrenzen, wobei natürlich zu bedenken ist, daß jeweils in den Grenzbereichen geringfügige Übergreifungen einzelner Werte möglich sind, da es ja auf das Zusammenspiel aller Gruppen ankommt.

Wasserhaushalt	5+	4+	3+	2	3-	4-	5-
4	0	0—20	20—60	60—100	70—20	20—0	0
4+7	0	0—25	25—80	80—100	80—30	30—0	0
3	0—20	20—60	40—20	20—0	5—0	0	0
1+2	100—80	80—20	40—0	0	0	0	0
5	0	0	(0—5)	0—10	10—40	60—20	30—0
6	0	0	0	0	0—30	20—70	70—100

Eine geringfügige Abweichung ergibt sich, wie bereits bei Besprechung des Säuregrades angedeutet wurde (s. S. 7), in jenen Wiesen, in welchen Säurezeiger

in stärkerem Maße auftreten, wie dies besonders in der Schieferzone der großen Längstäler sowie in den Zentralalpen der Fall ist. Obwohl grundsätzlich durch die Wasserstufe nur Bedingungen des Wasserhaushaltes, nicht aber der Nährstoffverhältnisse ausgedrückt werden sollten, müssen alle Bestände mit mehr als 20% Säurezeigern auch dann in Wasserstufe 3 bewertet werden, wenn die Anteile an Feuchtigkeits- bzw. Trockenheitszeigern noch innerhalb der für WaStu 2 zulässigen Grenzen liegen. Im übrigen sind jedoch die Abgrenzungen in völlig gleicher Art vorzunehmen, wie aus der Auswertung weiterer 60 Aufnahmen hervorgeht, die der Kürze halber hier nicht im einzelnen mit angeführt werden sollen.

Für Magerkeitszeiger gilt allerdings nicht das gleiche. Denn stärkeres Auftreten von Magerkeitszeigern spricht nur für eine nicht entsprechend intensive Bewirtschaftung und eine Geringerbewertung verhungelter Wiesen wäre entschieden eine Benachteiligung anderer Flächen, auf welchen höhere Erträge nur durch erhöhte Arbeitsleistung erzielt wurden (s. auch S. 138).

Ein verhältnismäßig einfacher Schlüssel ergibt sich bei der Bewertung von Hochmooren, der sich unmittelbar auf die Physiognomie gründen kann. Die nasen Schlenken, die meist nur von Torfmoos und Säuregräsern erfüllt sind, gehören in WaStu 5+. Die Wollgrasmoore sind in WaStu 4+ zu bewerten und die verheideten Partien mit Calluna und oft auch Pfeifengras in WaStu 3+. Ist die Verheidung noch weiter fortgeschritten und werden die Torfmoose wenigstens teilweise durch Heidemoose und Strauchflechten ersetzt, so ist Wasserstufe 3± am Platz. Da der Ertrag durchwegs sehr gering ist, werden ohnedies unabhängige Streuzahlen gegeben. Für Planungen (Moorentwässerung, Abbau u. dgl.) ist es aber von größter Bedeutung, den Zustand zu kennen, wie er sich in den oben genannten Wasserstufen ausdrückt. Bei kultivierten Hochmooren ist WaStu 2 nur mit großer Vorsicht anzuwenden, da die Erzielung eines guten Futterbestandes im allgemeinen auf Torfboden mit erheblichem Aufwand verbunden ist, der durch Einstufung in der — von Natur aus wohl höchstens anzunehmenden — WaStu 3 abzugelten ist.

### III. Zusammenstellung der wichtigsten Zeigerpflanzen

Jede auszugsweise Anführung einzelner markanter Zeigerpflanzen birgt in sich die Gefahr einer allzu schematischen Anwendung. Der große Wert der pflanzensoziologischen Betrachtungsweise liegt ja darin, daß durch die Berücksichtigung der gesamten Artenzusammensetzung ein feineres gegenseitiges Abwägen der verschiedenen Elemente und somit eine klarere Einstufung ermöglicht wird. Aus diesem Grund soll auch hier davon abgesehen werden, Zeigerpflanzen für einzelne Wasserstufen aufzustellen, vielmehr sollen die wichtigsten Grünlandpflanzen nach ihrer Einstufung in Wasserhaushalt, Säuregrad, Düngungsgrad und Ertragswert zusammengestellt werden. Die Fehlschlüsse, die sich bei allzu enger Stützung auf einzelne Zeigerpflanzen ergeben können, seien am Beispiel der Kohldistel (*Cirsium oleraceum*) kurz angeführt: Diese Pflanze, ein typischer Feuchtigkeitszeiger, kann im allgemeinen als sehr bezeichnende Zeigerpflanze für WaStu 3+ gelten (besonders in den typischen „Kohldistelwiesen“ der Flußniederungen). Einzelne Exemplare sind jedoch durchaus nicht selten in hochwertigen Wiesen der WaStu 2 anzutreffen, ebenso wie verschiedene Gehängevernässungen, in welchen die Kohldistel neben der dominant auftretenden Grabenbinse (*Scirpus silvaticus*) oft in großer Menge anzutreffen ist, in WaStu 4+ einzuwerten sind. In jedem Fall ist also der Gesamtbestand und die Zusammensetzung der Begleitvegetation zu beachten.

In der folgenden Zusammenstellung sind die Pflanzen nach den Ertragswertstufen angeordnet, um das Auffinden zu erleichtern. Gleichzeitig muß nochmals betont werden, daß es sich hier nur um eine Auswahl handeln kann, wenn auch getrachtet wurde, möglichst alle in größerer Menge auftretenden und daher im Deckungswert bedeutenderen Arten zu erfassen. Die Einwertung erfolgte auf Grund der Beobachtungen über ihr durchschnittliches optimales Vorkommen in Österreich. Geringfügige lokale Abweichungen sind daher in einzelnen Fällen möglich. Die Abkürzungen am Kopf der Tabelle bedeuten: W = Wasserhaushalt, S = Säuregrad, D = Düngungsgrad. In den beiden letzteren Gruppen sind nur die extremen Werte A, C bzw. a, c angeführt. Innerhalb des Wasserhaushaltes bedeutet die Anführung zweier Zahlen (z. B. Arrhenatherum 4—5, Typhoides 1—3), daß die betreffende Art ihr Optimum in einem Grenzbereich beider Wasserhaushaltsstufen findet. Bei der Auswertung sind solche Arten jeweils mit dem halben Deckungswert in beiden Klassen zu zählen.

I. Hochwertige Obergräser		W	S	D
Trisetum flavescens	Goldhafer	4		
Dactylis glomerata	Knaulgras	4		
Festuca pratensis	Wiesenschwingel	4		
Phleum pratense	Timotheegras	4		
Arrhenatherum elatius	Glatthafer	4—5		
Alopecurus pratensis	Wiesen-Fuchsschwanz	3—4		
Typhoides arundinacea <sup>4</sup>	Rohrglanzgras	1—3		
Glyceria aquatica <sup>+</sup>	Wasserschwaden	1		
II. Hochwertige Untergräser				
Poa pratensis	Wiesenrispe	4		
Lolium perenne	Deutsches Weidelgras	4		
Cynosurus cristatus	Kammgras	4		
Festuca rubra	Rotschwingel	4(—5)		
Poa trivialis	Gemeine Rispe	3—4		
Agrostis gigantea <sup>5</sup>	Fioringras	3		
Poa palustris	Sumpf-Rispe	1—3		
III. Mittelwertige Gräser				
Bromus mollis	Weiche Trespe	4		
Avenastrum pubescens	Flaumhafer	4—5	(A)	
Agrostis tenuis	Rotes Straußgras	4—5	C	a
Holcus lanatus	Wolliges Honiggras	3—4		a
Agropyron repens	Quecke	7		
Poa annua	Einjährige Rispe	7		c
Briza media	Zittergras	7		a
Anthoxanthum odoratum	Ruchgras	7	(C)	a
Festuca arundinacea <sup>+</sup>	Rohrschwingel	3		
Brachypodium pinnatum	Fiederzwenke	5	(A)	
Bromus erectus	Aufrechte Trespe	5—6	(A)	
Sesleria varia	Felsen-Blaugras	5—6	A	a

<sup>4</sup> Gleichzeitig ausgesprochene Streupflanzen (IX).

<sup>5</sup> Das Fioringras könnte gelegentlich auch als Obergras (Mittelgras) bewertet werden, die Hauptblattmasse befindet sich jedoch meist an niedrigen sterilen Trieben, so daß wohl allgemein gesehen eine Einstufung als Untergras berechtigt erscheint.

IV. Leguminosen und Futterkräuter		W	S	D
Trifolium pratense	Rotklee	4		
Lotus corniculatus	Hornschotenklee	4		
Lathyrus pratensis	Wiesen-Platterbse	4		
Vicia sepium	Zaunwicke	4		
Medicago lupulina	Hopfenklee, Gelbklee	4		
Vicia Cracca	Vogelwicke	3—4		
Trifolium repens	Weißklee	3—4		
Medicago sativa	Luzerne	4—5		
Trifolium medium	Mittlerer Klee	4—5	C	a
Trifolium hybridum	Bastardklee	3		
Trifolium montanum	Bergklee	5		
Onobrychis viciaefolia	Esparsette	5	A	
Hippocrepis comosa	Hufeisenklee	5—6	A	
Anthyllis Vulneraria	Wundklee	5—6	A	
Medicago falcata	Sichelklee	6		a
Alchemilla vulgaris	Frauenmantel	4		
Carum Carvi	Kümmel	4		
Pimpinella major	Große Bibernelle	4		
Sanguisorba officinalis	Großer Wiesenknopf	3—4		
Achillea Millefolium	Gemeine Schafgarbe	7		
Taraxacum officinale	Kuhblume	7		c

#### V. Kräuter

Crepis biennis	Zweijähriger Pippau	4		
Tragopogon pratense	Wiesen-Bocksbart	4		
Campanula patula	Wiesen-Glockenblume	4		
Rumex acetosa	Wiesen-Sauerampfer	4		
Melandryum rubrum	Rotes Marienröschen	4		
Glechoma hederacea	Gundelrebe	4		
Heracleum Sphondylium	Bärenklau	4		c
Anthriscus silvestris	Wiesenkerbel	4		c
Rumex obtusifolius	Stumpfbältriger Ampfer	4		c
Centaurea jacea	Wiesen-Flockenblume	3—4		
Prunella vulgaris	Gemeine Brunelle	3—4		
Aegopodium Podagraria	Geißfuß	3—4		
Daucus Carota	Wilde Möhre	4—5		a
Knautia arvensis	Wiesen-Witwenblume	4—5		
Galium verum	Echtes Labkraut	4—5		a
Filipendula hexapetala	Kleines Mädesüß	4—5		a
Hieracium umbellatum	Doldiges Habichtskraut	4—5	C	a
Hypochoeris radicata	Gemeines Ferkelkraut	4—5	C	a
Campanula rotundifolia	Gras-Glockenblume	4—5	C	a
Chrysanthemum Leucanthemum	Marguerite, Wucherblume	7		
Leontodon hispidus	Gemeiner Löwenzahn	7		a
Plantago lanceolata	Spitzwegerich	7		(a)
Galium Mollugo	Gemeines Labkraut	7		
Veronica Chamaedrys	Gamander-Ehrenpreis	7		
Betonica officinalis	Flohkraut	7	(C)	a
Solidago virga-aurea	Gemeine Goldrute	7	C	a
Arnica montana	Berg-Wohlverleih	7	C	a
Viola tricolor	Wiesen-Stiefmütterchen	7	C	
Leontodon autumnale	Herbst-Löwenzahn	3		
Symphytum officinale	Gemeine Beinwurz	3		
Chaerophyllum Cicutaria	Rauhhaariger Kälberkropf	3		(c)
Lychnis Flos-cuculi	Kuckucks-Lichtnelke	3		
Rumex crispus	Krauser Ampfer	3		c
Polygonum Bistorta	Schlangen-Knöterich	3		
Geum rivale	Bach-Nelkenwurz	3		
Succisa pratensis	Teufelsabbiß	3		
Serratula tinctoria	Färber-Scharte	3		a
Orchis latifolia	Breitblättriges Knabenkraut	3		a

