

Deutscher Wetterdienst in der US-Zone

Zentralamt Bad Kissingen

Leiter: Prof. Dr. Ludwig Weickmann

---

230391

**Berichte**  
des  
**Deutschen Wetterdienstes**  
**in der US-Zone**

**Nr. 37**

DK 551.579.5

**Ergebnisse von Bodenfeuchteuntersuchungen**  
**in Stuttgart-Hohenheim**

(Auszug aus der Dissertation „Methoden und Ergebnisse von  
Bodenfeuchtemessungen“, vorgelegt an der Landwirtschaftlichen  
Hochschule Hohenheim, Juli 1951)

von Dr. W. Baier

Bad Kissingen 1952

## Inhalt

- A. Einleitung
- B. Die Untersuchungsmethode
- C. Die Bodenverhältnisse der Untersuchungsflächen
  - 1. Die Lage der Parzellen
  - 2. Die Textur
  - 3. Die Struktur
  - 4. Die Strukturveränderungen im Laufe des Jahres
  - 5. Die Wasserkapazität, die minimale Wasserkapazität und die Feldkapazität
  - 6. Die Totwassergrenze und die Hygroskopizität
- D. Die meteorologischen Verhältnisse in Hohenheim
  - 1. Das Klima
  - 2. Der Witterungsverlauf während der Beobachtungsjahre 1949/1950
- E. Der Verlauf der Bodenfeuchte während der Beobachtungsjahre 1949/1950
  - 1. Die absolute Bodenfeuchte in Gewichtsprozenten
  - 2. Die relative Bodenfeuchte
  - 3. Der jahreszeitliche Gang der Bodenfeuchte
  - 4. Die Bodenfeuchte im bearbeiteten und unbearbeiteten Boden
  - 5. Die Bodenfeuchte unter verschiedenen Kulturen
  - 6. Bodenfeuchtebilanz
- Literatur
- F. Tabellen
  - Anhang: Die Messungen der Bodenfeuchte in Hohenheim (1949—1951)

## A. Einleitung.

Das Wasser ist für die Pflanzen ein unentbehrlicher Wachstumsfaktor und Nährstoffträger. Daher brauchen die landwirtschaftliche Forschung und Praxis Angaben über Herkunft, Menge und Verteilung des Bodenwassers. Bei der Auswertung von Versuchen, der Aufstellung von Fruchtfolge- und Düngungsplänen, bei dem Entwurf von Beregnungs- und Dränageanlagen können die Bodenwasserverhältnisse heute noch nicht in der Weise berücksichtigt werden, wie es eigentlich nötig wäre, da die erforderlichen Unterlagen und Messungen auf diesem Gebiet noch sehr unzureichend sind. Als Ausweg benutzt man daher vielfach die Niederschlagsmengen und Temperaturverhältnisse als Berechnungsunterlage, obwohl diese beiden Faktoren allein nicht für den jeweiligen Bodenwassergehalt charakteristisch sind. Zwar beschäftigen sich verschiedene Wissensgebiete mit den Wasserverhältnissen im Erdboden, doch wird die Arbeitsweise und Fragestellung von Fall zu Fall eine andere sein. Der Meteorologe fragt nach dem Verbleib der Niederschläge, der Bodenkundler untersucht die Wirkung auf den Boden und die Wasserbewegung, der Ökologe erforscht den Einfluß auf die Pflanzen, der Hydrologe beobachtet die Speisung des Grundwassers und der Flüsse. Für die Landwirtschaft sind alle diese Einzeluntersuchungen von größter Wichtigkeit, doch fehlen grundsätzliche Arbeiten und Zahlenangaben von langjährigen Meßreihen im Bestand. Da für derartige Zwecke nur Untersuchungen im natürlich gewachsenen Boden geeignet sind, liegt der Grund für diesen offensichtlichen Mangel in der Schwierigkeit der Meßmethoden.

Somit ist die Erforschung des Wasserhaushalts im Erdboden eine umfassende und vielgestaltige Aufgabe, deren Lösung man nur in einem größeren Rahmen näherrücken kann. Der Deutsche Wetterdienst in der US-Zone hat daher in dem Bestreben, seine Erfahrungen und Beobachtungen in den Dienst der Landwirtschaft zu stellen, Agrarmeteorologische Forschungsstellen bzw. Stationen in Gießen, Geisenheim, Heidelberg, Hohenheim, Würzburg und Weihenstephan eingerichtet, die sich in erster Linie mit der Erforschung des Bodenklimas befassen. Der gleichen Aufgabe widmet sich die Wetterstation Weißenburg.

In Hohenheim laufen die Bodenfeuchtebestimmungen und daneben die Erprobung verschiedener Meßmethoden seit Juni 1949. Die ersten Ergebnisse dienten dem Verfasser als Unterlage zu einer Dissertation (3)\*, die in der vorliegenden Schrift auszugsweise einem größeren Interessentenkreis zugänglich gemacht werden soll. Im ersten Abschnitt dieser Dissertation werden die verschiedenen Erscheinungsformen des Bodenwassers besprochen, wie hygroskopisches Wasser, Kapillarwasser usw. Vom landwirtschaftlichen Standpunkt aus interessiert aber weniger die Frage, in welcher Form das Bodenwasser vorliegt, sondern mehr die zur Verfügung stehende Menge und der für die Pflanze nutzbare Anteil. Ramsauer (11) schlägt daher für das gesamte im Boden befindliche Wasser den Begriff „Bodenfeuchte“ vor. Zieht man davon den Totwasseranteil, also das für die Pflanzen nicht nutzbare Wasser ab, so erhält man die „nutzbare Bodenfeuchte“. Diese Ausdrucksweise erscheint zweckmäßig und soll

\* Die eingeklammerten Zahlen beziehen sich auf das Literaturverzeichnis am Schluß der Arbeit.

daher bei der Besprechung der eigenen Versuchsergebnisse benutzt werden.

Die Extensowerte im Anhang dieser Arbeit sollen eine Grundlage für weitere Untersuchungen von Landbauwissenschaftlern, Meteorologen und Wasserwirtschaftlern über Wasserhaushaltsfragen bilden. Für die Stationen Geisenheim und Heidelberg wurde weiteres Zahlenmaterial in einer zusammenfassenden Schrift von Uhlig (16) über „die Untersuchung und Darstellung der Bodenfeuchte“ veröffentlicht, und schließlich geben die wöchentlich einmal auf der Wetterkarte des Deutschen Wetterdienstes in der US-Zone, Bad Kissingen, abgedruckten Beobachtungsergebnisse einen Überblick über die aktuellen Bodenfeuchteverhältnisse in der US-Zone.

## B. Die Untersuchungsmethode.

Die unzulänglichen Meßmethoden sind der Hauptgrund dafür, daß bisher so wenig Bodenfeuchteuntersuchungen im größeren Rahmen durchgeführt wurden. Der Wassergehalt wird entweder direkt durch Wägung ermittelt oder indirekt gemessen. Allerdings erfordert der zweite Fall eine Eichung auf die absoluten Werte. Anzustreben ist natürlich die Entwicklung von Methoden, bei denen der Boden nach dem Eingraben der Meßkörper nicht wieder gestört wird, so daß eine fortlaufende Messung oder sogar Registrierung möglich ist. Dazu sind besonders die elektrischen Methoden geeignet, die entweder die Wärmeleitfähigkeit, die elektrische Leitfähigkeit oder die Dielektrizitätskonstante des Bodens messen, und die vom Verfasser (4) bereits an anderer Stelle einer eingehenden Betrachtung unterzogen wurden. Die Voraussetzungen dafür, daß die Bodenfeuchtebestimmung durch Messung der elektrischen Leitfähigkeit zu einem einfachen und genügend genauen Verfahren ausgebaut werden kann, scheinen nach den in Hohenheim mit dieser Methode durchgeführten Probemessungen durchaus gegeben zu sein; aber im Augenblick kann an ein netzmäßiges Arbeiten mit diesem Verfahren noch nicht gedacht werden.

Einen Summenwert über den Wassergehalt einer 25 cm hohen Bodensäule mit einem Durchmesser von ebenfalls 25 cm liefern die Messungen mit dem Poppoff'schen Verdunstungsmesser (Kleinlysimeter), die gegenwärtig an einigen Stationen der US-Zone durchgeführt werden und über die Schubaich (12) ausführlich berichtet. Diese Beobachtungen erfassen aber eine zu dünne Bodenschicht und geben keine Auskunft über die Feuchteverhältnisse unterhalb der Ackerkrume. Wägbare Großlysimeteranlagen, wie sie z. B. in Eberswalde eingesetzt wurden (6), sind zu kostspielig und scheiden deshalb für netzmäßige Untersuchungen aus.

So ist vorerst noch die anstrengende und grobe, aber dafür sehr einfache Bohrmethode zur netzmäßigen Bestimmung der Bodenfeuchte am besten brauchbar, und es wird wohl auch noch einige Zeit vergehen, bis an einen praktischen Einsatz neuer Untersuchungsverfahren gedacht werden kann. Es ist jedoch sicher wertvoller, mit einfachen Mitteln bei hinreichender Genauigkeit überhaupt Messungen durchzuführen, als die Zeit ungenutzt verstreichen zu lassen.

Bei der Bohrmethode, mit deren Hilfe die Beobachtungswerte der vorliegenden Arbeit gewonnen wurden, sticht man mit einem Bohrstock eine Bodensäule bis zu

1 m Tiefe aus, die dann in Abschnitten von je 10 cm in kleine, gut verschließbare Trockenbüchsen gefüllt wird. Es ist nicht ratsam, diese Proben schichtweise zu vereinigen; vielmehr werden die Büchsen mit den Proben einzeln gewogen und dann geöffnet in den Trockenschrank gestellt, wo sie bei 105°C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet werden. Würde man nämlich die Proben schichtweise vereinigen, dann wäre von jeder Büchse eine gleich große Bodenmenge zu entnehmen. Das bedeutet aber, daß 3 oder mehrere Male 20 oder 30 g abzuwägen sind. Diese Zeit genügt etwa, um bei einiger Übung und einer guten Waage mit einer Genauigkeit von 50 mg und einem Skalenbereich von 2 g, wie sie im vorliegenden Fall verwendet wurde, das Gewicht der Einzeldosen festzustellen. Bei der Auswertung liegen dann die Einzelwerte vor, so daß sich Schwankungen und Fehler besser ausscheiden lassen.