		W	S	D
Cirsium oleraceum+	Kohldistel	3		
Thalictrum lucidum (u. flavum)+	Glänzende Wiesenraute	3		
Filependula Ulmaria+	Großes Mädesüß	3		
Angelica silvestris+	Wilde Engelwurz	3		
Valeriana officinalis+	Echter Baldrian	3		
Scorzonera humilis	Niedrige Schwarzwurz	2—3		a
Lythrum Salicaria	Blutweiderich	1—3		
Crepis paludosa	Sumpf-Pippau	2		
Willemetia stipitata	Kronenlattich	2		
Pedicularis palustris	Sumpf-Läusekraut	2		
Epipactis palustris	Sumpf-Stendelwurz	2		
Potentilla palustris	Blutauge	2	C	
Viola palustris	Sumpf-Veilchen	2	C	
Mentha aquatica	Wasserminze	1		
Myosotis palustris	Sumpf-Vergißmeinnicht	1		
Alisma Plantago-aquatica	Froschlöffel	1		
Campanula glomerata	Knäuel-Glockenblume	5		
Phyteuma Orbiculare	Rundköpfige Rapunzel	5	A	
Scabiosa Columbaria	Gemeine Skabiose	5	(A)	
Salvia pratensis	Wiesen-Salbei	5	(A)	
Polygala vulgaris	Gemeine Kreuzblume	5		
Silene Cucubalus	Klatschnelke	5		a
Rumex Acetosella	Kleiner Sauerampfer	5	C	a
Silene nutans	Nickendes Leimkraut	5—6	C	
Stachys recta	Aufrechter Ziest	5—6		
Centaurea Scabiosa	Grindkraut-Flockenblume	5—6		
Teucrium Chamaedrys	Gemeiner Gamander	5—6		
Sanguisorba minor	Kleiner Wiesenknopf	5—6		
Pimpinella saxifraga	Kleine Bibernelle	5—6		
Dianthus Carthusianorum	Steinnelke	5—6		
Anthericum ramosum	Zaunlilie	5—6		
Scabiosa ochroleuca	Gelblichweiße Skabiose	6		
Asperula cynanchica	Hunds-Waldmeister	6		
Viscaria vulgaris	Pechnelke	6	C	
Jasione montana	Sandglöckchen	6	C	

#### VI. Sauergräser

Carex hirta	Behaarte Segge	3—4		
Carex leporina	Hasen-Segge	3—4		
Carex flacca	Blaugrüne Segge	7		
Carex pallescens	Bleiche Segge	7	C	a
Luzula campestris s. l.	Gemeine Hainsimse	7		a
Carex tomentosa	Filz-Segge	3		a
Carex panicea	Hirsen-Segge	2—3		
Juncus effusus, conglomeratus				
inflexus, articulatus	Simsen	1—3		
Carex Hostiana	Host's Segge	2	A	
Carex flava	Gelbe Segge	2		
Carex Davalliana (C. scabra)	Rauhe Segge	2		
Trichophorum alpinum				
u. caespitosum	Haarbinsen	2		
Heleocharis palustris	Sumpfried	2		
Juncus filiformis	Faden-Simse	2		
Eriophorum latifolium	Breitblättriges Wollgras	2	A	
Eriophorum angustifolium	Schmalblättriges Wollgras	2	C	
Carex fusca	Gemeine Segge	2	C	
Carex stellulata	Sternsegge	2	C	
Carex inflata (C. rostrata)	Schnabelsegge	2	C	(Torf)
Eriophorum vaginatum	Scheiden-Wollgras	2	C	(Torf)
Carex elata+	Steißsegge	1		
Carex gracilis+	Spitzsegge	1		
Carex vesicaria+	Blasensegge	1		
Carex paniculata+	Rispensegge	1		

		W	S	D
Scirpus silvaticus+	Grabenbinse	5		
Carex caryophylla	Frühlingssegge	1		
Carex ornithopoda	Vogelfuß-Segge	5		
Luzula albida	Weißliche Hainsimse	5	C	a
Carex humilis	Niedrige Segge	6	A	

### VIII. Giftpflanzen und Ungenießbare

Equisetum arvense	Acker-Schachtelhalm	7		
Euphrasia Rostkoviana	Augentrost	7		a
Hypericum maculatum	Geflecktes Johanniskraut	7		
Ranunculus acer <sup>6</sup>	Scharfer Hahnenfuß	7		
Gentiana rhaetica	Herbst-Enzian	7		
Vaccinium Myrtillus	Heidelbeere	7	C	a
Rhinantus minor	Kleiner Klappertopf	3		
Equisetum silvaticum	Wald-Schachtelhalm	3		
Veratrum album	Weißer Germer	3		
Trollius europaeus <sup>6</sup>	Trollblume	3		
Colchicum autumnale	Herbstzeitlose	3		
Equisetum palustre	Sumpf-Schachtelhalm	2—3		
Cirsium palustre+	Sumpfdistel	2—3		
Ranunculus repens <sup>6</sup>	Kriech-Hahnenfuß	1—3		
Caltha palustris <sup>6</sup>	Sumpf-Dotterblume	1—3		
Equisetum limosum	Schlamm-Schachtelhalm	2		
Ranunculus Flammula <sup>6</sup>	Brennender Hahnenfuß	2	C	
Menyanthes trifoliata	Fiebertee	2	C	
Euphorbia cyparissias	Zypressen-Wolfsmilch	5		a
Hypericum perforatum	Gemeines Johanniskraut	5		
Rhinantus angustifolius	Schmalbl. Klappertopf	5		
Orobancha gracilis	Sommerwurz	5		
Ononis spinosa	Dornige Heuhechel	5		
Carlina acaulis	Wetterdistel	5		
Ranunculus bulbosus <sup>6</sup>	Knolliger Hahnenfuß	5		
Calluna vulgaris	Besenheide	5	C	a
Genista germanica	Deutscher Ginster	5—6	C	a
Eryngium campestre	Feld-Mannstreu	5—6		

### VIIa. Minderwertige Gräser

Holcus mollis	Weiches Honiggras	4—5	C	
Nardus stricta	Bürstling, Borstgras	7	C	a
Sieglingia decumbens	Dreizahngras	7	C	a
Molinia coerulea+	Pfeifengras	3		a
Deschampsia caespitosa	Rasenschmiele	3		
Phragmites communis+	Schilfrohr	1		
Deschampsia flexuosa	Drahtschmiele	5	C	a
Phleum Boehmeri	Glanz-Lieschgras	5—6		
Festuca ovina	Echter Schafschwingel	6	C	
Festuca sulcata, valesiaca u. a.	Gefurchter Schafschwingel	6		
Koeleria gracilis	Zartes Schillergras	6		

### VIII. Bodenkräuter

Ajuga reptans	Kriechender Günsel	4		
Plantago media	Mittlerer Wegerich	4—5		a
Veronica officinalis	Gemeiner Ehrenpreis	4—5	C	a
Potentilla erecta	Blutwurz	7	(C)	a

<sup>6</sup> Die Hahnenfußgewächse sind nur bei Weide- oder Grünfütternutzung als Giftpflanzen zu bezeichnen, da das giftige Anemonol flüchtig ist.

		W	S	D
<i>Plantago major</i>	Breitwegerich	7		c
<i>Bellis perennis</i>	Gänseblümchen	7		
<i>Lysimachia Nummularia</i>	Pfennigkraut	3		
<i>Potentilla reptans</i>	Kriechendes Fingerkraut	3		(c)
<i>Potentilla anserina</i>	Gänse-Fingerkraut	3		(c)
<i>Primula farinosa</i>	Mehlstaub-Primel	2—3	A	
<i>Valeriana dioica</i>	Kleiner Baldrian	2—3		
<i>Galium palustre</i>	Sumpf-Labkraut	2		
<i>Galium uliginosum</i>	Schlamm-Labkraut	2		
<i>Pinguicula vulgaris</i>	Fettkraut	2	A	
<i>Agrostis canina</i>	Hunds-Straußgras	2	C	
<i>Drosera rotundifolia</i>	Sonnentau	2	C	
<i>Agrostis stolonifera</i>	Flecht-Straußgras	1		
<i>Thymus sp.</i>	Quendel	5—6		
<i>Sedum album, sexangulare, acre</i>	Weißer, milder, scharfer Mauerpfeffer	5—6		
<i>Helianthemum ovatum</i>	Gemeines Sonnenröschen	5—6		
<i>Hieracium Pilosella</i>	Dukatenröschen	5—6		
<i>Prunella grandiflora</i>	Großblütige Brunelle	5—6		
<i>Antennaria dioica</i>	Katzenpfötchen	5—6	C	

## X. Moose und Flechten

Auch innerhalb der Moose gibt es Zeigerpflanzen für die verschiedenen Wasserstufen. Es soll daher besonders darauf hingewiesen werden, daß Moosreichtum durchaus nicht — wie dies oft geglaubt wird — immer mit übergroßer Feuchtigkeit zusammenhängen muß. Neben einer großen Zahl von Moosen auf nassem und staunassem Boden (z. B. Spagnum-Arten, Bäumchenmoos — *Climacium dendroides*, Spießmoos — *Acrocladium cuspidatum*) gibt es zahlreiche ausgesprochene Trockenmoose (Leitermoos — *Abietinella abietina*, Hasenpfötchenmoos — *Rhytidium rugosum* u. a.) und sogar Zeiger für frischen Boden (*Cirriphyllum piliferum*, *Brachythecium rutabulum* u. a.). Im Grünland treten daneben — besonders an Nordhängen und in schattigen Lagen — öfters Wald- und Heide-moose stärker hervor. Diese sind nur als Magerkeitszeiger zu werten und können zur Abgrenzung von Wald- oder Bergschatten-Abschlägen wertvolle Hinweise geben.

## IV. Zusammenfassung

Von dem Gedanken ausgehend, daß der Wasserhaushalt der verschiedenen Grünlandbestände, der für ihre Bewertung eine so grundlegende Bedeutung hat und durch die „Wasserstufen“ der Bodenschätzung erfaßt werden soll, am deutlichsten durch die Artenzusammensetzung der Vegetation wiedergegeben wird, wurden in enger Zusammenarbeit mit der österreichischen Bodenschätzung zahlreiche Vegetationsaufnahmen statistisch analysiert. Die einzelnen Pflanzenarten wurden nach ihrem Zeigerwert in Wasserhaushaltsgruppen eingeteilt, daneben in weitere Gruppen nach ihrer Stellung zu Säuregrad und Düngung. Desgleichen wurde auch eine Aufgliederung nach verschiedenen Ertragswertgruppen vorgenommen, durch welche die Qualität eines Bestandes erfaßt wird. Die Auswertung der Vegetationsaufnahmen ergab, daß die einzelnen Wasserstufen klar durch die prozentuelle Aufgliederung des Artenbestandes (auf der Grundlage des mittleren Deckungswertes) gegenseitig abgegrenzt werden können, was insbesondere in Zweifelsfällen zur Vermeidung von Unklarheiten von großer Bedeutung ist, wobei allerdings betont werden muß, daß es sich bei dieser Aufschlüsselung ebenso wie bei anderen ähnlichen Methoden nur um eine Erfassung normaler Fälle handeln kann, während Sonderfälle stets einer eigenen spezifischen Lösung bedürfen.