Anschließend kühlt man die Proben in einem Exsikkator aus und wiegt sie erneut. Die so ermittelte Gewichts-differenz gibt den Wassergehalt der Bodenproben an, den man in Gewichtsprozenten, d. h. in Gramm Wasser pro 100 Gramm getrockneten Boden, oder — bei Kenntnis der Volumengewichte — in Volumenprozenten bzw. Millimetern ausdrückt. Bei der Angabe der Bodenfeuchte in Millimetern für eine bestimmte Schichtdicke ist ein unmittelbarer Vergleich mit den Niederschlagswerten möglich; die Umrechnung wird weiter unten noch näher erläutert.

Um die für regionale Vergleiche notwendige Einheitlichkeit der Meßmethodik zu erreichen, wurden die Vorschläge und Erfahrungen der einzelnen Meßstellen des Wetterdienstes und der Landwirtschaft in einer Anleitung zur Durchführung der Bodenfeuchte-Untersuchungen zusammengefaßt, die bereits an anderer Stelle veröffentlicht wurde (16). Diese Anleitung, die wir alle mit Bodenfeuchte-Untersuchungen beschäftigten Dienststellen einzuhalten bitten, erstreckt sich bis auf die einfachsten Handgriffe und will Fehlerquellen weitgehend ausschalten oder wenigstens dafür sorgen, daß innerhalb der einzelnen Beobachtungsreihen und an den einzelnen Stationen immer die gleichen systematischen Fehler gemacht werden. Gerade die Untersuchungen in Hohenheim haben gezeigt, daß die Schwankungen der Einzelwerte wesentlich geringer wurden, nachdem der mit den Probeentnahmen beauftragte Techniker eingearbeitet war und sich genau an die vorgeschriebene Arbeitsweise hielt.

Ergänzend zu der Durchführungsanweisung für Bodenfeuchte-Untersuchungen (16) wird angeregt, daß man an den Stationen, an denen das möglich ist, schon

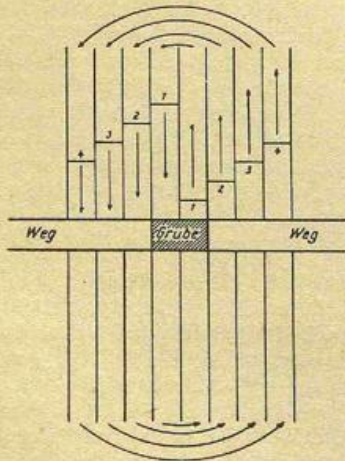


Abb. 1

Die Aufteilung des Bodenfeuchtemeßfeldes.

Die Zahlen 1—4 geben die Reihenfolge der Wiederholungen einer Bodenfeuchtebestimmung an, die Pfeile dagegen stellen den Verlauf der einzelnen Bestimmungen dar.

vor Beginn der Messungen das Bodenprofil nach Tiefgründigkeit, Steingehalt und wasserführenden Schichten untersucht und mit der Umgebung vergleicht. Anschließend ermittelt man gleich nach der Nitzschmethode die Verteilung des Bodenraumes nach Bodensubstanz und Porenvolumen, das Raumgewicht  $r$  (das Gewicht von 1 cm<sup>3</sup> natürlich gelagerten Bodens im lufttrockenen Zustand) und das spezifische Gewicht  $s$ , da man diese Zahlen später sowieso benötigt. Die ausgewählte „Vergleichsfläche“, ein unbewachsener Boden, wird dann an der Oberfläche mit einer Ziehhacke leicht gelockert. Eine weitere Bearbeitung dieses Bodenstücks ist aber nicht durchzuführen. Wo noch — wie in Hohenheim — die Bodenfeuchte unter Rasen ermittelt wird, dort achtet man darauf, daß immer eine gleichmäßige, kurz gehaltene Grasnarbe vorhanden ist. Die Aufteilung der Flächen erfolgt zweckmäßigerweise wie in Abb. 1 dargestellt.

Nach Durchführung der Nitzschuntersuchungen wird die Grube wieder zugeschüttet und festgestampft. Die Probe 1 liegt immer in nächster Nähe der Profiluntersuchung und gilt als der zuverlässigste Wert. Treten ständig Schwankungen der Einzelwerte der Proben 1 und 4 auf, so sind diese nunmehr ausschließlich als Beweis für Bodenverschiedenheiten zu werten.

Die Bestimmungen erfolgten dienstags und freitags und zwar wurden Probe 1—3 aus 0—100 cm, Probe 4 und weitere aus 0—40 cm Tiefe entnommen. In der vorliegenden Untersuchung entnahmen wir meist 4—6 Einzelproben.

Verwendung fand ein Rillenbohrer der Firma Lautenschläger (München) mit einer Unterteilung von 0—100 cm im Abstand von 5 zu 5 cm, der sich im allgemeinen gut bewährt hat. Schwierigkeiten traten nur auf in dem sehr trockenen Sommer 1949, als lediglich ein schwächeres Gerät zur Verfügung stand.

Mit dieser Bohrmethode war es möglich, im Sommer an einem Tage 270 Einzelproben zu entnehmen und zu verarbeiten. Bei exakter Arbeit dürfen trotz der naturbedingten Unterschiede im Boden die Abweichungen vom Mittelwert im allgemeinen nicht größer als  $\pm 1$  Gew.% sein, doch ist dieses sehr von den jeweiligen Feuchteverhältnissen abhängig. Besonders in den oberen Schichten kann dieser Wert auch um das Doppelte überschritten werden. In länger andauernden Trocken- oder Feuchtigkeitsperioden werden die Unterschiede geringer sein, als in den Zeiten, in denen der Boden abtrocknet oder durchfeuchtet wird. Vollkommen gleiche Werte sind natürlich nicht zu erzielen, da die Verteilung der Feuchte von den Saugkraftunterschieden abhängig ist und ein Ausgleich nur sehr langsam erfolgt. Bei der Trocknung bestimmt man die gesamte am Sorptionskomplex hängende Wasserhülle, das kapillar festgehaltene Wasser und unter Umständen sogar noch Sickerwasser. Im getrockneten Boden verbleibt das Kolloidwasser, dies geht erst bei wesentlich höheren Temperaturen verloren. Eine Trocknung bei mehr als 110°C ist jedoch schon deshalb nicht ratsam, da eventuelle organische Substanz angegriffen wird.

Die Darstellung der Bodenfeuchteverhältnisse kann schichtweise geschehen, durch Säulen, Kurven oder als Bodenfeuchtediagramm. Im letzteren Fall werden Punkte gleichen Wassergehaltes miteinander verbunden, und man erhält einen Einblick in die Wasserbewegung eines aufgrabenen Profils von 0—100 cm Tiefe.

Diesbezügliche Anregungen und Erfahrungen werden von Uhlig (15) mitgeteilt. Als Beispiel für die Auswertung der Einzelergebnisse sei die Bestimmung vom 13. 3. 1951 im bewachsenen Boden angeführt, die etwa den mittleren Verhältnissen entspricht:

Tiefe in cm	Dosen Nummer	F <sub>1</sub> - F <sub>2</sub> (feucht - trocken) g	F <sub>2</sub> - Tara (trocken - Tara) g	F <sub>1</sub> - F <sub>2</sub> F <sub>2</sub> - Tara · 100 Gew. %
0 — 5	A 1	39,25	32,40	32,7
		32,40	11,45	
		6,85	20,95	
5 — 10	A 2	52,30	43,40	28,1
		43,40	11,75	
		8,90	31,65	
10 — 20	A 3	67,10	55,25	27,0
		55,25	11,35	
		11,85	43,90	
90 — 100	A 11	56,25	47,70	24,0
		47,70	12,10	
		8,55	35,60	
0 — 5	A 12	.	.	.

ringer die Durchlüftung. Aus den Ergebnissen der Schlämmanalysen (Tab. 1 Spalte 1—5) lassen sich in der Zusammensetzung nach der Korngröße keine wesentlichen Bodenunterschiede zwischen den einzelnen Versuchsflächen erkennen. Der etwas geringere Tongehalt im bewachsenen Boden kann durch Methodenfehler bedingt sein, andererseits jedoch beträgt hier der Gehalt an organischer Substanz auch das doppelte des unbewachsenen Bodens:

Unbewachsener Boden von

0—20 cm Tiefe 1,47% Org. Substanz  
90—100 cm Tiefe 0,27% Org. Substanz

Bewachsener Boden

0—20 cm Tiefe 3,00% Org. Substanz  
90—100 cm Tiefe 0,22% Org. Substanz

Diese Bestimmungen nach der Lichterfelder Methode wurden ebenso wie die pH-Messungen, die mit der Chinhydronelektrode im KCl-Auszug mit Hilfe des Zwillingsröhrenvoltmeters nach Dr. Hiltner erfolgten, vom Institut für Geologie und Bodenkunde der Landw. Hochschule Hohenheim vorgenommen.