## Literatur

- BRAUN-BLANQUET, J.: Über den Deckungswert der Arten in den Pflanzengesellschaften der Ordnung Vaccinio-Piceetalia. Jb. Naturf. Ges. Graubündens LXXX; SIGMA Comm. No. 90. Coire 1946.
- ELLENBERG, H.: Wiesen und Weiden und ihre standörtliche Bewertung. Landwirtschaftliche Pflanzensoziologie II. Stuttgart/Ludwigsburg 1952.
- KLAPP, E.: Landwirtschaftliche Anwendungen der Pflanzensoziologie. Stuttgart/Ludwigsburg 1949.
- PETERSEN, A.: Die neue Rostocker Grünlandschätzung. Abhdl. d. Dt. Akad. d. Wiss. Berlin. Kl. f. Gesellschaftswiss. Jg. 1952, H. 1. Berlin.
- RÖSCH, A. u. KURANDT, F.: Reichsbodenschätzung und Reichskataster, 2. Aufl. Taschen-Gesetzsammlung 141. Berlin 1941.
- ROTHKEGEL, W.: Landwirtschaftliche Schätzungslehre. Stuttgart/Ludwigsburg 1947.
- ROTHKEGEL, W. u. HERZOG, H.: Das Bodenschätzungsgesetz. Kommentar Taschen-Gesetzsammlung 168. Berlin 1935.
- TILL, A.: Zur Bewertung landwirtschaftlich genutzter Böden Österreichs II. Die Bodenkultur, 5. Jg. H. 2. Wien 1951.
- WAGNER, H.: Pflanzensoziologie des Acker- und Grünlandes. Sonderausg. Gerold's Handb. d. Landwirtsch. Wien 1950.
- WEINMEISTER, B.: Standortkundliche Analyse von Vegetationsaufnahmen. Landw. Handb. f. Bayern 1953. 30. Jg., H. 5/6.
- WEINMEISTER, B. u. MORTON, F.: Derr Sonnstein am Traunsee. Arbeiten aus der Botanischen Station Hallstatt. 1947.

# Die Tonminerale burgenländischer Flugsandböden

Von Walter J. SCHMIDT, Wien.

Flugsandböden sind im Burgenland und im östlichen Niederösterreich weit verbreitet und besitzen daher auch für die Landwirtschaft nicht unerhebliche Bedeutung. Die Beschäftigung mit den mannigfachen Problemen dieser Böden, insbesondere hinsichtlich ihrer bestmöglichen landwirtschaftlichen Nutzung, hat dazu gezwungen, Untersuchungen von den verschiedensten Gesichtspunkten her zu führen.

Im Rahmen dieser von Sektionschef Dr. B. RAMSAUER und Prof. Dr. H. FRANZ angeregten und koordinierten Arbeiten wurden vom Verfasser die Tonfraktionen zweier burgenländischer Flugsandböden (Zurndorf und St. Andrä) hinsichtlich ihrer mineralischen Zusammensetzung, deren Kenntnis weitere Schlüsse auf Eigenschaften und Verhalten zuläßt, untersucht. Die Bodenproben wurden bei der ersten Exkursion der Österr. Bodenk. Ges. im Juni 1954 eingesammelt.

Die folgenden Ausführungen beschränken sich soweit als möglich auf das spezielle Thema, während für weitere Informationen auf andere Publikationen verwiesen wird.

Die erste Probe (Zurndorf) wurde etwa 1 km nördlich Zurndorf, unmittelbar westlich der Straße nach Gattendorf entnommen. Es handelt sich um ein typisches A/D-Profil; etwa 40 cm graubrauner Flugsand (Farbbezeichnung nach den Munsell Soil Color Charts in trockenem Zustand 10 YR 3/2, feucht 7 1/2 YR 3/2) liegt auf pleistozänem (tieferem) Terrassenschotter (hauptsächlich Quarz). Die Flugsandaufgabe ist, abgesehen von der oberflächennahen Durchwurzelung, nicht weiter gegliedert. Der pH-Wert der aufgeschlämmten Probe beträgt 6,5<sup>1)</sup>. Der Humusgehalt (Methode WALKLEY—ARMSTRONG—BLACK) beträgt 2,52<sup>1)</sup>. Es ist wahrscheinlich, daß es sich dabei um sekundär zusammengeschwemmtes etwas mit Löß vermengtes Material handelt. Die Korngrößenverteilung (Methode KOPETZKY) findet sich in Tabelle 1<sup>1)</sup>. Der Anteil der Fraktion unter 0,002 mm ist überraschend hoch (5,7%) im Vergleich zu dem anderer Flugsande (siehe z. B. H. WIESENER, 1930<sup>2)</sup>). Der Mineralbestand der gröberen Fraktionen (über 0,002 mm) umfaßt 85—90% Quarz, dann Muskowit, Biotit, Orthoklas, Epidot, Granat, Zirkon, Magnetit, Limonit. Weitere Bestandteile konnten infolge der starken Verkrustung nicht einwandfrei identifiziert werden. Die Besprechung der Untersuchungsergebnisse an der Tonfraktion erfolgt gemeinsam mit der zweiten Probe.

Die zweite Probe (St. Andrä) wurde zwischen St. Andrä und dem Zicksee in einer Schottergrube entnommen. Die Situation ist ähnlich wie bei Zurndorf. Ein typisches A/D-Profil, etwa 30 cm Auflage von rötlichbraunem Flugsand (Farbwert trocken 7 1/2 YR 5/5, feucht 7 1/2 YR 3/2) auf pleistozänem Terrassenschotter (hauptsächlich Quarz). Der Flugsand ist in sich nicht weiter gegliedert. Der pH-Wert der aufgeschlämmten Probe beträgt 5,8<sup>1)</sup>. Der Humusgehalt ist minimal. Die Korngrößenverteilung findet sich in Tabelle 1<sup>1)</sup>. Auch hier ist der Anteil der Fraktion unter 0,002 mm relativ hoch (4,6%). Der Mineralbestand der gröberen Fraktionen entspricht dem der ersten Probe.

Nach der neuesten zusammenfassenden Publikation von H. FRANZ, 1955<sup>3)</sup>, handelt es sich bei beiden Böden um Paratschernoseme, und zwar um Klimaxbildungen und nicht etwa um Reliktböden.

Tabelle 1

Korngrößenverteilung der Flugsandböden von Zurndorf und St. Andrä<sup>1)</sup>.

Fraktionen		Zurndorf	St. Andrä
2,0—0,02 mm	Sand	75,2%	76,3%
0,02—0,006 mm	Grobschluff	8,9%	10,1%
0,006—0,002 mm	Feinschluff	10,1%	9,0%
unter 0,002 mm	Rohton	5,7%	4,6%
		<u>99,9%</u>	<u>100,0%</u>

Zur Untersuchung der Tonfraktionen wurden röntgenographische und elektro-optische Methoden herangezogen.

Die Auswertung der Debye-Scherrer-Aufnahmen (Cu<sub>Kα</sub>-Strahlung, 30 kV, 20 mA, Blende 1 mm, Belichtungsdauer 1,5 Stunden) zeitigte das in Tab. 2 dargestellte Ergebnis.

Tabelle 2

Linienverteilung bei Debye-Scherrer-Aufnahmen der Tonfraktionen der Flugsandböden von Zurndorf und St. Andrä. M — Linien von Montmorillonit, K — stärkere Linien von Kaolinit, I — stärkere Linien von Illit, S — stärkere Linien von Serizit, Mu — stärkere Linien von Muskowit, Q — stärkere Linien von Quarz.

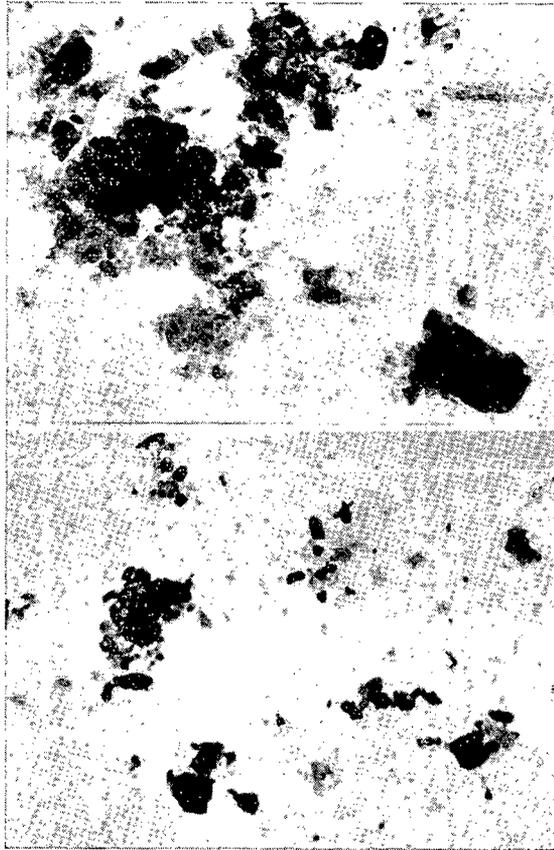
Linien von	Zurndorf		Bemerkung	St. Andrä		Bemerkung
	d	I		d	I	
			weiter innen gelegene Linien wegen zu starker Schwärzung nicht meßbar			weiter innen gelegene Linien wegen zu starker Schwärzung nicht meßbar
M,	5,97	8	breit; gemessen am äußeren Rand	6,12	8	breit; gemessen am äußeren Rand
M, K, I, S, Mu,	4,42	10	breit	4,38	10	breit
K,	3,53	6		3,53	6	
M, I, S, Mu, Q,	3,36	10		3,29	10	
S, Mu,	2,98	0,5		2,97	1	
M,	2,82	0,5		2,83	0,5	
M, K, I, S, Mu,	2,58	7		2,55	8	
M,	2,46	1				
K,	2,39	1		2,39	1	
M,	2,25	0,5		2,24	0,5	
M,	2,13	1		2,14	1	
M, Mu,	1,98	2		1,98	1	
M, Q,	1,82	1		1,81	1	
M,	1,70	1		1,70	2	
M, K,	1,65	2		1,66	2	
Q,	1,54	1		1,55	1	
M, K, I, S, Mu,	1,46	4		1,50	4	
M, Q,	1,35	2		1,38	1	
M,	1,30	2		1,29	1	
M,	1,25	1		1,26	0,5	

Die Montmorillonitlinien sind weitaus dominierend, es sind alle charakteristischen Linien vorhanden und auch in den Intensitäten ergibt sich mit den Angaben aus der Literatur gute Übereinstimmung. Neben den Montmorillonitlinien treten auch die stärksten Linien von Kaolinit und Quarz auf, sowie solche glimmerähnlicher Minerale. Eine Entscheidung, ob es sich dabei nun um Muskowit und/oder

Serizit und/oder Illit handelt, ist kaum möglich, weil nur die stärksten Linien auftreten und diese bei den betreffenden Mineralen weitgehend übereinstimmen.

Nach der Intensitätsverteilung dürfte es sich mengenmäßig etwa um 80—85% Montmorillonit handeln, etwa 5—8% glimmerähnliche Minerale, etwa 7—10% Kaolinit und etwa 3—5% Quarz.

*Abb. 1 Elektronenoptische Aufnahmen <sup>4)</sup> der Tonfraktion des Flugsandbodens von Zurndorf. Unregelmäßige, häufig „wolkige“ Aggregate (weitaus vorherrschend) — Montmorillonit: kleine, scharf begrenzte, häufig leistenförmige Blättchen — serizitähnliche Minerale; scharf begrenzte, ungefähr hexagonale Blättchen — Kaolinit; kleine, unregelmäßig scharfkantige Bruchstücke — Quarz. 8000 x.*



*Abb. 2 Elektronenoptische Aufnahme <sup>4)</sup> der Tonfraktion des Flugsandbodens von St. Andri. Beschreibung wie bei Abb. 1. 7000 x.*

Unterschiede zwischen den beiden Proben sind kaum vorhanden.

Das elektronenoptische Bild (siehe Abb. 1 und 2) <sup>4)</sup> fügt sich gut in die oben dargestellten Verhältnisse. Weitaus vorherrschend sind unregelmäßig begrenzte, „wolkige“ Aggregate von Montmorillonit, die sich nur schwer weiter auflösen lassen. Auffallend ist, daß sie häufig ausgefrante Ränder aufweisen, wohl ein Hinweis darauf, daß sie Zersetzungseinflüssen ausgesetzt waren oder sind. Blättchen mit annähernd hexagonalen Umrissen (Kaolinit) sind relativ selten. Häufiger

sieht man noch kleine, scharfkantige, vorwiegend leistenförmige Mineralbruchstücke, die sehr an Serizit erinnern. Das „wabenartige“ Gefüge der Illite konnte in keinem Fall beobachtet werden. Bei den relativ seltenen, kleinen, unregelmäßig scharfkantigen Mineralbruchstücken handelt es sich vorwiegend um Quarz.

Zusammenfassend ergibt sich demnach, daß die Tonfraktion der untersuchten Flugsandböden zu etwa 80—85% aus Montmorillonit (mit Zersetzungserscheinungen) besteht, zu etwa 5—8% aus serizitähnlichen Mineralen, zu etwa 7—10% aus Kaolinit und zu etwa 3—5% aus Quarz.

### Fußnoten

<sup>1)</sup> Die Untersuchung wurde am Institut für Geologie und Bodenkunde der Hochschule für Bodenkultur in Wien von Dr. H. CHIZZOLA durchgeführt. Ich danke Herrn Prof. Dr. Ing. H. FRANZ für die Überlassung der Daten herzlich.

<sup>2)</sup> WIESENEDER, H.: Studien an Sanden des niederösterreichischen Marchfeldes. — Tscherm. Min. Petr. Mitt., n. F., 40. Leipzig 1930.

<sup>3)</sup> FRANZ, H.: Zur Kenntnis der „Steppenböden“ im pannonischen Klimagebiet Österreichs. — Bodenkultur, 9. Wien 1955.

<sup>4)</sup> Für die Durchführung der elektronenoptischen Aufnahmen danke ich Frau Dr. med. F. PAKESCH von der 2. Med. Univ. Klinik in Wien, Vorstand Prof. Dr. K. FELLINGER.

## **Schnellmethoden zur näherungsweise Bestimmung der Bodenfeuchte**

Von K. EHRENDORFER

(Eingelangt am 25. 4. 1955)

Der Wachstumsfaktor Wasser ist für die Entwicklung und Ertragsleistung unserer Kulturpflanzen von allergrößter Bedeutung. Seit es durch die technische Entwicklung möglich ist, große Flächen künstlich zu bewässern und man nicht mehr wie früher nur auf natürliche Niederschläge angewiesen ist, muß es Aufgabe des Pflanzenbauers sein, die Wasserversorgung der Kulturpflanzen optimal zu gestalten. Aus dem Wirkungsgesetz des Wachstumsfaktoren von MITSCHERLICH (1948, 1950) ergibt sich die Forderung einer gleichen Düngung für alle Pflanzen. Alle Pflanzen verlangen für ihre optimale Entwicklung und Ertragsleistung ein gleiches und während der Vegetationsperiode konstantes Nährstoffanbot, bezogen auf die Wurzeloberfläche (KOPETZ 1952). In Weiterentwicklung dieser Überlegungen des konstanten Nährstoffanbotes für alle Pflanzen hat KOPETZ (1953) die Konstanz des Angebotes auch für den Wachstumsfaktor Wasser gefordert. Die großen Ertragssteigerungen (KOPETZ 1953, 1955) durch ein konstantes Wasseranbot sind Beweis für die Richtigkeit dieser Überlegung.

Die Forderung, das Wasseranbot konstant zu halten, kann man im Freiland nur einseitig erfüllen; man setzt einen Wert fest, unter den das Wasseranbot nicht sinken darf. Eine Begrenzung nach oben wird aber aus der Natur der Sache nicht möglich sein, denn jede natürliche oder künstliche Wasserzufuhr wird die oberen Bodenschichten weitgehend sättigen müssen, soll den darunter liegenden Wasser zugeführt werden. Nach der Wasserzufuhr wird der Feuchtegehalt der einzelnen Bodenschichten wieder mehr oder weniger rasch durch Versickern, Verdunstung und Wasserentzug durch die Pflanzen abnehmen. Um die Forderung nach einem konstanten Wasseranbot zu erfüllen, genügt es, wie eine große Anzahl von Versuchen gezeigt hat, die Abnahme der Bodenfeuchte laufend zu kontrollieren und das Unterschreiten eines bestimmten Schwellwertes durch künstliche Bewässerung zu verhindern.

Die Notwendigkeit, das Wasseranbot in dieser Weise konstant zu halten, hat die Problemstellung für vorliegende Arbeit ergeben.

1. Es soll eine Methode zur Bodenfeuchtebestimmung gefunden werden, die jeder Landwirt ohne Laboratorium und heikle Meßinstrumente rasch und mit genügender Genauigkeit durchführen kann.

2. Es soll der jeweilige Schwellwert der Bodenfeuchte angegeben werden, der nicht unterschritten werden soll.

Können diese beiden Forderungen zumindest annähernd erfüllt werden, so wird man in der Lage sein, der Pflanze während ihrer ganzen Vegetation ein optimales Wasseranbot zu sichern. Man wird dann nicht mehr auf eine gefühlsmäßige Bewässerung angewiesen sein, die in vielen Fällen erst einsetzt, wenn bereits Dürreschäden, etwa Welken oder Eintrocknen der Blätter, zu beobachten sind.

## Voraussetzungen und Überlegungen für eine Schnellmethode

Für die Frage des Wasseranbotes erscheint es zweckmäßig, die jeweilige Bodenfeuchte nicht absolut, sondern in Relation zu einer Bezugsgröße anzugeben. Als Bezugsgröße wurde zunächst die absolute Wasserkapazität (abs. Wk.) gewählt, die bekanntlich jene Wassermenge ist, die trockener Boden entgegen der Schwerkraft aufzunehmen und festzuhalten vermag (BLOHM 1927, FRECKMANN-BAUMANN 1937). Sie wird in g Wasser pro 100 g absolut trockenen Boden (105° C) angegeben (HERMANN 1941). Die Feuchtebestimmung soll in Anlehnung an die Bestimmung der abs. Wk. durchgeführt werden, und zwar so, daß man aus der Differenz zwischen Wasseraufnahme einer Bodenprobe und der vorher bestimmten abs. Wk. die Feuchte der Bodenprobe ermittelt. Dazu ist es notwendig, auch feuchten Boden rasch und möglichst gleichmäßig in die Meßgefäße einfüllen zu können. Es konnten daher für diese Schnellmethode nicht die üblichen hohen und schmalen Gefäße (MITSCHERLICH 1950) verwendet werden, sondern zylindrische Aluminiumbecher, die etwa 67 mm hoch sind und deren Durchmesser etwa 76 mm beträgt. Ein Griff an der Seite dieser verwendeten Meßgefäße erleichtert die Handhabung. Der Inhalt der Gefäße beträgt ca. 270 cm<sup>3</sup>, ihr Gewicht liegt zwischen 35 und 40 g. In den Boden der Gefäße sind, gleichmäßig verteilt, 35 bis 40 Löcher von 1 mm Durchmesser gebohrt (Abb. 1).

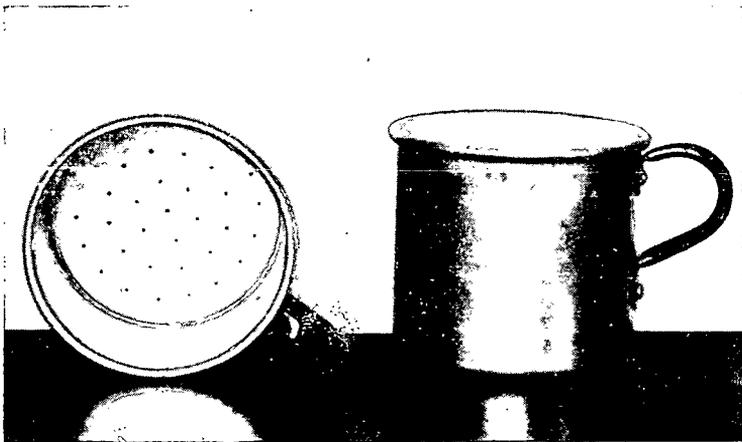


Abb. 1 Meßgefäß zur näherungsweise Bestimmung der Bodenfeuchte (Schnellmethode)

Es ist nicht möglich, aus dem Volumsgewicht des feuchten Bodens, also durch eine Wägung allein bei Kenntnis der abs. Wk., auch nur annähernd den Feuchtegehalt einer Probe zu bestimmen. Denn es ändert sich durch die künstliche Lagerung des Bodens beim Einfüllen in das Meßgefäß die Struktur und damit das Porenvolumen sehr stark. Der lufttrockene Boden liegt verhältnismäßig dicht; bei mehr oder weniger feuchtem Boden bilden sich Krümel, die das Porenvolumen stark vergrößern, wodurch das gleiche Volumen feuchten Bodens unter Umständen weniger wiegt als lufttrockener. Wenn auch beim Vergleich verschiedener mittlerer Bodenfeuchten diese Strukturunterschiede nicht so bedeutend sind, ergeben sich doch Gewichtsunterschiede beim Einfüllen der Gefäße, die große Fehler in die Ergebnisse bringen würden.

Um diese Fehlerquellen bei einer Feuchtebestimmung auszuschalten, müssen zwei Wägungen durchgeführt werden. Da ein Trocknen zu viel Zeit (luft-trocknen) oder zu teure und große Geräte (Trockenschrank o. ä.) braucht, war es naheliegend, die Proben in Wasser zu stellen und ihre volle Wassersättigung zu bestimmen, in Analogie zur Bestimmung der abs. Wk. Diese so gefundene volle Wassersättigung besteht aus der im Boden vorhandenen Bodenfeuchte und der Wasseraufnahme; sie ist der abs. Wk. nicht gleich, denn je nachdem, ob trockener oder verschieden feuchter Boden künstlich gelagert wird, ist seine Struktur und damit seine Wasseraufnahmefähigkeit recht verschieden (BLOHM 1927, JANERT 1927). Es ist notwendig, die Änderung der vollen Wassersättigung in Abhängigkeit von der Bodenfeuchte des künstlich gelagerten Bodens experimentell zu ermitteln und bei der Auswertung der Meßwerte zu berücksichtigen.

Die Änderung der vollen Wassersättigung soll an zwei Böden, einem humosen Sand aus Alt-Prerau b. Laa/Th. und einem Lehm Boden vom Föhlenhof in Wiener-Neustadt, gezeigt werden (Abb. 2).

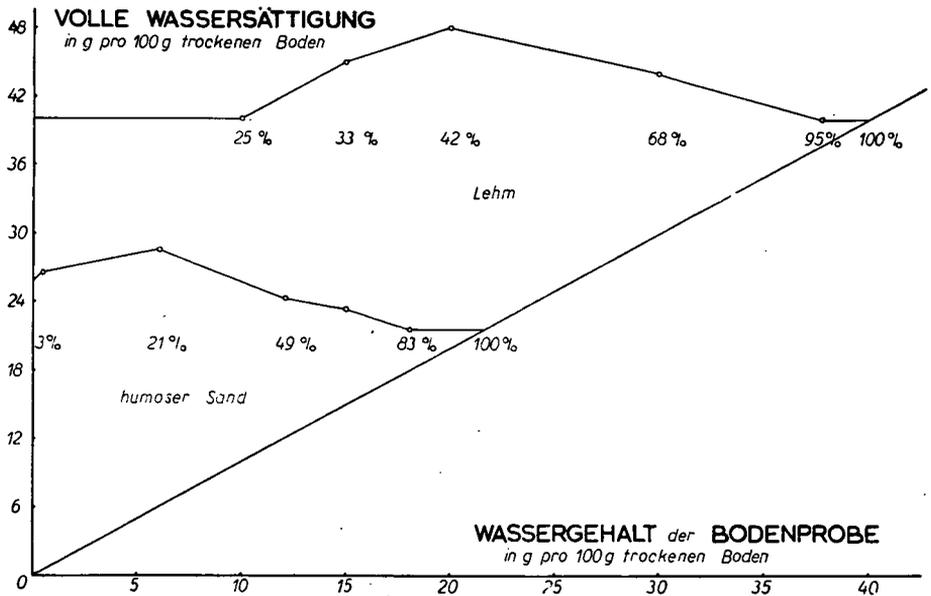


Abb. 2 Volle Wassersättigung in Abhängigkeit vom Wassergehalt der Bodenprobe bei einem Lehm Boden und einem humosen Sandboden

Je tiefer die Kurve im Diagramm liegt, um so geringer ist die abs. Wk., die als Kurvenbeginn direkt an der y-Achse abzulesen ist, und um so geringer ist auch die volle Wassersättigung des Bodens. Auch die Länge der Kurve ist Ausdruck für die abs. Wk. und die volle Wassersättigung.