### Mittelbildung

Tiefe in cm:											
	0—5	5—10	10—20	20—30	30—40	40—50	50—60	60—70	70—80	80—90	90—100
	32,7	28,1	27,0	23,4	23,1	22,2	23,2	23,0	27,0	24,8	24,0
	32,2	31,0	29,5	25,3	23,6	22,2	23,0	24,2	25,3	25,3	24,7
	34,5	32,8	28,8	24,4	24,2	23,4	24,2	24,7	24,5	24,9	24,2
	32,5	27,8	26,5	25,7							
	29,0	27,2	26,2	24,7							
	32,2	29,4	27,6	24,7	23,6	22,6	23,5	24,0	25,6	25,0	24,3
$\sigma_M$	±0,89	±1,08	±0,65	±0,40	±0,32	±0,40	±0,37	±0,51	±0,74	±0,15	±0,20
Wahrscheinlicher Fehler:											
	±0,59	±0,72	±0,43	±0,27	±0,21	±0,27	±0,25	±0,34	±0,49	±0,10	±0,13

## C. Die Bodenverhältnisse der Untersuchungsflächen.

### 1. Die Lage der Parzellen.

Die Parzellen, auf denen die Bodenfeuchteuntersuchungen durchgeführt wurden, befinden sich mit Ausnahme der Waldflächen, die im Revier Sulzhau links der Straße von Birkach nach Degerloch bei Klein-Hohenheim liegen, innerhalb des Versuchsfeldes in unmittelbarer Nähe der meteorologischen Station. Das Gelände ist zwar leicht nach Süden geneigt, doch kann für die Probeflächen selbst im allgemeinen der Abfluß unberücksichtigt bleiben. Nur nach wolkenbruchartigen Gewitterregen auf den ausgetrockneten Boden konnten abfließende Wassermassen beobachtet werden. Der Zustand der Probeflächen entsprach den für die Bohrmethode geforderten Verhältnissen. Voraussetzung für die Auswertung der Untersuchungsergebnisse ist außer der laufenden Messung der Witterungselemente auch eine genaue Kenntnis des Bodens, die man sich vor Beginn der Meßreihen verschaffen muß.

### 2. Die Textur.

Zu diesem Zweck bestimmt man zunächst die Bodenart nach der quantitativen Zusammensetzung der einzelnen Korngrößengruppen, denn diese ist ausschlaggebend für die Wasserverhältnisse im Boden: Je mehr abschlämmbare Teile ( $\phi < 0,002$  mm) vorhanden sind, desto größer ist die wasserhaltende Kraft, desto ge-

Der Boden reagiert fast neutral:

Tiefe in cm	Unbewachsen	Bewachsen
0—5	7,2 pH	6,1 pH
5—10	7,4	6,4
10—20	7,3	6,6
20—30	6,9	6,6
30—40	7,0	6,8
40—50	7,0	6,9
50—60	6,9	6,9
60—70	7,2	7,0
70—80	7,0	7,0
80—90	6,9	6,9
90—100	7,2	6,9

Profiluntersuchungen gaben einen Einblick in den Entwicklungszustand des Bodens:

0—10 cm Feinlehm

10—20 cm Feinlehm (starke Verfärbung, rote Eisenoxydhydrathäutchen)

20—50 cm Lettiger Ton (immer noch durchwurzelt) (20—30 cm der größte Teil der Faserwurzeln) (40—50 cm hört die faserige Bewurzelung auf) eingesprengte Steinbrocken

Eisenhydratüberzüge werden dunkel, nach unten zunehmende, dunkelbraun gefärbte Reduktionsflecken.

50—90 cm ab 50 cm C-Horizont

Tonige Verwitterung, stark zerstückelte Lias Steinschicht — intensiv marmoriert — stark durchsetzt von dunkelbraun gefärbten Ton-Eisenhydroxyhydratkongregationen.

60—80 cm eine etwas wasserstauende Schicht.

Es handelt sich also vermutlich um einen periglacial verlagerten Lößlehm. Charakteristisch ist die geringe Durchlüftung (Reduktionsflecken!) von etwa 30 cm Tiefe ab. Der Boden läßt sich mittelschwer bearbeiten und neigt leicht zur Verschlammung und Verkrustung. Der größtenteils dränierte Untergrund besteht aus z. T. mehrere Meter dicken Diluviallehm, der auf den unteren Liasschichten ruht.

### 3. Die Struktur.

Für die Bodenfeuchteverhältnisse ist aber außer der Textur vor allem die Struktur, d. h. die Morphologie des Bodens, sein Aufbau, entscheidend. Mit Hilfe von Nitzschproben bestimmt man zunächst das Raumgewicht, also das Gewicht von 1 cm<sup>3</sup> lufttrockenen Bodens im natürlich gelagerten Zustand (r) und das spezifische Gewicht (s) der Bodensubstanz. Dies kann mit dem Nitzschpyknometer erfolgen, es genügt aber auch die Berechnung von r aus Gewicht und Volumen der Bodenproben, dann ist jedoch noch die Bestimmung von s mit den üblichen Methoden erforderlich. Kennt man r und s, so läßt sich das zugehörige Substanzvolumen (SV), das Porenvolumen (PV) oder, wenn letzteres vollständig mit Wasser erfüllt ist, das maximal mögliche Wasser (F<sub>Max</sub>) leicht ermitteln. Allgemein lauten die Formeln:

$$SV = \frac{r}{s} \cdot 100 \text{ mm}, \quad PV = 100 - \frac{r}{s} \cdot 100 \text{ mm},$$

$$F_{Max} = 100 \cdot \frac{1}{r} - \frac{1}{s} \text{ ‰}.$$

Da im vorliegenden Fall s für die Versuchsflächen, auf denen die Messungen durchgeführt wurden, beim unbewachsenen Boden 2,65, beim bewachsenen Boden 2,61 beträgt, erhält man:

	SV	PV	F <sub>Max</sub>
Unbewachsener Boden	r · 37,7	100 - r · 37,7	$\frac{100}{r} - 37,7$
Bewachsener Boden	r · 38,3	100 - r · 38,3	$\frac{100}{r} - 38,3$

Die Größen SV, PV und F<sub>Max</sub> können für jedes beliebige r aus der Abb. 2 direkt abgelesen werden, sofern das spezifische Gewicht 2,61 bzw. 2,65 beträgt, wie es ja allgemein für Boden angenommen wird. Sie sind außerdem für die beobachteten Tiefen in Tab. 2 zusammengestellt.

### 4. Die Strukturveränderungen im Laufe des Jahres.

Da das Raumgewicht im Laufe des Jahres Schwankungen unterworfen ist, wurde diese Größe in den oberen Bodenschichten von Zeit zu Zeit durch Nitzschproben bestimmt (Tab. 3). Die Änderungen des Raumgewichtes (r) sind an der Oberfläche des unbewachsenen Bodens erwartungsgemäß größer. In der Vegetationszeit beträgt r = 1,3. Trocknet der Boden stark aus, so lockert sich die Ackerkrume, so daß bei einem Feuchtegehalt des Bodens unter 15% r auf 1,2 sinkt. Im Herbst nach längeren Niederschlägen mit andauernder Nässe verdichtet sich die Oberfläche bis auf r = 1,46. Während des Winters erfolgt durch die Frostwirkung wieder eine Auflockerung, doch geht diese durch folgende Niederschläge in 0—5 cm Tiefe wieder verloren. In 5—10 cm Tiefe sind diese Schwankungen nur im Herbst und Frühjahr festzustellen, jedoch nicht in der

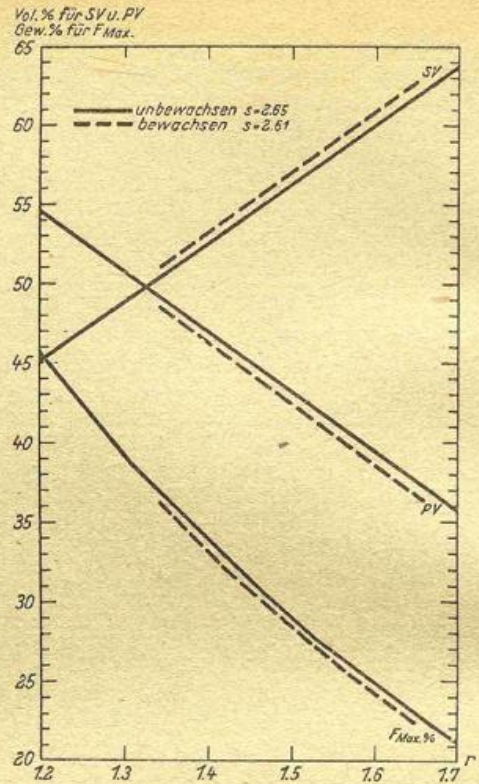


Abb. 2  
Der Zusammenhang zwischen r und SV, PV und F<sub>Max</sub>

Vegetationszeit. An der Oberfläche des bewachsenen Bodens treten durch den Schutz der Grasnarbe überhaupt keine Strukturveränderungen auf, so daß hier r in 0—5 cm Tiefe 1,34 und in 5—10 cm 1,40 beträgt. Für den Untergrund ist anzunehmen, daß r konstant bleibt. Bei länger andauernder Nässe kann jedoch durch Quellung der Bodensubstanz eine Vergrößerung des Bodenvolumens eintreten, die sich nach Vageler (17) auch berechnen läßt. Eine weitere Ausnahme gilt für den Fall, daß die Oberfläche des Grundwassers oder einer wasserführenden Schicht auf schwer durchlässiger Unterlage bis in den Beobachtungsraum hineinreicht. Während im allgemeinen von einem Grundwasserstand auf dem Versuchsfelde überhaupt nicht gesprochen werden kann, stieg im Winter 1950/51 nach den reichlich vorangegangenen Niederschlägen der Wasserspiegel einer derartigen wasserführenden Schicht bis in 60 cm Tiefe unterhalb der Erdoberfläche an. In dieser Zone überschritten die gemessenen Werte den errechneten maximalen Wassergehalt, d. h. es war mehr Wasser vorhanden, als im Porenvolumen Platz hatte. Für diese Verhältnisse gilt jedoch der von Vageler bereits zitierte Hinweis, daß bei einem Auftriebseffekt durch anstehendes Grundwasser die Gesetze der Bodenkunde keine Gültigkeit mehr besitzen. Wir haben es nicht mehr mit Boden zu tun, sondern mit Schlamm. Natürlich muß nach Absinken des Wasserspiegels die Struktur des Untergrundes neu bestimmt werden.