Man kann bei beiden Böden ein deutliches Maximum der vollen Wassersättigung erkennen. Die Prozentzahlen bei den einzelnen Punkten geben die relative Bodenfeuchte der jeweils zur Bestimmung verwendeten Probe an; es ist der Wassergehalt, der auf der x-Achse angegeben ist (Feuchte der Probe) in Prozent des auf der y-Achse angegebenen Wassergehaltes (volle Wassersättigung). Das Maximum der vollen Wassersättigung liegt beim Sandboden bei 21% rel. Boden-

feuchte, beim Lehmboden bei 42%. Es verschiebt sich bei schweren Böden nach rechts.

### Durchführung der Bodenfeuchtebestimmung

Die Bestimmung der Bodenfeuchte erfolgt in zwei Abschnitten, und zwar in einem vorbereitenden Teil und in einem laufenden Teil. Die vorbereitenden Arbeiten. Zunächst wird man das Feld oder den Schlag, auf dem laufend Bodenfeuchtebestimmungen durchgeführt werden sollen, hinsichtlich der Einheitlichkeit der Bodenart zu beurteilen haben. Ist die Bodenart am ganzen Feld bezüglich der Wasserführung mehr oder weniger einheitlich, man kann dies z. B. aus dem Vergleich der Bodenfeuchte oder der abs. Wk. verschiedener Stellen ersehen, so kann man für die vorbereitenden Arbeiten eine Durchschnittsprobe des ganzen Schlags nehmen, die man in einem trockenen Raum flach ausbreitet und lufttrocken werden läßt (ca. 14 Tage). Werden große Unterschiede gefunden, so müssen die Böden getrennt bearbeitet werden. Dann bestimmt man im Trockenschrank bei 105° C das noch anhaftende hygroskopische Wasser. Die absolute Wasserkapazität wird mit Hilfe des oben beschriebenen Meßgefäßes bestimmt, indem man zunächst große Steine und grobe Brocken aus dem lufttrockenen Boden ausklaubt. Dann füllt man das Gefäß, dessen Gewicht (G) bekannt ist, indem man es mehrmals aufstoßt, mit lufttrockenen Boden, wiegt ab (Einwaage E) und stellt es in eine Schale mit Wasser, daß es 1—2 cm tief eintaucht. Je nach Bodenart ist die Wasseraufnahme durch den siebartig durchbrochenen Boden des Gefäßes mehr oder weniger rasch beendet, nach ca. 25 Minuten ist Gewichtskonstanz erreicht; man läßt gut abtropfen und wiegt = Auswaage A. Die Menge lufttrockenen Bodens errechnet sich aus  $E - G$ , die Menge ofentrockenen Bodens entsprechend der Wasserbestimmung im Trockenschrank. Die Wasseraufnahme ( $A - E$ ) zuzüglich der entsprechenden Wasserverdunstung im Trockenschrank wird in Gewichtsprozenten der Menge ofentrockenen Bodens angegeben. Es ist die abs. oder maximale Wasserkapazität, wenn auch die Bestimmung nicht genau nach den vereinbarten Methoden durchgeführt ist (nicht gesiebter Boden, abgeändertes Gefäß) (MIT-SCHERLICH 1950).

Da, wie gezeigt werden konnte, die volle Wassersättigung von Proben, welche verschieden feucht in das Meßgefäß eingefüllt werden, oft nicht übereinstimmt, muß die volle Wassersättigung für eine Reihe von künstlich angefeuchteten Proben ermittelt werden. Man feuchtet zu diesem Zweck gewogene Mengen des lufttrockenen Bodens mit bekannten Mengen Wasser an, etwa mit 20%, 40%, 60%, 80% der abs. Wk. Im Boden, den man luftdicht, etwa in gedeckten Glasschalen aufstellt, hat sich nach ein bis zwei Tagen die Feuchtigkeit gleichmäßig verteilt. Man bestimmt dann für jede Stufe die volle Wassersättigung in analoger Weise wie die abs. Wk., indem man die Wasseraufnahme bestimmt und den bekannten Wassergehalt dazurechnet. In einem Diagramm kann man dann die abs. Wk. für trockenen Boden und die verschiedenen Werte der vollen Wassersättigung, in Abhängigkeit der Feuchte des eingefüllten Bodens, eintragen. Jeder dieser Werte muß aus einer Reihe von Wiederholungen bestimmt werden, um eine entsprechende Genauigkeit der Feuchtebestimmung zu gewährleisten. Die Wassermengen wird man am besten in g/100 g ofentrockenen Boden angeben, wie es auch in obenstehendem Diagramm gemacht wurde.

Die rel. Bodenfeuchte wird, wie erwähnt, errechnet, indem man die Wassermenge der eingefüllten Probe in Prozent der jeweils erreichten vollen Wassermenge angibt. Die volle Wassersättigung eines Bodens, der 100% wassergesättigt eingefüllt wurde, ist meist der abs. Wk. nicht gleich; es liegen dann Anfang und

Endpunkt der Kurve verschieden hoch, z. B. beim erwähnten hum. Sandboden. Dies ist auch einer der Gründe, warum im Feld, selbst nach starken Niederschlägen, nicht 100% rel. Bodenfeuchte bezogen auf die abs. Wk. gefunden wird.

Diese einmalige, vorbereitende Arbeit ist die Grundlage für die laufenden Feuchtebestimmungen in einem Boden.

Die laufenden Feuchtebestimmungen während der Vegetationsperiode: Man kann die Proben entweder immer nur von einer bestimmten engbegrenzten Fläche des Feldes nehmen oder man kann sie zufällig verteilt vom ganzen Feld entnehmen. Im ersten Fall wird man wohl eine bessere Übereinstimmung der Wiederholungen erhalten, aber der Mittelwert wird mehr oder weniger stark von der durchschnittlichen Bodenfeuchte des Feldes abweichen. Bei Einzelbestimmungen von verschiedenen Stellen des Feldes wird man eine weniger gute Übereinstimmung der Einzelwerte erhalten, der durchschnittlichen Bodenfeuchte des Feldes aber näher kommen. Für exakte Beobachtungen und Versuche wird man beide Möglichkeiten kombinieren, für die Praxis wird es genügen, an einer Stelle des Feldes mit mittlerer Bodenbeschaffenheit die Bodenfeuchtebestimmung laufend durchzuführen.

Der Boden wird mit einer kleinen Schaufel aus dem Bereich der Hauptwurzelmasse (15—20 cm) entnommen, Steine, größere Erdklumpen und andere Ungleichmäßigkeiten, wie etwa Stallmiststücke oder Holz- und Wurzelreste, werden ausgeschaltet und in mehrfacher Wiederholung (3—4mal) in die beschriebenen Meßgefäße, die man öfter aufstoßt, eingefüllt. Das Gewicht des feuchten Bodens wird auf einer Briefwaage festgestellt, deren Tragfähigkeit zwischen 500 und 1000 g liegt. Dann werden die Gefäße ebenso wie für die Bestimmung der vollen Wassersättigung 1—2 cm tief in Wasser gestellt. Man läßt bis zur Gewichtskonstanz Wasser ansaugen; die hierzu erforderliche Zeit beträgt im Durchschnitt 25 Minuten, ist aber je nach Bodenart sehr verschieden. Nachdem man die Gefäße etwa 10—15 Minuten gut abtropfen gelassen hat, bestimmt man auf der Briefwaage die Wasseraufnahme.

Die Errechnung der relativen Bodenfeuchte erfolgt nun in der Weise, daß man zunächst aus dem Gewicht der voll gesättigten Bodenprobe (WB = Wasser + Boden) das Gewicht des darin enthaltenen trockenen Bodens (B) errechnet, indem man zunächst die abs. Wk. zugrunde legt:

#### Annäherung

$$(1) \quad B = \frac{WB \cdot 100}{100 + \text{abs. Wk.}}$$

B = errechnetes Gewicht trockenen Bodens  
 WB = Gewicht der voll wassergesättigten Bodenprobe  
 abs. Wk. = absolute Wasserkapazität

Die Differenz zwischen dem Gewicht des feuchten Bodens (Einwaage minus Gefäßgewicht E—G) und dem des trockenen Bodens (B aus obiger Formel errechnet) ergibt eine erste Annäherung der Bodenfeuchte, die in Prozent der abs. Wk. angegeben wird (1). Man errechnet nun das Gewicht des trockenen Bodens noch einmal, legt aber diesmal nicht die abs. Wk. zugrunde, sondern die volle Wassersättigung, die der errechneten relativen Bodenfeuchte entspricht.

#### Korrektur

$$(2) \quad B = \frac{WB \cdot 100}{100 + \text{volle Wassersättigung.}}$$

Die neuerlich errechnete Differenz zwischen feuchtem und trockenem Boden in Prozent der vollen Wassersättigung ergibt einen korrigierten Wert für die relative Bodenfeuchte (2). Eine weitere Korrektur wird nur in den seltensten Fällen eine wesentliche Verbesserung ergeben, denn die volle Wassersättigung ändert sich nicht so sprunghaft.

Die Errechnung sieht auf den ersten Blick kompliziert aus, ist aber denkbar einfach, wie an Hand eines Beispiels gezeigt werden soll. Die abs. Wk. des im Diagramm gezeigten humosen Sandbodens beträgt 26%. Im Feld wurden Proben genommen, von denen eine 370 g feuchten Bodens enthielt und vollständig wassergesättigt 445 g wog; das Gewicht des Gefäßes ist schon jeweils abgezogen. 445 g entsprechen dann 126% und die Menge trockenen Bodens errechnet sich mit 353 g. Die Differenz zur Einwaage beträgt 17 g, d. s. 18,5% der abs. Wk.; 18,5% ist die erste Annäherung der rel. Bodenfeuchte. Bei dieser Bodenfeuchte beträgt die volle Wassersättigung, wie dem Diagramm zu entnehmen ist, 28,1%. Die Menge trockenen Bodens errechnet sich nach dieser Korrektur, also nach der Formel (2) mit 347 g. Die Differenz zur Einwaage beträgt jetzt 23 g, d. s. 23,5% der vollen Wassersättigung (vgl. auch Tab. 1, S. 221).

**Beispiel:**

Gewicht des feuchten Bodens (E — G)	= 370 g
Gewicht des vollständig wassergesättigten Bodens (WB)	= 445 g
absolute Wasserkapazität	= 26%

Absolute und relative Bodenfeuchte der Probe ist gefragt.

Annäherung (1)

$$B = \frac{WB \cdot 100}{100 + \text{abs. Wk.}} = \frac{445 \cdot 100}{100 + 26} = 353 \text{ g}$$

$$\text{absolute Bodenfeuchte} = (E - G) - B = 370 - 353 = 17 \text{ g pro } 353 \text{ g} = 4,8\%$$

$$\text{relative Bodenfeuchte} = \frac{17 \cdot 100}{445 - 353} \text{ oder } \frac{4,8 \cdot 100}{26} = 18,5\%$$

Korrektur (2)

$$B = \frac{WB \cdot 100}{100 + \text{voll. Wassers.}} = \frac{445 \cdot 100}{100 + 28,1} = 347 \text{ g}$$

$$\text{absolute Bodenfeuchte} = (E - G) - B = 370 - 347 = 23 \text{ g pro } 347 \text{ g} = 6,6\%$$

$$\text{relative Bodenfeuchte} = \frac{23 \cdot 100}{445 - 347} \text{ oder } \frac{6,6 \cdot 100}{28,1} = 23,5\%$$

Ein zweites Beispiel für den Lehm Boden, dessen abs. Wk. 40% beträgt. Die Einwaage des feuchten Bodens betrug 340 g, voll wassergesättigt wog die Probe 400 g.

$$(1) \quad B = \frac{400 \cdot 100}{140} = 286 \text{ g};$$

der Wassergehalt war demnach 54 g, d. s. 47% der abs. Wk. oder 19 g Wasser pro 100 g trockenem Boden. Bei dieser Bodenfeuchte beträgt die volle Wassersättigung 47,4%; dann ist

$$(2) \quad B = \frac{400 \cdot 100}{147,4} = 271 \text{ g.}$$

Die Bodenfeuchte beträgt nach der Korrektur 69 g, d. s. 53,0% der vollen Wassersättigung. Eine weitere Korrektur würde ebenso wie im ersten Beispiel kaum eine Veränderung bringen (52%).

Um sich eine wiederholte Rechnung bei jeder Bodenfeuchtebestimmung zu ersparen, kann man für häufig vorkommende Ein- und Auswaagegewichte eine Tabelle zusammenstellen. Waagrecht trägt man die Werte der Einwaagen auf, zweckmäßigerweise um das Gewicht der Meßgefäße vermehrt, und senkrecht das Gewicht der jeweils voll wassergesättigten Probe (ebenso plus Gefäßgewicht). Die Gefäßgewichte wird man durch Abfeilen oder kleine Niete egalisieren. Man errechnet dann für die zu erwartenden Kombinationen der Ein- und Auswaagen die relative Bodenfeuchte in der oben beschriebenen Weise und braucht bei der Feuchtebestimmung selbst nur mehr in der Tabelle abzulesen. Die Abstufung der Ein- und Auswaagen wird man zweckmäßigerweise von 10 g zu 10 g machen, wobei man beim Ablesen von Zwischenwerten dann jeweils linear interpolieren kann. Ein Ausschnitt der Tabelle für den erwähnten humosen Sandboden sei im folgenden angeführt.

Tabelle 1

Tabelle zur näherungsweise Bestimmung der Bodenfeuchte nach der beschriebenen Schnellmethode

Auswaage in g (vollständig wassergesättigter Boden + Gefäß 40 g)	Einwaage in g (feuchter Boden + Gefäß 40 g)								
	350	360	370	380	390	400	410	420	430
410	27	35	45	57	70	85	100		
420	15	29	37	46	57	71	85	100	
430	1	17	30	38	47	58	71	86	100
440	—	5	20	31	38	48	60	72	86
450	—	—	7	22	32	40	49	60	73
460	—	—	—	11	25	33	42	50	61
470	—	—	—	—	14	26	34	42	51
480	—	—	—	—	1	16	29	36	43
490	—	—	—	—	—	4	18	29	36

Relative Bodenfeuchte in Prozent der vollen Wassersättigung

### Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Bodenfeuchte-Schnellbestimmung

Um die Brauchbarkeit der Methode beurteilen zu können, müssen die Meßwerte, wie das ganz allgemein für Meßwerte gilt, auf ihre Genauigkeit und Zuverlässigkeit geprüft werden. Die Genauigkeit oder auch Reproduzierbarkeit, die aus dem mehr oder weniger guten Übereinstimmen wiederholt angestellter Messungen zu ersehen ist, wird mit Hilfe der Fehlermaße ( $s$  für die Einzelbeobachtung und  $m$  für den Mittelwert) beurteilt. Die Zuverlässigkeit der Methode ergibt sich aus der Größe der Abweichungen der gefundenen Einzel- oder Mittelwerte vom „wahren“ Wert der Bodenfeuchte. Sie soll an Hand eines Vergleiches mit parallel laufenden Bestimmungen im Trockenschrank gezeigt werden.

Bei einer Reihe von Bodenfeuchtebestimmungen nach der beschriebenen Methode ist der mittlere Fehler der Einzelbeobachtungen und der mittlere Fehler der Mittelwerte bestimmt worden. Es handelt sich um Bestimmungen bei den beiden schon erwähnten Böden.

**Tabelle 2**  
*Feuchtebestimmungen und ihre Fehler*

Boden	Datum	Anzahl der Wiederholungen	Mittelwert M	Mittlerer Fehler d. Mittelwertes $\pm m$	Mittlere Fehler der Einzelbeobachtung $\pm s$
Humoser Sandboden	6. X.	5	36,0	$\pm 1,34$	$\pm 3,00$
„	28. X.	5	34,8	$\pm 1,78$	$\pm 3,98$
Lehmboden	7. X.	4	64,2	$\pm 2,90$	$\pm 5,80$
„	7. X.	5	60,2	$\pm 1,20$	$\pm 2,69$
„	7. X.	4	67,0	$\pm 1,87$	$\pm 3,74$
„	7. X.	5	69,0	$\pm 0,71$	$\pm 1,59$
„	7. X.	9	68,1	$\pm 0,92$	$\pm 2,76$
„	5. XI.	6	64,0	$\pm 0,68$	$\pm 1,67$
				im Mittel	$\pm 3,15$

Im Durchschnitt aller Bestimmungen beträgt der Fehler der Einzelbeobachtung  $s = \pm 3,15\%$  der vollen Wassersättigung. Für Mittelwerte aus drei Einzelbestimmungen würde sich ein mittlerer Fehler von etwa  $\pm 1,8\%$  ergeben; mittelt man 4 oder 5 Einzelwerte, so ergeben sich für die Mittelwerte mittlere Fehler von  $\pm 1,6\%$  bzw.  $\pm 1,4\%$ . Diese Genauigkeit der Methode ist in jeder Hinsicht für die Praxis befriedigend und für die Beurteilung der Wasserversorgung der Pflanze vollständig ausreichend.

Die Feuchtebestimmung am 7. X. (Lehmboden) wurden an mehreren Stellen eines 10 ha großen Rübenschlages mit verhältnismäßig großen Bodenunterschieden durchgeführt. Die Genauigkeit ist, wie erwähnt, bei Bestimmung an einer Stelle größer als würde man Einzelbeobachtungen von allen Stellen gemittelt haben. Die Zuverlässigkeit eines an einer Stelle ermittelten Wertes ist allerdings im Hinblick auf die „wahre“ Bodenfeuchte des gesamten Schlages geringer. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Mittelwerten zeigen die verschiedene Wasserführung der einzelnen Teile dieses Schlages.

Eine Gegenüberstellung der Ergebnisse der Feuchtebestimmung im Trockenschrank bei  $105^{\circ}\text{C}$  und der Bestimmung nach der beschriebenen Gefäßmethode soll über ihre Zuverlässigkeit Aufschluß geben.

**Tabelle 3**

*Vergleich der Ergebnisse der Feuchtebestimmung im Trockenschrank mit den Ergebnissen der Gefäßmethode*

B o d e n		Feuchtebestimmung im Trockenschrank bei $105^{\circ}\text{C}$			Feuchtebestimmung mit dem Meßgefäß	
		volle Wassersättigung des mit dem Gefäß gefundenen Feuchtegehaltes in %	Wasserverlust im Trockenschrank in %	Wassergehalt in % der vollen Wassersättigung M	M $\pm m$	Differenz zum Trockenschrank
Lehmboden	7. X.	44,0	29,9	68,0	$68,1 \pm 0,92$	+ 0,1
Lehmboden	5. XI.	44,8	27,5	61,4	$64,0 \pm 0,68$	+ 2,6
h. Sand	6. X.	26,5	9,5	35,8	$36,0 \pm 1,34$	+ 0,2
„	Modellversuch	28,5	5,5	19,3	$17,0 \pm 2,83$	- 2,3
		26,8	8,1	30,2	$33,0 \pm 1,41$	+ 2,8
		25,4	10,5	41,3	$43,5 \pm 0,71$	+ 2,2
		24,0	12,7	52,9	$53,5 \pm 0,71$	+ 0,6
		21,7	21,0	96,8	$98,0 \pm 0,00$	+ 1,2
					$+ 0,93 \pm 0,59$	
					(D $\pm m_D$ )	

Differenzen zum Trockenschrank im Mittel

Die Feuchtebestimmung mit dem Meßgefäß gibt kaum höhere Werte (+ 0,93%) als die Bestimmung im Trockenschrank; die Differenz ist nicht gesichert und kann außer acht gelassen werden. Selbst wenn der Unterschied zwischen beiden Methoden signifikant wäre, könnte man diesen Fehler ausschalten, sofern der Schwellwert der Bodenfeuchte, der nicht unterschritten werden soll, auch nach der Gefäßmethode bestimmt wird.

Im folgenden sei eine Vereinfachung der Gefäßmethode erwähnt, die BLASCHKE für Böden der Versuchswirtschaft der Hochschule für Bodenkultur in Groß-Enzersdorf bei Wien mit gutem Erfolg durchführte.

Die volle Wassersättigung ist auf manchen Böden nur geringen Schwankungen unterworfen. Um das festzustellen, muß man die Kurve der vollen Wassersättigung bestimmen, wie im vorbereitenden Teil der Methodenbeschreibung angegeben. Kann man für mittlere Feuchtegehalte des Bodens, bei denen die Bestimmungen meist durchgeführt werden, diese Unterschiede vernachlässigen, so braucht man nur einen Wert der vollen Wassersättigung in Rechnung zu stellen, wodurch sich die oben beschriebene stufenweise Näherung an den richtigen Wert erübrigt.

Ein Boden mit 40% abs. Wk. hätte z. B. bei Feuchtegehalten zwischen 15 und 30 g Wasser pro 100 g ofentrockenem Boden eine volle Wassersättigung von 45%. Dieser Feuchtegehalt würde einer relativen Feuchte von 33 bis 67% entsprechen, ein Bereich, in dem ein Großteil der Untersuchungen liegt, denn feuchtere oder trockenere Proben wird man kaum zu untersuchen haben. Die volle Wassersättigung läßt sich stichprobenweise bei einzelnen Untersuchungen immer wieder nachprüfen, indem man einen Teil der zu untersuchenden Probe bei 105° C trocknet und den so bestimmten Wasserverlust und die ermittelte Wasseraufnahme im Meßgefäß addiert. Ist die volle Wassersättigung bekannt und entsprechend konstant, so errechnet sich die Menge ofentrockenen Bodens nach der Formel (2)

$$B = \frac{WB \cdot 100}{100 + \text{volle Wassersättigung.}}$$

Hätte man z. B. eine Einwaage von 355 g (feuchter Boden) und eine Auswaage von 425 g (vollständig wassergesättigt), so errechnet sich die Menge ofentrockenen

Bodens mit 293 g  $\left(\frac{425 \cdot 100}{145}\right)$ .

Der Feuchtegehalt der Probe beträgt 62 g (355—293), d. s. 47% von 132 g (425—293). Der Boden hat eine relative Bodenfeuchte von 47%. Eine Korrektur ist entbehrlich, entsprechend der obigen Voraussetzung, daß die volle Wassersättigung konstant ist und die relative Bodenfeuchte zwischen den Werten 33 und 67% liegt.

#### Methode der Feuchtebestimmung durch Erhitzung mit Brennspeiritus

In einem Kurzbericht von ELMERN (1954) wird eine Methode von KÖHLER (1951) in etwas abgewandelter Form recht ausführlich beschrieben, die geeignet ist, bei Feldversuchen die Bodenfeuchte an Ort und Stelle zu bestimmen, ohne Verwendung eines Trockenschrankes oder komplizierter Meßgeräte.

In eine Messingschale mit siebartig durchbrochenem Boden wird der feuchte Boden eingefüllt; ein Filterpapier am Boden verhindert, daß kleine Bodenteilchen durchfallen. Diese Schale wird über einer zweiten etwas größeren Schale mit Hilfe von Bügeln aufgehängt und der Boden mit Brennspeiritus übergossen. Ist der Brennspeiritus in die untere Schale vollkommen durchgesickert, er hat

dabei dem Boden das Wasser zum Teil entzogen, so wird er entzündet. Das Abbrennen dauert 15—20 Minuten; durch die Erhitzung von unten her und die Verbrennung des Spiritus in der Bodenprobe wird der Boden vollkommen trocken. Eine Differenzwägung ergibt den Feuchtegehalt der untersuchten Probe.