### 5. Die Wasserkapazität, die minimale Wasserkapazität und die Feldkapazität.

Als Wasserkapazität eines Bodens bezeichnet man diejenige Wassermenge, die der Boden längere Zeit festzuhalten vermag. Sie ist bedingt durch Bodensubstanz und Bodengefüge. Der Einfluß der ersten auf die Wasserkapazität wird bei ein und demselben Boden einigermaßen konstant sein, während durch den zweiten Faktor Schwankungen je nach der Lagerung

der Teilchen zu erwarten sind. Diese festgehaltene Wassermenge wird also aus Adsorptionswasser, d. i. das an den Bodenteilchen anhaftende Wasser, und aus kapillar festgehaltenem Wasser bestehen. Das letztere unterliegt jedoch noch dem Einfluß der Schwere und bewegt sich langsam nach unten.

Bei Laboratoriumsuntersuchungen bestimmt man daher besser die **minimale Wasserkapazität**. Das ist diejenige Wassermenge, die von den Bodenteilchen gegen die Schwerkraft zurückgehalten werden kann. Analog dieser Definition für die minimale Wasserkapazität (Labor) wird als **Feldkapazität** diejenige Wassermenge bezeichnet, die der natürlich gewachsene Boden entgegen der Schwerkraft festzuhalten vermag. Diese Größe setzt sich theoretisch aus der minimalen Wasserkapazität und dem kapillaren Haftwassergehalt zusammen. In dicht gelagerten Böden — und das gilt z. T. auch für die hiesigen Verhältnisse — kann jedoch das Porenvolumen diese Wassermenge gar nicht aufnehmen. Selbst wenn genügend Raum vorhanden ist, wie in den oberen Schichten, erreichen die im Feld gemessenen Werte allgemein nicht die minimale Wasserkapazität. Es scheint, daß diese im Labor ermittelte Größe (Tab. 1, Spalte 9) nur einen optimalen Wert darstellt, d. h. nur im günstigsten Fall entspricht nach vorausgegangenem längerer Sättigung die durch den Boden festgehaltene Wassermenge der minimalen Wasserkapazität.

Die Bestimmung der Feldkapazität dagegen erfolgt im natürlich gewachsenen Boden nach ausreichender Durchfeuchtung im Frühjahr und Herbst. Dabei wird auch das kapillare Haftwasser erfaßt, das zwar dem Einfluß der Schwere unterliegt und besser als „kapillares Sickerwasser“ (Laatsch) bezeichnet würde, doch verläuft die Bewegung sehr langsam. Betrachtet man nämlich den Wassergehalt des Bodens nach reichlicher Durchfeuchtung in Regenperioden bei geringer Verdunstung, so fällt auf, daß sich nach Ablauf des Sickerwassers für jede Schicht bestimmte Werte stets wiederholen, die dann eine Zeitlang im Boden gemessen werden. Für diese Zwecke war besonders der

September, November und Dezember bis zum Beginn der Frostperiode geeignet. In Tab. 2, Spalte 5, sind die auf diese Weise erhaltenen Erfahrungswerte für die einzelnen Schichten wiedergegeben und in das Nitzsch-Diagramm (Abb. 3) eingetragen. Im bewachsenen Boden bleibt das Substanzvolumen während des ganzen Jahres konstant. Die zwischen SV und  $F_{Kap}$  liegende, weiß gehaltene Fläche entspricht dem Luftvolumen, das wesentlich größer ist als im unbewachsenen Boden. Hier sind außerdem noch die je nach Feuchtezustand und Jahreszeit unterschiedlichen Werte für das Substanzvolumen eingezeichnet, wobei die unterbrochene Linie die dichteste Lagerung im Herbst darstellt. In dem abweichenden Verlauf der beiden Diagramme kommt der Einfluß der Durchwurzelung auf Struktur und Wasser-verhältnisse zum Ausdruck.

Das Wasserhaltevermögen ist von größter Bedeutung für Bilanzrechnungen, für den Landwirt, den Kulturtechniker und den Hydrologen, denn es gibt an, welche Wassermengen gespeichert werden können. Den Praktiker interessiert jedoch weniger dieser absolute Wert als vor allem die Frage: Wieviel Wasser enthält der Boden im Verhältnis zur Sättigung oder wieviel Wasser fehlt bis zu der Menge, die der Boden überhaupt festhalten kann? Eine Beantwortung ist nur möglich, wenn man den augenblicklichen Wassergehalt und die Feldkapazität kennt. Das Verhältnis zwischen der tatsächlich vorhandenen Feuchte und der Feldkapazität soll „Relative Bodenfeuchte“\*) genannt werden; den Verlauf derselben zeigt Abb. 4, der auf S. 14 noch eingehend besprochen wird.

## 6. Die Totwassergrenze und die Hygroskopizität.

Die Wasseraufnahme durch die Wurzeln können wir uns so vorstellen, daß die Wurzelhaare die feuchten Bodenteilchen aufsuchen und auf osmotischem Wege aus den Poren bzw. von den Oberflächen der Bodenpartikel das Wasser aufnehmen (18). Diese Aufgabe haben vor allem die feinsten Wurzelhärchen zu erfüllen, die den Bodenkrümel überziehen, in denselben hineinwachsen und nach Nitzsch (10) jede einzelne Pore abweiden. Dafür spricht auch die kurze Lebensdauer der Wurzelhärchen. Im Boden erfolgt nur auf ganz kurze Entfernung eine Wasserbewegung von den feuchten Stellen in Richtung auf die Pflanzenwurzeln. Verarmt jedoch der Boden an Wasser und sinkt seine relative Dampfspannung unter 100%, so wird die Wasseraufnahme der Wurzeln erschwert und das Wassernachleitungsvermögen hört plötzlich auf. Die Pflanze beginnt zu welken und stirbt ab, wenn diese Störung länger andauert. Dieser Grenzwert entspricht etwa dem **Welkungskoeffizienten** der Pflanzenphysiologen und ist durch die Beweglichkeit des Wassers im Boden bedingt, also von der Bodenart, aber weniger von den Pflanzen abhängig. Da die **Hygroskopizität** ein Maß für die Wasserbindungskraft darstellt, kann mit Hilfe dieser Größe der Anteil des für die Pflanze nicht nutzbaren Wassers berechnet werden; er entspricht etwa der 2—2½fachen Hygroskopizität (Mitscherlich). Die hierbei noch im Boden befindliche Wassermenge wird als **Totwasser** bezeichnet.

Die Ermittlung des Welkungskoeffizienten erfolgte auf zwei Wegen:

1. Im Gefäßversuch mit Senfpflanzen zu gleicher Zeit und somit unter gleichen atmosphärischen Bedingungen, da auch im natürlich gewachsenen Boden die Pflanzen andauernde Welkeerscheinungen zeigten.

\* Blank (Handbuch der Bodenlehre 6, S. 137) bezeichnet dagegen als relative Feuchtigkeit das prozentuale Verhältnis zwischen vorhandenem Wassergehalt und „Feuchtigkeitswert“, das ist die in Gew.% ausgedrückte Feuchtigkeit, die in einem Boden zurückbleibt, nachdem er 40 Min. lang mit einer Beschleunigung von 1000 g ( $g = 981 \text{ cm/sec}^2$ ) zentrifugiert wurde.

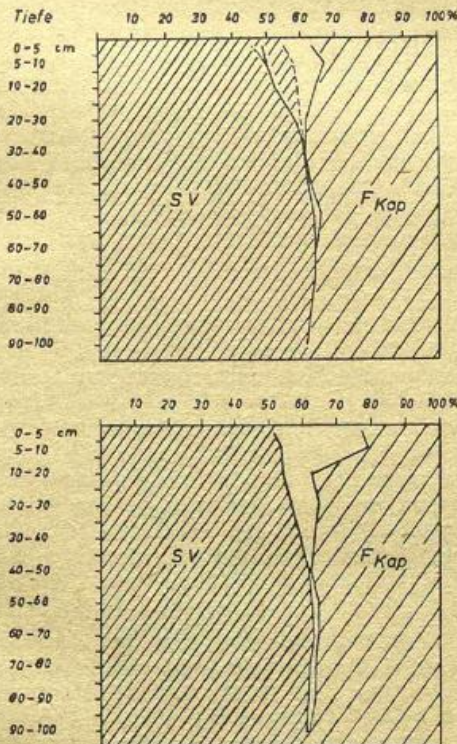


Abb. 3

Nitzsch-Diagramm des Bodenprofils der unbewachsenen (oben) und bewachsenen (unten) Versuchspartelle (Wassergehalt entspricht der Feldkapazität).

2. Durch Messung der Bodenfeuchte und Beobachtung der Pflanzen auf einer Wiese mit normalem Bestand.

Die Versuchsauswertung in Tab. 4 und die im nächsten Abschnitt noch zu besprechenden Untersuchungen im gewachsenen Boden ergeben für beide Fälle als Totwassergrenze 10 Gew.%. Wie schon erwähnt, steht die Hygroskopizität in einem bestimmten Verhältnis zum Welkungskoeffizienten. Die  $1\frac{1}{2}$ —2fache Wassermenge der Hy ist für die Pflanze nichtausnutzbares Wasser (Mitscherlich). Die Hy wurde nach Mitscherlich über 10%iger Schwefelsäure bestimmt, die Bodenproben anschließend bei 105—110° getrocknet (Tab. 1, Spalte 7).