In Versuchen mit diesem Verfahren hat sich die Genauigkeit dieser Methode als sehr gut erwiesen. Bei 2—3 Parallelbestimmungen bei jeder Untersuchung war die Übereinstimmung der einzelnen Werte ebenso gut wie bei Bestimmungen im Trockenschrank; dies teilt auch EIMERN (1954) in seinem Bericht mit. Es sollen daher hier Versuche über die Genauigkeit dieser Methode nicht näher ausgeführt werden.

Die Zuverlässigkeit soll an Hand einer Reihe vergleichender Bestimmungen gezeigt werden, die im Trockenschrank und nach der Methode des Abbrennens durchgeführt wurden. Es wurde lufttrockener humoser Sand bzw. toniger Lehm mit bekannten Wassermengen befeuchtet (theoretischer Wert) und nach beiden Methoden die Feuchte bestimmt. Die Bodenfeuchte wird absolut, also in Prozent des trockenen Bodens angegeben.

Tabelle 4

Vergleich der absoluten Bodenfeuchte im Trockenschrank und durch Abbrennen bestimmt

Wasserzugabe zum lufttrockenen Boden in %	Wasserabgabe im Trockenschrank in %	Differenz 2—1	Wasserabgabe durch Abbrennen in %	Differenz 4—1	Differenz 4—2 bzw. 5—3
1	2	3	4	5	6
<b>humoser Sandboden</b>					
0,0	0,75	+ 0,75	1,49	+ 1,49	+ 0,74
5,0	5,49	+ 0,49	6,18	+ 1,18	+ 0,69
7,5	8,07	+ 0,57	8,86	+ 1,36	+ 0,79
10,0	10,50	+ 0,50	10,82	+ 0,82	+ 0,32
12,5	12,70	+ 0,20	13,86	+ 1,36	+ 1,16
17,5	17,42	— 0,08	18,51	+ 1,01	+ 1,09
22,5	22,84	+ 0,34	23,10	+ 0,60	+ 0,26
		<u>M + 0,40</u>		<u>M + 1,12</u>	<u>M + 0,72</u>
<b>toniger Lehm Boden</b>					
0,0	1,77	+ 1,77	3,69	+ 3,69	+ 1,92
8,0	9,03	+ 1,03	11,21	+ 3,21	+ 2,18
16,0	17,61	+ 1,61	19,93	+ 3,93	+ 2,32
24,0	25,55	+ 1,55	28,85	+ 4,85	+ 3,30
32,0	32,93	+ 0,93	35,52	+ 3,52	+ 2,59
		<u>M + 1,38</u>		<u>M + 3,84</u>	<u>M + 2,46</u>

Im Trockenschrank verlieren die Proben mehr Wasser als man dem lufttrockenen Boden zugegeben hat. Die Differenz (2—1) ist jener Teil des hygroskopischen Wassers, der mit dem Dampfdruck der umgebenden Luft im Gleichgewicht steht. Sie ist beim Sandboden viel kleiner, im Mittel aller Proben + 0,40, als beim tonigen Lehm Boden (+ 1,38).

Durch das Abbrennen ist der Gewichtsverlust der Proben größer als durch das Trocknen im Trockenschrank. Die Ursache dieses größeren Gewichtsverlustes ist nur zum Teil, wie EIMERN ausführt, durch Verbrennen organischer Bestandteile an der Oberfläche der Probe zu erklären; der dadurch entstehende Fehler ist sehr gering. EIMERN sagt weiter, daß dieser Unterschied wohl darauf zurückzuführen ist, daß das hygroskopische Wasser noch vollständiger als im Trockenschrank dem Boden entzogen wird.

Die Temperaturen im Boden sind beim Abbrennen viel höher (über 250° C) als im Trockenschrank (105° C), wie wir nachgewiesen haben.

Der Unterschied zum Trockenschrank beträgt nicht nur 0,5 bis 1,0%, wie EIMERN mitteilt, sondern kann auch noch wesentlich größer werden, wie der oben angeführte Versuch zeigt. Die Mittelwerte der Differenzen zum Trockenschrank betragen für den Sandboden  $+ 0,72 \pm 0,13$ , für den tonigen Lehmboden  $+ 2,46 \pm 0,24$ . Die mittleren Fehler dieser Mittelwerte der Differenzen ermöglichen die Wahrscheinlichkeit zu beurteilen; für den Sandboden  $P < 0,01$ , für den tonigen Lehmboden  $P < 0,001$ ; die Differenzen sind hochsignifikant bzw. gesichert. Neben der Wahrscheinlichkeit ist die Größe der Differenzen von Interesse. Bei schweren Böden ist der Unterschied zu den Werten, die im Trockenschrank gefunden werden, viel größer als bei leichten.

Gibt man die relative Bodenfeuchte an, so ergeben sich durch diese Abweichungen recht erhebliche Unterschiede. Eine kurze Zusammenstellung der relativen Bodenfeuchte (in % der vollen Wassersättigung) im Trockenschrank und durch Abbrennen bestimmt (Tab. 5), soll dies für die in Tab. 4 gegebenen absoluten Zahlen zeigen.

Tabelle 5

Vergleich der relativen Bodenfeuchte im Trockenschrank und durch Abbrennen bestimmt

Humoser Sandboden				Toniger Lehmboden			
Volle Wassersättigung	rel. Bodenfeuchte		Differenz	Volle Wassersättigung	rel. Bodenfeuchte		Differenz
	Trockenschrank	Abbrennen			Trockenschrank	Abbrennen	
26,5	2,8	5,6	+ 2,8	37,5	4,7	9,8	+ 5,1
28,5	19,3	21,7	+ 2,4	40,5	22,3	27,7	+ 5,4
26,8	30,2	33,1	+ 2,9	37,0	47,6	53,9	+ 6,3
25,4	41,3	42,6	+ 1,3	37,3	68,5	77,3	+ 8,8
24,0	52,9	57,7	+ 4,8	33,8	97,4	105,1	+ 7,7
18,4*	94,7	100,6	+ 5,9				
			<u>M + 3,35</u>				<u>M + 6,66</u>

\* wegen Strukturverfall während längerer Lagerung abgeänderte volle Wassersättigung.

Beim tonigen Lehmboden ist die Differenz zum Trockenschrank doppelt so groß als beim Sandboden; im Vergleich zu den absoluten Zahlen (+ 2,46 bzw. + 0,72) ist der Unterschied geringer, denn der schwere Boden hat eine viel höhere volle Wassersättigung, die jeweils als Bezugsgröße der relativen Bodenfeuchte dient.

## DISKUSSION

Will man die Forderung nach einem konstanten Wasseranbot erfüllen, muß man zunächst das Wasseranbot rasch messen und in Zahlen angeben können, denn es unterliegt durch Niederschläge, Versickerung, Verdunstung und Entzug durch die Pflanze in kurzen Zeiträumen großen Schwankungen. In vorliegender Arbeit wird das Wasseranbot als relative Bodenfeuchte, bezogen auf die volle Wassersättigung, bestimmt. Die volle Wassersättigung des im Meßgefäß künstlich gelagerten Bodens wird in Gewichtsprozenten angegeben. Diese vier grundlegenden Merkmale der Methoden sollen kurz beleuchtet werden.

Bei künstlicher Lagerung, bedingt durch Einrütteln in das Meßgefäß, schaltet man eine Reihe von Fehlerquellen aus, vor allem Ungleichmäßigkeiten des Bodens, wie Steine, Hohlräume, Wurzeln u. a. m. Man kann auch unabhängig vom jeweiligen Porenvolumen des Bodens, welches sich im Jahresablauf ändert, den Boden immer recht gleichmäßig einfüllen. Und die dazu notwendigen

Geräte sind denkbar einfach und billig, einige Meßgefäße in der beschriebenen Art und eine kleine Schaufel. Dies sind Vorteile, die z. T. auch für die Bestimmung der abs. Wk. von Bedeutung sind; Die Gefäßmethode wurde, wie erwähnt, in Anlehnung an die Bestimmung der abs. Wk. (MITSCHERLICH 1950, BLOHM 1927) ausgebaut.

Bei natürlicher Lagerung kann das Volumsgewicht des Bodens sehr leicht ermittelt werden und die Bodenfeuchte in Volumsprozenten (SEKERA 1931, 1932; RAMSAUER 1949, 1950) angegeben werden. Wegen der künstlichen Lagerung des Bodens bei der Gefäßmethode läßt sich das Volumsgewicht nicht direkt ermitteln; es müßte eine getrennte Bestimmung durchgeführt werden. Es wird daher bei der beschriebenen Methode die absolute Bodenfeuchte in Gewichtsprozenten angegeben. Dies bringt, wie gezeigt wird, bei einer relativen Angabe der jeweiligen Bodenfeuchte, bezogen auf die absolute Bodenfeuchte, keine Nachteile. Auch ist im Hinblick auf die Wasserspeicherung des Bodens anzuführen, daß das Gewicht des wasserfreien Bodens pro Flächeneinheit eher konstant ist als sein Volumen.

Die absolute Bodenfeuchte anzugeben, ist wegen der großen Unterschiede der abs. Wk. bei den einzelnen Bodenarten für pflanzenbauliche Beobachtungen nicht zweckmäßig. Die Angabe der relativen Bodenfeuchte gewährt einen besseren Einblick in die Wasserversorgung des Bodens; auch wird dadurch eine Reihe von systematischen Fehlern ausgeschaltet, die durch die Methode der Feuchtebestimmung bedingt werden, wie etwa die Abänderung des Gefäßes von einer festgesetzten Form und Größe oder die Verwendung nicht gesiebten Bodens. Um diese Fehlerquellen sicher auszuschalten ist es wichtig, daß die vorbereitenden und laufenden Arbeiten in vollständig gleicher Weise durchgeführt werden.

Die Abbrennmethode nach KÖHLER (1951) und EIMERN (1954) ist für Bodenfeuchtebestimmungen gut geeignet, sofern der jeweilige Unterschied zu einer anderen verwendeten Methode (z. B. Trockenschrank) berücksichtigt wird und es möglich ist, die absoluten Werte zu einer Bezugsgröße in Relation zu setzen.

Als Bezugsgröße für die Angabe der relativen Bodenfeuchte ist wohl die abs. Wk. am üblichsten; man hat auch die minimale Wasserkapazität als Bezugsgröße herangezogen (WOLLNY 1885). Seit man zwischen einer nutzbaren und nicht nutzbaren Bodenfeuchte (RAMSAUER 1949, 1950) oder zwischen nutzlosem und nutzbarem Wasser (SEKERA 1931, 1932) unterscheidet, gibt man die Bodenfeuchte auch in Relation zur nutzbaren Feuchte an. Aber all diese Bezugsgrößen ermöglichen es zunächst nicht, daß man eine bestimmte relative Bodenfeuchte als optimale Bodenfeuchte für alle Böden angeben kann. Da die Möglichkeit, eine optimale Bodenfeuchte für alle Böden anzugeben, nicht erreichbar scheint, wird jene Bezugsgröße zweckmäßig sein, welche am einfachsten ermittelt werden kann. Bei der beschriebenen Gefäßmethode ist es die volle Wassersättigung, unter der die Summe der Wasseraufnahme eines feuchten Bodens und sein Wassergehalt, im Trockenschrank bestimmt, verstanden wird. Die volle Wassersättigung wird in analoger Weise wie die abs. Wk. bestimmt und in Gewichtsprozenten des ofentrockenen Bodens angegeben.

Es wäre denkbar, daß der pF-Wert (SCHOFIELD 1953) als Logarithmus des osmotischen Druckes der jeweiligen Bodenfeuchte eine für alle Böden gleiche, optimale Zahlenangabe der Bodenfeuchte erlaubt. Da aber das Wasserangebot nach KOPETZ (1953) für alle Pflanzen konstant sein soll, einer Pflanze mit hohem Wurzelndruck (trockenresistente Arten) aber bei gleichem pF-Wert ein höheres Wasserangebot zur Verfügung steht als einer Pflanze mit geringerem

Wurzelsaugdruck, kann auch der optimale pF-Wert nicht für alle Pflanzen gleich sein.

Da es derzeit nicht möglich ist, eine allgemein gültige optimale Bodenfeuchte anzugeben, sollen einige Möglichkeiten, der Bestimmung dieser Größe in jedem Einzelfalle, gezeigt werden.

Ein Feldversuch, in dem für die einzelnen Versuchsglieder die nicht zu unterschreitende Bodenfeuchte (Schwellwert) verschieden hoch angesetzt wird, kann mehr oder weniger genau die Frage nach dem günstigsten Schwellwert beantworten. Die Art der laufenden Bestimmungen der Bodenfeuchte (Gefäßmethode, Abbrennen usw.) im Rahmen eines solchen Versuches ist nicht wesentlich, sofern zu den gefundenen Werten jeweils die Bestimmungsmethode angegeben wird. Die optimale Bodenfeuchte wird höher als der Schwellwert liegen. Nach unseren Versuchen wird für die Böden, deren Schwellwert zwischen 40—45% rel. Bodenfeuchte (Gefäßmethode) liegt, die optimale Bodenfeuchte zwischen 45—50% liegen.

Im Rahmen eines solchen Versuches mit verschiedenen Schwellwerten wird man auch gefühlsmäßig, etwa durch Prüfen der Plastizität, jene relative Bodenfeuchte erkennen, die der Pflanze ein Optimum an Wasser bereitstellt und bei welcher der Boden gleichzeitig entsprechend durchlüftet ist.

Auf der Versuchswirtschaft der Hochschule für Bodenkultur in Groß-Enzersdorf hat sich für mittlere Mineralböden (35—40% abs. Wk.) eine relative Bodenfeuchte von 50% als optimal erwiesen (KOPETZ 1953). REPP-NOWOSAD (1941) findet für einen sehr schweren Boden (52% abs. Wk.) die optimale Bodenfeuchte zwischen 60% und 80% der Wasserkapazität. Bei einem leichten Sandboden (26% abs. Wk., vergl. S. 217) lag die optimale Bodenfeuchte zwischen 30—35% der vollen Wassersättigung. Diesen und vielen anderen Beobachtungen zufolge ist ein Zusammenhang zwischen der absoluten Wasserkapazität und der optimalen relativen Bodenfeuchte festzustellen. Je geringer die abs. Wk. ist, um so niedriger liegt auch die optimale relative Bodenfeuchte. Wählt man als Bezugsgröße für die relative Bodenfeuchte die nutzbare Bodenfeuchte, so werden die Unterschiede der optimalen relativen Bodenfeuchte bei verschiedener abs. Wk. nicht aufgehoben, wohl aber geringer sein, denn der Anteil nicht nutzbaren Wassers fällt weg, der bei hoher Wasserkapazität groß ist (JANERT 1927).

Im Zusammenhang mit der Bestimmung der optimalen relativen Bodenfeuchte soll nochmals auf die graphische Darstellung der vollen Wassersättigung (Abb. 2) hingewiesen werden. Das Maximum der vollen Wassersättigung wird offenbar dann erreicht, wenn die Feuchte des künstlich gelagerten Bodens eine so günstige Struktur hinsichtlich des Porenvolumens und der Porenverteilung schafft, daß die höchste Wasseraufnahme ermöglicht wird. Es ist wahrscheinlich, daß bei diesem Maximum der vollen Wassersättigung oder knapp darüber (etwa 5%) der Schwellwert der Bodenfeuchte liegt, der nicht unterschritten werden soll und daß etwa 5—10% über dem Maximum die optimale Bodenfeuchte liegt. Dies würde nicht nur für die beiden angeführten Böden, sondern auch für eine Reihe von anderen Versuchen stimmen. Weiteren Versuchen soll es vorbehalten bleiben, auf dieser Basis eine brauchbare Möglichkeit zur Bestimmung der optimalen Bodenfeuchte zu finden.

Je größer die absolute Wasserkapazität ist, um so größer wird in den meisten Mineralböden auch der Wasservorrat sein, welcher der Pflanze im Boden zur Verfügung steht. Um so größer wird aber auch die Wassermenge sein, die man aufbringen muß, um beispielsweise einen Boden im Durchschnitt aller durchwurzelten

Bodenschichten 10% relative Bodenfeuchte zuzuführen. Bei 25% abs. Wk. wird jeder mm Niederschlag die relative Bodenfeuchte doppelt so stark steigern als bei 50% abs. Wk. Es wird sich demnach die zu verregnende Wassermenge neben anderem auch nach der abs. Wk. des Bodens zu richten haben. Bei Mineralböden, bei welchen die abs. Wk. zwischen 30% und 40% liegt, und die optimale relative Bodenfeuchte zwischen 40% und 50%, wird eine Regengabe, je nach Blattentwicklung, Feldfrucht, Temperatur u. a. 20—30 mm betragen.

Die Fragen um die Bestimmung der optimalen Bodenfeuchte, einer sparsam und rationellen Speicherung und Verwendung nutzbaren Wassers im Boden, Zeit und Menge des zu verregnenden Wassers u. ä. Probleme sollen Gegenstand weiterer Untersuchungen sein. Es soll auch zur Erleichterung der vorbereitenden Arbeiten für die Gefäßmethode versucht werden, Tabellen für Böden verschiedener abs. Wk. und eventuell eines zweiten charakterisierenden Merkmales, fertig zusammenzustellen, wodurch man sich in der Praxis viel Rechenarbeit ersparen könnte.

Diese Vorschläge für eine z. T. noch im Ausbau befindliche Schnellmethode (Gefäßmethode) zur Bodenfeuchtebestimmung werden vielleicht manchen wissenschaftlichen Vorstellungen oder Erkenntnissen nicht entsprechen. Sie zeigen aber die Möglichkeit, in der Praxis den richtigen Zeitpunkt der Bewässerung mit einfachsten Mitteln besser zu beurteilen als das bisher möglich war.

## ZUSAMMENFASSUNG

Es wird eine Methode zur laufenden Bestimmung der Bodenfeuchte beschrieben, die als *Gefäßmethode* bezeichnet wird. Sie soll der Praxis die Möglichkeit geben, im Rahmen der Feldbewässerung die Bodenfeuchte rasch und einfach bestimmen zu können und den richtigen Zeitpunkt für jede Bewässerung festzustellen, so daß das Wasseranbot in optimaler Höhe für die Pflanze während der Vegetation konstant gehalten werden kann. Ausgangspunkt für diese Bestimmung ist die volle Wassersättigung, d. i. die Gesamt-Wassermenge, die ein feuchter Boden, nachdem er Wasser bis zur Gewichtskonstanz aufgenommen hat, enthält (volle Wassersättigung = vorhandene Bodenfeuchte + Wasseraufnahme). Die jeweilige Bodenfeuchte wird aus der Differenz zwischen voller Wassersättigung und Wasseraufnahme bestimmt und in Prozent der vollen Wassersättigung angegeben. Die laufenden Bestimmungen erfolgen also nur durch Messung der Wasseraufnahme und nicht durch Trocknung des Bodens. Die Genauigkeit ( $s = \pm 3,2\%$  relative Bodenfeuchte) und die Zuverlässigkeit ( $0,93 \pm 0,6\%$  relative Bodenfeuchte Differenz zur Bestimmung im Trockenschrank) der Methode werden besprochen.

Bei der Bestimmung der Bodenfeuchte nach der Methode des *Abbrennens* mit *Brennspiritus* nach KÖHLER (1951) und EIMERN (1954) wird dagegen der Boden bei jeder Untersuchung getrocknet. Im Vergleich mit Bestimmungen im Trockenschrank ist die Wasserabgabe allerdings größer, und zwar abhängig von der Bodenart. Wird dies bei der Angabe der absoluten oder relativen Bodenfeuchte berücksichtigt, so ist diese Methode zur Messung des Wasseranbotes sehr geeignet. Die Genauigkeit entspricht der von Bestimmungen im Trockenschrank.

Einige Möglichkeiten der Bestimmung der optimalen Bodenfeuchte werden in der Diskussion besprochen.

## Literatur

- BLOHM, G.: Der Einfluß der Bodenstruktur auf die physikalischen Eigenschaften des Bodens. *Landw. Jahrb.* 66, S. 147—184, 1927.
- EIMERN, van J.: Über eine Feldmethode zur Bestimmung des natürlichen Wassergehaltes des Bodens. *Meteorolog. Rundschau* 7, S. 22, 1954.
- FRECKMANN, W. und BAUMANN, H.: Zu den Grundfragen des Wasserhaushaltes im Boden und seiner Erforschung. I. Teil: *Bodenkunde und Pflanzenernährung* 2, S. 127—166, 1937. II. Teil: *Bodenk. und Pflanzenernährung* 7, S. 129—161, 1938.
- HERRMANN, R.: *Handbuch der landw. Versuchs- und Untersuchungsmethodik*. I. Band, Untersuchung von Böden. Verlag J. Neumann, Neudamm und Berlin, 1941.
- JANERT, H.: Neue Methoden zur Bestimmung der wichtigsten physikalischen Grundkonstanten des Bodens. *Landw. Jahrbücher* 66, S. 425—474, 1927.
- KÖHLER, R.: *Abhandlungen des geologischen Dienstes*, Berlin. Neue Folge, Heft 220, 1951; zit. nach EIMERN, van J., 1954.
- KOPETZ, L. M.: *Düngen wir richtig?* Verlag Leopold Stocker, Graz und Göttingen, 1952.
- KOPETZ, L. M.: Die Beregnung im Dienste des Pflanzenbaues. *Die Bodenkultur* 7, S. 199—208, 1953.
- KOPETZ, L. M.: Die Beregnungsdüngung. *Der Förderungsdienst* 3, S. 6—9, 1955.
- MITSCHERLICH, E. A.: *Die Ertragsgesetze*. Deutsche Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Vorträge und Schriften, Heft 31; Akademie Verlag, Berlin 1948.
- MITSCHERLICH, E. A.: *Bodenkunde für Landwirte, Forstwirte und Gärtner*. 6. Aufl., Paul Parey, Berlin und Hamburg, Berlin 1950.
- RAMSAUER, B.: *Boden, Bodenfeuchte und Kleinklima als Grundlage für Bewässerungen*. Österr. Wasserwirtschaft I, S. 49—81, 1949.
- RAMSAUER, B.: Das Wasser im Boden. *Österr. Wasserwirtschaft* 2, S. 86—92, 1950.
- REPP—NOWOSAD, H.: Ein Kulturversuch mit Erbsen bei abgestuftem Bodenwassergehalt. *Der Forschungsdienst* 12, S. 154—159, 1941.
- SCHEFFER, F. und SCHACHTSCHABEL, P.: *Bodenkunde*, I. Teil des Lehrbuches der Agrikulturchemie und Bodenkunde. 3. Aufl. Verlag Ferdinand Enke, Stuttgart 1952.
- SCHOFIELD, R. K.: *Trans. III. Intern. Congr. Soil Sci.* 2, 37, 1935; zit. nach Scheffer-Schachtschabel *Bodenkunde*, S. 110.
- SEKERA, F.: Die nutzbare Wasserkapazität und die Wasserbeweglichkeit im Boden. *Zeitschr. f. Pflanzenern., Düngung u. Bodenkunde*, Teil A, 22, S. 87—111, 1931.
- SEKERA, F.: Die Nutzbarkeit des Bodenwassers für die Pflanze. *Zeitschr. f. Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde*. A 26, S. 57—125, 1932.
- WOLLNY, E.: Untersuchungen über die Wasserkapazität der Bodenarten. *Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik* 8, S. 177—205, 1885; zit. nach Blohm, G. 1927.