Ein Vergleich der Spalte 6 und 7 in Tab. 1 zeigt eine gute Übereinstimmung dieser beiden Größen. Daraus ergibt sich ein Faktor, der zwischen 1,74 und 1,93 liegt. Die Hy kann also tatsächlich ein Maß für das Totwasser sein. Da der Boden bei den Fichtenstämmen und -stangen zu sauer war, so daß die Senfpflanzen eingingen, wurde die Bestimmung des Welkungskoeffizienten als Vielfaches der Hy für diesen Fall praktisch durchgeführt. Nimmt man als Umrechnungsfaktor 1,8, so beträgt der Welkungskoeffizient 7,5 Gew.% bzw. 8,5 Gew.%. Dies erscheint in Anbetracht des höheren Tongehaltes etwas zu niedrig, doch weist andererseits die kleinere minimale Wasserkapazität ebenfalls darauf hin, daß hier die Belegung der Sorptionskomplexe eine andere ist als im Versuchsfeld und damit auch die Wasserverhältnisse verschieden sein müssen.

#### D. Die meteorologischen Verhältnisse in Hohenheim.

Klima und Witterung sind bedingt durch das Zusammenwirken der meteorologischen Elemente, zu denen wir in erster Linie Temperatur, Niederschlag, Luftdruck, Wind, Luftfeuchtigkeit und Bewölkung rechnen. Ihr Einfluß ist entscheidend für den Bodenzustand, insbesondere auch für die Bodenfeuchte und die Pflanzenentwicklung sowie für Aufwand und Erfolg des Landwirts. Um daher die für Wissenschaft und Praxis wertvollen meteorologischen Beobachtungs- und Meßergebnisse und die Auswirkung der Witterung auf Kulturpflanzen, Boden, Krankheiten und Schädlinge allen interessierten Stellen zugänglich zu machen, werden diese Angaben in den Witterungsberichten des Deutschen Wetterdienstes in der US-Zone (19) sowie in den Agrarmeteorologischen Berichten der einzelnen Stationen (1, 2, 9, 20) laufend veröffentlicht, während Uhlig (14, 16) zusammenfassend über die Bodenfeuchtemessungen dieser Stationen berichtete.

Bei der Auswertung von jeglichen im Freiland angestellten Untersuchungen ist die exakte und übersichtliche Darstellung der Witterungsverhältnisse in den betreffenden Zeiten unbedingt erforderlich. Leider aber besteht in der Sprache des Meteorologen, der sich an einen sehr verschiedenartig interessierten Kreis wendet, und der des Landwirts ein erheblicher Unterschied, so daß es für den letzteren oftmals schwer ist, das für ihn Wesentliche zu erfassen. Vor allem kommt es darauf an, aus der Fülle des meteorologischen Beobachtungsmaterials die für den jeweiligen Zweck wichtigen Messungen zusammenzustellen und ihrer Dringlichkeit nach zu ordnen.

In der Meteorologie wird die Niederschlagssumme aus den Terminen II, III des Vortages und dem Termin I des laufenden Tages errechnet. Dieses Verfahren ist zwar international anerkannt, für landwirtschaftliche Zwecke jedoch unter Umständen weniger geeignet. Für die Beurteilung der Bodenfeuchteverhältnisse ist außer der Niederschlagssumme vor allem deren zeitliche Verteilung ausschlaggebend. Hat es z. B. am Tag vor der Bodenfeuchtemessung (Montag) vormittags geregnet, so erscheint dieser Niederschlag erst am folgenden Tag

(Dienstag früh), also kurz vor der Bodenfeuchtebestimmung, trotzdem der Boden — vor allem im Sommer — im Laufe des Montags bereits abgetrocknet und die Feuchtigkeitswelle schon weiter eingedrungen ist. In der vorliegenden Arbeit wurden daher zunächst die Niederschlagsmengen der einzelnen Termine berücksichtigt und daraus dann der „tägliche Niederschlag“ (I+II+III) gebildet und nunmehr der bis zur Bodenfeuchtebestimmung tatsächlich gefallene Niederschlag in die Diagramme eingetragen. Vor allem aber kann man auf diese Weise auch die Niederschlagsmenge mit den anderen meteorologischen Messungen wie z. B. der Lufttemperatur, der Luftfeuchtigkeit, des Windes und der Strahlung — von denen ja z. T. auch das Mittel aus den drei Ablesungen des Tages gebildet wird — vergleichen und ihre Wirkung auf die Bodenfeuchte besser beurteilen. Die Niederschläge in der Nacht vor der Bodenfeuchtebestimmung sind auch bei der Verwendung des täglichen Niederschlags an den betreffenden Tagen selbst eingetragen und können bei der Auswertung entsprechend berücksichtigt werden.

Da man jedoch andererseits an die allgemeinen Abmachungen gebunden ist, entsprechen die Monats- und Jahresmittel in dieser Arbeit den Niederschlagssummen im meteorologischen Sinne und sind daher mit anderen Stationen vergleichbar.

Die Messungen erfolgten in dem Klimagarten der Agrarmeteorologischen Station Hohenheim, der sich innerhalb des Versuchsfeldes des Instituts für Acker- und Pflanzenbau befindet, so daß die Aufzeichnungen für die Auswertung der Versuche verwendet werden können.

#### 1. Das Klima.

Die natürlichen Grenzen des nördlichen Württembergs sind im Osten die Schwäbische Alb, im Westen teilweise der Schwarzwald, während nach Nordosten und Norden das Gebiet nach Baden, Unter- und Mittelfranken nur durch politische Grenzen abgeteilt ist (13). Das schwäbische Unterland — in den Winkel zwischen Alb und Schwarzwald eingebettet — gehört nach der Klimaeinteilung von Köppen zum feuchttemperierten Klima, das für dieses Gebiet als gemäßigt kontinental und niederschlagsreich bezeichnet werden kann. Es wird durch das Neckartal in eine östliche und westliche Hälfte geteilt. Letztere umfaßt die Ostabflachung des nördlichen Schwarzwaldes, das sogenannte Obere Gäu, den Schönbuch und die Filderebene. Für diese Hochfläche, deren Grenze durch den Neckar und die Wälder des Schönbuchs gebildet wird, sind die Hohenheimer Beobachtungsergebnisse charakteristisch. Die langjährigen Klimamittelwerte sind in Tab. 5 zusammengestellt worden (21).

Die Meereshöhe beträgt 400 m, die durchschnittliche jährliche Niederschlagssumme 685 mm. Im Verlauf des Jahres steigen die Niederschlagssummen von Februar bis Juni/Julian, so daß in diesen beiden Monaten mit 83 und 88 mm die höchsten Monatswerte des Jahres gemessen werden. Bis zum Februar erfolgt dann wieder ein Rückgang auf 32 mm. Die Jahressumme ist im Vergleich zu anderen Stationen auf gleicher Höhe gering, was in erster Linie auf die Regenschattenwirkung des Schwarzwaldes zurückgeführt werden kann. Als größte Niederschlagssumme des Jahres wurden seit 1878 979,9 mm (1922), als geringste 307,0 mm (1879) gemessen.

Die Jahresmitteltemperatur liegt bei 8,5°. Der kälteste Monat ist der Januar mit einem Monatsmittel von  $-0,6^{\circ}$ , der wärmste der Juli ( $17,6^{\circ}$ ). Mit  $18,2^{\circ}$  entspricht die mittlere Jahresschwankung den Werten des mitteleuropäischen Klimagebietes, das den Übergang bildet zwischen maritimem und kontinentalem Klima. Für landwirtschaftliche Zwecke interessieren die Frostdaten: Im Mittel ist mit dem ersten Frost gegen Ende Oktober

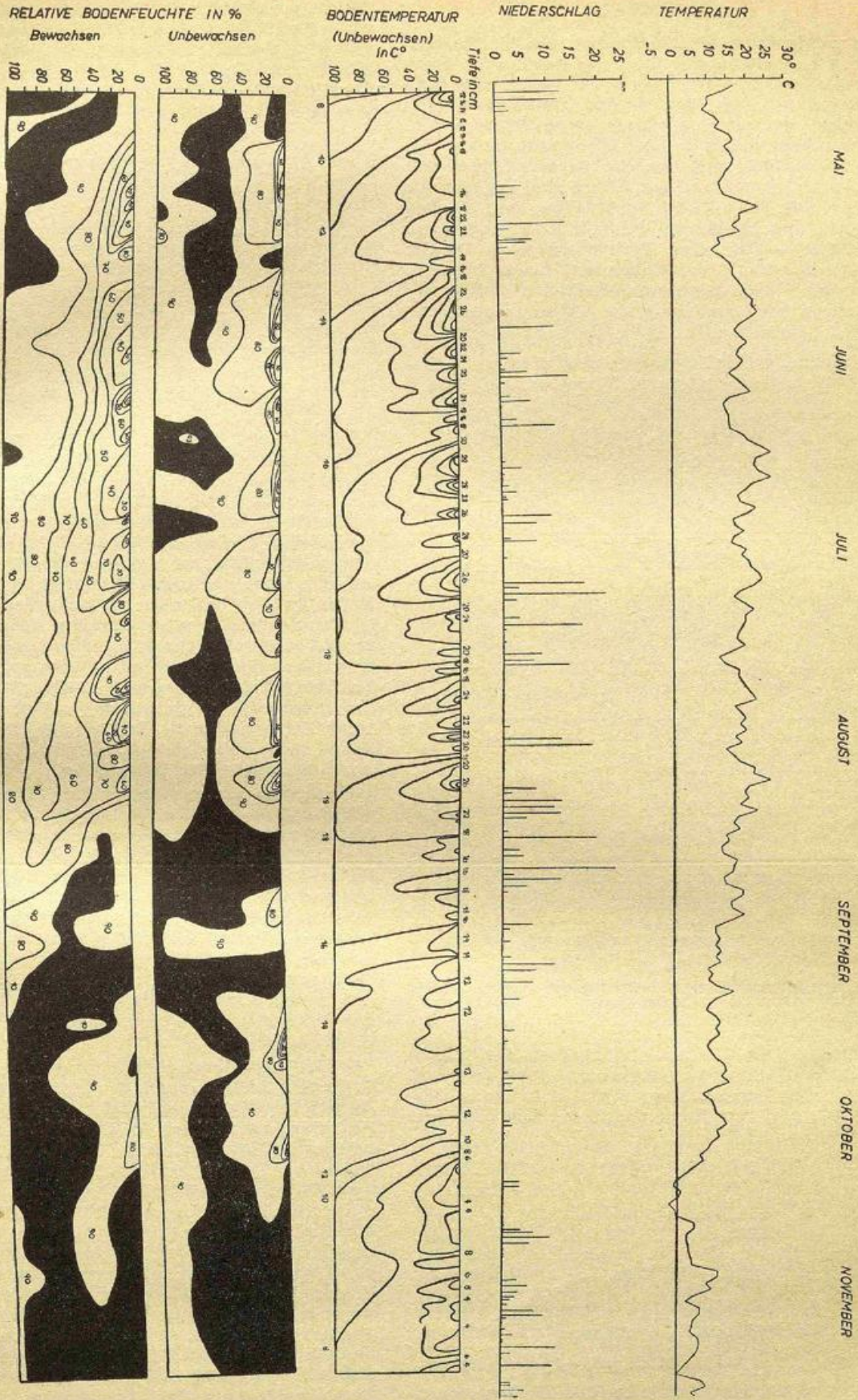


Abb. 4  
Verlauf der Witterung (oben) und der Relativen Bodenfeuchte (unten) von Mai bis November 1950.

(26. 10.), mit dem letzten Frost im Frühjahr Ende April (26. 4.) zu rechnen. Die frostfreie Zeit umfaßt also 182 Tage. In der frostgefährdeten Zeit treten im Mittel an 91 Tagen Minimumtemperaturen unter 0° (Frosttage) und an 26 Tagen Maximumtemperaturen unter 0° (Eis-

tage) auf. Die absolut niedrigste Temperatur seit 1878 wurde am 10. Dezember 1879 mit -26,6° abgelesen.

Wichtig sind noch Angaben über die Anzahl der Tage mit Niederschlag, die ebenfalls aus den Tabellen ersichtlich sind.

**2. Der Witterungsverlauf während der Beobachtungsjahre 1949/1950.**

Einen allgemeinen Überblick über den Witterungsverlauf in Hohenheim gibt Tab. 5, in welcher die absoluten Zahlen im Vergleich zum Mittel, die in jeder Versuchsauswertung angeführt werden sollten, zu finden sind. Dabei beziehen sich die langjährigen Mittel, wie in der Meteorologie üblich, bei den Temperaturen auf den Zeitraum von 1881—1940, bei den Niederschlägen von 1891—1930. Im oberen Teil der Abb. 4 sind dagegen die Lufttemperatur, der tägliche Niederschlag und die Bodentemperaturen bis in 1 m Tiefe für jeden Tag in der Zeit von Mai bis November 1950 wiedergegeben. Da sich die meisten Sonderuntersuchungen auf diesen Zeitraum beziehen, kann die oben genannte Darstellung allgemein als Unterlage zur Beurteilung des Witterungsverlaufes dieser Zeit benutzt werden.

Entscheidend für die Feuchtigkeitsverhältnisse im Boden sind die vorhergegangenen Niederschläge. Abb. 5

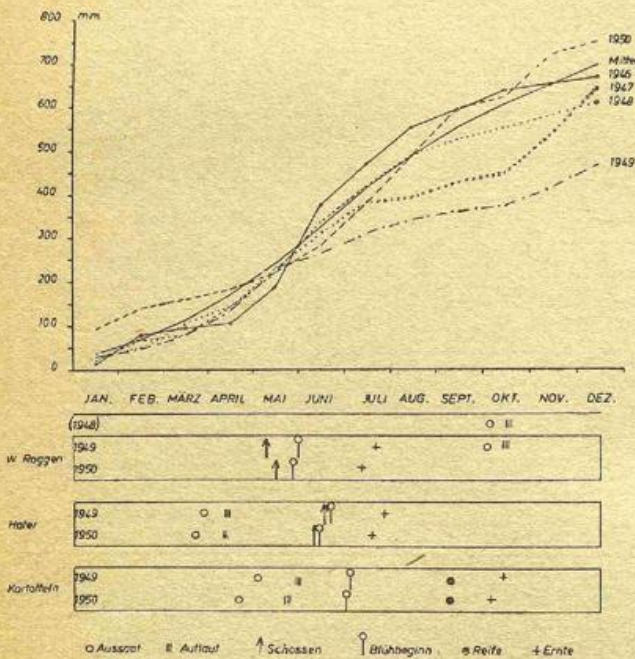


Abb. 5

Die Niederschlagsverhältnisse 1946 bis 1950 mit Angabe einiger phänologischer Daten.

veranschaulicht die Niederschlagssummen der letzten 5 Jahre. Man sieht daraus, daß die Jahre 1946—1949 z. T. recht erhebliche Niederschlagsdefizite aufweisen, während die Niederschlagssumme des Jahres 1950 über dem Mittel liegt.

Jahr	N-Summe	Mittel	Defizit bzw. Überschuß
1946	658 mm	685 mm	— 27 mm
1947	635 mm	685 mm	— 50 mm
1948	599 mm	685 mm	— 86 mm
1949	460 mm	685 mm	—225 mm
Defizit 1946—1949			—388 mm
1950	736 mm	685 mm	+ 51 mm
Defizit 1946—1950			—337 mm

Der Anstieg der Kurven ist ein Maß für den monatlichen Zuschuß zur Jahressumme und gestattet gleichzeitig einen Vergleich zum Mittel. Die Angabe der phänologischen Daten gestattet außerdem noch eine Beurteilung, welche Niederschlagsmengen in den einzelnen Vegetationsabschnitten des Jahres 1949 und 1950 zur Verfügung standen. Im Jahre 1949 trat der Nieder-

schlagsmangel erst im Juni ein, so daß der Wasserverbrauch des Getreides noch gedeckt werden konnte, während den Hackfrüchten bei ihrer Entwicklung der Niederschlag fehlte. 1950 beginnt der Niederschlagsüberschuß erst Juli-August, so daß neben einer sehr guten Hackfrüchtermte auch eine gute Getreideernte erzielt wurde.

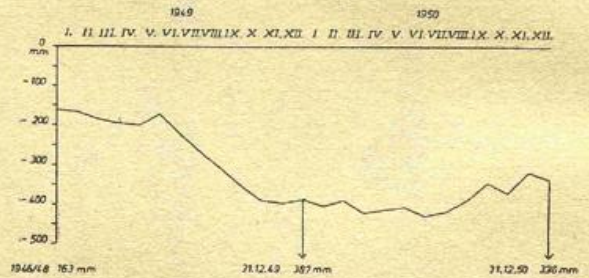


Abb. 6

Niederschlagsdefizit der Jahre 1946 bis 1950.

Abb. 6 zeigt Zu- und Abnahme des Niederschlagsdefizits in den Jahren 1949 und 1950. Die fehlende Niederschlagssumme der Jahre 1946—1948 beträgt 163 mm. Im Laufe des Jahres 1949 vergrößert sich nun diese Differenz bis zum 31. Dez. auf 388 mm. Bis Ende 1950 findet eine gewisse Auffüllung statt, so daß am 31. 12. zum zahlenmäßigen Ausgleich noch 337 mm fehlen, doch sei jetzt schon vorausgeschickt, daß diese Bilanz für die Bodenfeuchteverhältnisse nicht entscheidend ist. Größere Niederschlagsmengen im Sommer bedeuten keinen wesentlichen Gewinn für den Boden, wenn sie als Wolkenbrüche auf die trockene Oberfläche stürzen, zum größten Teil abfließen, verdunsten oder durch Pflanzen sofort verbraucht werden. Dagegen können absolute kleinere Niederschläge im Winter bei fehlender Verdunstung eine bedeutende Erhöhung der Bodenfeuchte innerhalb kurzer Zeit herbeiführen.

Es kommt also weniger auf die Endsumme, als vor allem auf die richtige Verteilung an. Das gilt für die Bodenfeuchteverhältnisse unter einjährigen Pflanzen, aber nicht für mehrjährige. Diese können durch wiederholten Feuchtigkeitsmangel in der Vegetationszeit derart geschwächt werden, daß sie Schädlingen desto leichter zum Opfer fallen, wie dies bei dem verheerenden Borkenkäferbefall der letzten Jahre in Verbindung mit der Dürre beobachtet werden konnte. In einem Bericht des Deutschen Wetterdienstes in der US-Zone (5) über den heißen und trockenen Sommer 1947 werden die Auswirkungen der Dürre auf die Kulturpflanzen geschildert.

In der Vegetationsruhezeit des Winters 1948/49 und der folgenden Frühjahrsperiode war es bis einschließlich April allgemein zu mild und zu trocken. Eine teilweise Ausnahme machte nur der März, der im Mittel 1,3° zu kalt war. Diese Abweichung ist auf die Kälteperiode in der ersten Dekade zurückzuführen. Grundsätzlich andere Witterungsverhältnisse herrschten dagegen im Mai mit 98 mm Niederschlag (= 140% der Norm) und einer Monatsmitteltemperatur von 11,6°, die 1,2° unter dem langjährigen Mittelwert lag. Auch im Juni war es noch um 1,1° zu kühl, aber in diesem Monat setzte schon der Niederschlagsmangel ein, der bis Ende November andauerte. Dazu herrschten noch überdurchschnittliche Temperaturen, vor allem in den Monaten September und Oktober, so daß sich die Trockenheit des Sommers 1949 sehr ungünstig auf den Boden auswirkte. Erst im Dezember lagen sowohl Temperatur als auch Niederschlagswerte über dem Mittel, so daß das Jahr 1949 als zu warm und wesentlich zu trocken bezeichnet werden kann. Besonders auffällig ist die Sonnenscheindauer, die nur im Mai und Dezember nicht den langjährigen Mittelwert erreichte, diesen aber in allen anderen Monaten erheblich überschritt.

Völlig anders gestaltete sich dagegen die Witterung des Jahres 1950. Bis Mitte Januar dauerten die bis dahin milden Temperaturen der Vegetationsruhezeit an, doch setzte in der zweiten Hälfte des Monats Frost ein, der bis zu 30 cm Tiefe in den Boden eindrang. Die unterschiedlichen Temperaturverhältnisse im Verlauf des Monats gleichen sich zahlenmäßig aus, so daß das Mittel der Norm entspricht.

In einer zweiten Frostperiode Ende Februar/Anfang März wurde zwar die Tiefsttemperatur des Jahres gemessen ( $-12,3^{\circ}$ ), jedoch wirkte sich diese nicht entscheidend auf die Mitteltemperatur aus. Während im Januar viel zu wenig Niederschläge fielen, betrug die Monatssumme im Februar 138% der Norm. Das typische Aprilwetter brachte reichliche Niederschläge, die ersten Gewitter, begleitet von Hagelschauern, sowie unter dem Durchschnitt liegende Temperaturen. Im weiteren Verlauf des Jahres können die Witterungsverhältnisse in ihrer Auswertung einheitlich zusammengefaßt werden. Infolge der vorherrschenden Westwetterlagen begünstigte die feuchtwarme Witterung das Wachstum der Pflanzen außerordentlich. Die reichlichen Niederschläge erschwerten das Einbringen der Ernte und die Herbstackerung, zumal im Dezember der Boden bis in 15 cm Tiefe gefroren war. Auch im Jahre 1950 ist die überdurchschnittliche Sonnenscheindauer auffallend.

Außer Niederschlag und Temperatur sind als weitere Klimafaktoren relative Feuchte und Wind zu nennen, doch beeinflussen diese die Bodenfeuchte nur in besonderen Fällen entscheidend, so daß auf eine Schilderung des Verlaufs verzichtet werden kann. Eine Messung und möglichst auch Registrierung derselben ist jedoch unbedingt erforderlich, denn oftmals wird eine sehr rasche Abtrocknung des Bodens nur durch die Einwirkung dieser beiden Größen zu erklären sein. Andererseits vermögen nässender Nebel und Tau in den oberen Schichten des Bodens einen gewissen Einfluß auf die Bodenfeuchte auszuüben. Wenn auch die Taumengen recht gering sind (für unsere Verhältnisse im Höchstfall für eine Nacht etwa 1 mm), so wird doch die Verdunstung herabgesetzt und verhindert ein weiteres Abtrocknen des Bodens in dieser Zeit. Auch diese Beobachtungen sind also notwendig.

### E. Der Verlauf der Bodenfeuchte während der Beobachtungsjahre 1949/1950.

#### 1. Die Absolute Bodenfeuchte in Gewichtsprozenten.

Einen ersten Überblick über die anschließend noch eingehender dargestellten Unterschiede der Bodenfeuchteverhältnisse im unbewachsenen und bewachsenen Boden vermittelt Abb. 7, in deren oberem Teil auch noch der Verlauf der Bodentemperatur mit angegeben ist. Während weiß das Fehlen von pflanzennutzbarem Wasser andeutet, ist umso mehr Feuchtigkeit vorhanden, je dunkler die Flächen sind, bis schließlich in den schwarzen Teilen die höchstmögliche Wassermenge erreicht wird. Aus dieser Abbildung ergeben sich ohne weiteres die Zonen des stärksten Wasserverlustes im Sommer durch Sickerung, Verdunstung und Pflanzenverbrauch, aber auch die durch Bodenstruktur und Oberflächenbeschaffenheit bedingten Unterschiede bei der Auffüllung im Herbst.

An Hand der Abb. 8 wollen wir nunmehr den Verlauf der Bodenfeuchte in den Jahren 1949/50 im einzelnen verfolgen. Die letzte größere Niederschlagssumme vom 16.—18. Juni 1949 mit 36,1 mm vor Beginn der Trockenperiode vermochte den Boden noch einmal bis zur beobachteten Tiefe zu durchfeuchten, den bewachsenen Boden jedoch in weit schwächerem Maße. Dann aber setzte eine zunehmende Austrocknung ein. Im unbewachsenen Boden ging die Bodenfeuchte in 0—5 cm Tiefe in der Zeit vom 19.—29. 7. von 31,4 Gew.% auf 11,6

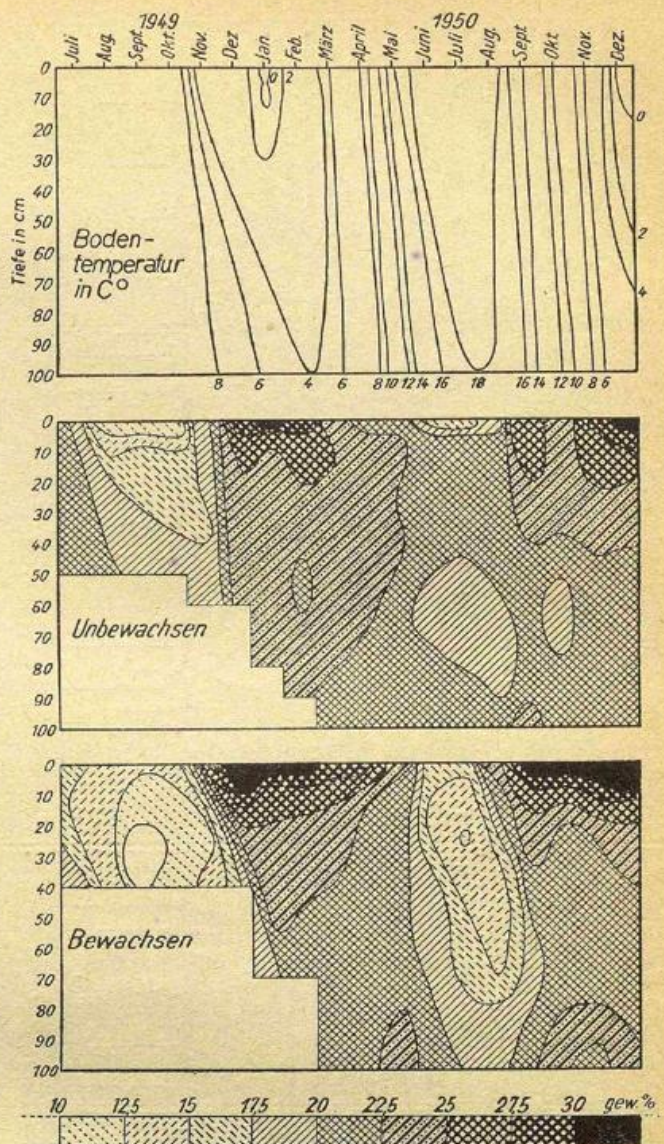


Abb. 7  
Feuchtigkeitsverteilung im Profil des unbewachsenen und bewachsenen Bodens.

Gew.% zurück. Vereinzelt Niederschläge unter 4 mm verursachten nur an der Oberfläche kurzfristig einen Feuchtigkeitsanstieg, während unterhalb 20—30 cm die Abnahme des Wassergehaltes durch Verdunstung und Absickerung weiter fortschritt. Die Grasnarbe des bewachsenen Bodens bildete einen wirksamen Verdunstungsschutz und hielt die oberste Schicht um 3—4% feuchter. Dagegen erfolgte hier in 20—30 cm Tiefe durch den Wasserentzug der Pflanzenwurzeln ein überaus starker Rückgang der Bodenfeuchte, so daß Ende August unterhalb 20 cm kein pflanzennutzbare Wasser mehr zur Verfügung stand. Unterhalb 40 cm Tiefe konnten keine Messungen durchgeführt werden, da sich der Bohrer in den trockenen und harten Schichten verbog. Es ist deshalb anzunehmen, daß in dieser Zeit auch die Wurzeln keine bedeutenden Wassermengen aus der Tiefe holen konnten. Charakteristisch für diese bis Ende Oktober andauernden Verhältnisse ist die Feuchtigkeitsverteilung in der Vertikalen: beim unbewachsenen Boden eine Zunahme von oben nach unten, beim bewachsenen Boden dagegen eine Abnahme in gleicher Richtung.

Unter bewachsenem Boden wurden von Ende August bis zum 10. unterhalb 20 cm Werte von 10 Gew.% gemessen, während gleichzeitig die Pflanzen deutlich welk waren und sich auch nachts trotz häufigen starken Taufalls nicht mehr erholten. In Tab. 6 sind die

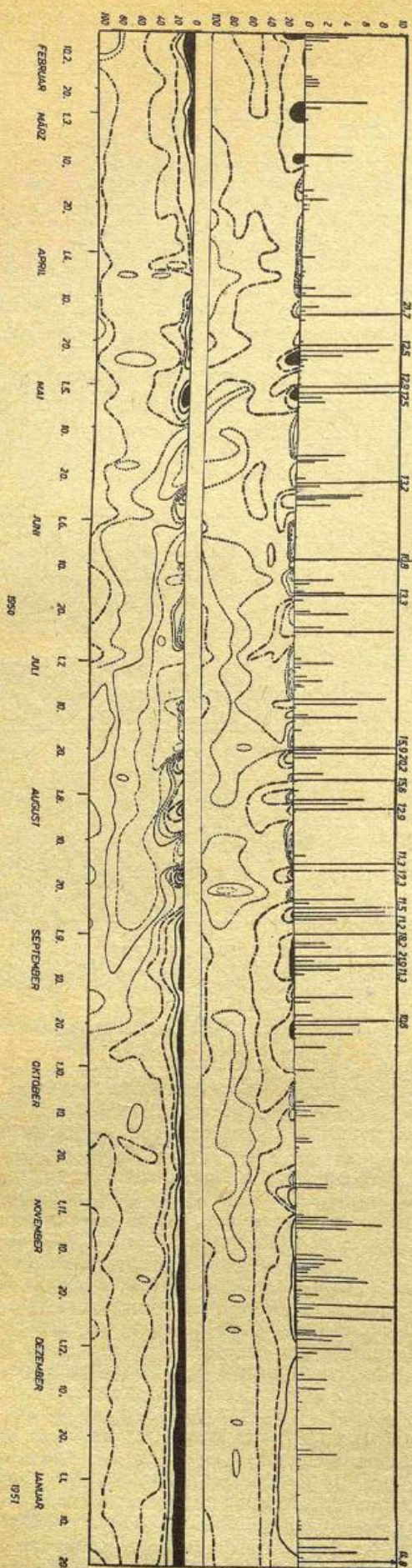
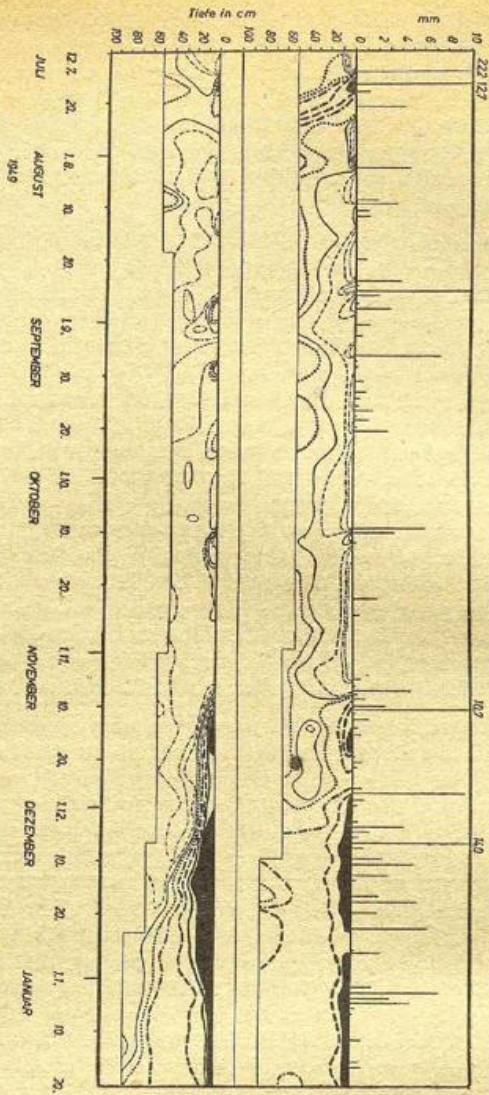


Abb. 8  
Verlauf der Bodenfeuchte 1949/50  
Oben: Niederschlag. Mitte: Unbewässern. Unten: Bewässern.

.....	10,0 Gew. %
-----	12,5 "
-----	15,0 "
-----	17,5 "
-----	20,0 "
-----	22,5 "
-----	25,0 "
Unbew.	"
■	Bew.
■	≥ 27,5
■	≥ 30,0

Meßergebnisse unter bewachsenem Boden in der betreffenden Zeit dargestellt. Auch die Gefäßversuche ergaben bekanntlich eine Totwassergrenze von 10 Gew.%, doch ist diese Übereinstimmung umso erstaunlicher, als es sich in einem Fall um gewachsenen, im anderen um eingefüllten Boden handelt. Bei Annäherung an den Welkungskoeffizienten überwiegt anscheinend der Einfluß der Wasserbindungskräfte des Bodenteilchens, während die Strukturverhältnisse weniger entscheidend für die Wassernachlieferung sind. Daraus ergibt sich, daß die Bodenart den zuletzt entscheidenden Faktor darstellt.

Im Laufe des Novembers ändert sich das Bild jedoch vollkommen, obwohl auch in diesem Monat mit 37,8 mm nur 84% der normalen Niederschlagssumme fielen. Jedoch können in dieser Jahreszeit auch kleinere Niederschlagssummen einen erheblichen Anstieg der Bodenfeuchte herbeiführen, da Verdunstung und Pflanzenverbrauch herabgesetzt sind. Interessant ist eine Gegenüberstellung der Bodenfeuchtwerte am Anfang und Ende des Monats.

Tiefe	Unbewachsen		Bewachsen	
	1. 11.	29. 11.	1. 11.	29. 11.
	in Gew. %			
0—5 cm	6,5	28,9	11,8	34,5
5—10 cm	12,8	25,1	12,6	27,6
10—20 cm	15,9	23,9	11,2	18,3
20—30 cm	16,3	22,2	11,3	11,8
30—40 cm	17,7	20,7	12,8	14,8

Die weitere Auffüllung der Bodenfeuchte ist besonders gut beim bewachsenen Boden zu verfolgen. Der unbewachsene Boden war in der zweiten Novemberhälfte bereits zwischen 0 und 80 cm Tiefe bis zur Wasserkapazität aufgefüllt, so daß die folgenden Niederschläge den tieferen Schichten zugute kamen. Beim bewachsenen Boden ist dieser Zustand bis zum 20. 1., als die Messungen wegen des einsetzenden Bodenfrostes unterbrochen werden mußten, noch nicht erreicht. Die Grasnarbe erschwert das Eindringen des Wassers in den Boden, so daß ein größerer Teil der Niederschläge auf der Erdoberfläche liegenbleibt. Der Auffüllprozeß erfolgt zwar derart, daß zwischen den feuchteren und trockeneren Schichten ein Ausgleich angestrebt wird, doch soll als Maß für die Durchfeuchtungsgeschwindigkeit der Verlauf der verhältnismäßig scharf abgegrenzten Bodenschicht mit einem Wassergehalt von 20,0—22,5 Gew. % angenommen werden. Dabei ergibt sich, daß diese Zone im unbewachsenen Boden zum erstenmal am 11. 11. auftritt und bis zum 25. in einer Tiefe zwischen 10 und 20 cm verläuft. Nachdem also die oberen Bodenschichten durch die Niederschläge in der ersten Monatshälfte durchfeuchtet waren, konnten die Regenfälle am Ende des Monats sehr rasch auch eine Erhöhung der Bodenfeuchte in den unteren Schichten herbeiführen. Die erwähnte Zone gelangte nunmehr innerhalb einer Woche bis in 60 cm Tiefe; insgesamt also dauerte der Durchgang durch das beobachtete Bodenprofil 3 Wochen. Für den gleichen Weg in vertikaler Richtung benötigte dieselbe Feuchtigkeitsschicht in bewachsenem Boden 2 Monate (9. 11. - 6. 1. 50). Am Ende dieses Beobachtungsabschnittes, am 20. 1., der gewissermaßen einen natürlichen Abschluß des Jahres 1949 bildet, ist sowohl beim unbewachsenen als auch beim bewachsenen Boden eine Abnahme der Feuchtigkeit von oben nach unten festzustellen.

Die Meßreihe des Jahres 1950 beginnt am 7. 2., da der Boden vom 18. 1. bis 5. 2. gefroren war. Die größte Eindringtiefe des Frostes um die Monatswende betrug 30 cm. Nach dem Auftauen ist festzustellen, daß in den oberen Schichten eine Zunahme, unterhalb der gefrorenen Bodenzone durch weitere Absickerung eine Abnahme erfolgte, während die tiefsten beobachteten Schichten wieder eine gewisse Zunahme zeigen, da hier der Auffüllprozeß noch nicht abgeschlossen war. Im

Februar vermochten die reichlichen Niederschläge die trockene Zwischenschicht wieder auszugleichen.

Am Ende des Winters ergibt sich somit die Tatsache, daß zwar bis zu 1 m Tiefe ein gewisser Wasservorrat vorhanden ist, in Anbetracht der letzten Trockenjahre aber eine Speicherung der Winterfeuchte in den tieferen, nicht mehr beobachteten Schichten kaum erfolgen konnte, da die Niederschläge des schneearmen und nicht sehr niederschlagsreichen Winters in der Hauptsache für die Auffüllung der oberen Schichten dienten. Diese Verhältnisse wirken sich in den kommenden Monaten folgendermaßen aus:

In niederschlagsarmen Perioden macht sich eine rasche Abnahme der Bodenfeuchte bemerkbar, in niederschlagsreichen Zeiten die absaugende Wirkung des Untergrundes. Für den 1. Fall liefert der Monat März, in dem nur 11,9 mm Niederschlag fielen, das sind 28% der Norm, das beste Beispiel. Aus diesem Grunde werden die mittleren Bodenfeuchteverhältnisse von 0—100 cm Tiefe von Anfang und Ende des Monats hier aufgeführt:

Mittel von 0—100 cm Tiefe am:

	2. 3. 50	31. 3. 50	28. 4. 50
Unbewachsen	25,5%	21,0%	23,5%
Bewachsen	24,3	22,2	23,1
N März 1950	11,9 mm = 28% der Norm		
N April 1950	62,5 mm = 110% der Norm		

Hinzu kommt noch in den oberen Schichten des unbewachsenen Bodens infolge der geringen relativen Luftfeuchte und der trockenen Winde ein erhöhter Wasserverlust durch Verdunstung, während im bewachsenen Boden bereits der Wasserentzug durch die Pflanzenwurzeln einsetzte.

In der obigen Zusammenstellung wurden auch schon die vollkommen anders gestalteten Feuchtigkeitsverhältnisse im April mit angegeben. Hier zeigt sich nun, daß trotz der fortgeschrittenen Jahreszeit im Verlauf dieses Monats eine Zunahme der Bodenfeuchte stattfand. Mit dem Monat Mai eröffnet sich ein neuer Abschnitt bei der Betrachtung der Wasserverhältnisse im Boden: trotz reichlicher Niederschläge beginnt nunmehr der Austrocknungsprozeß. Diese verschiedenen Wirkungsfaktoren verursachen innerhalb kurzer Zeit bedeutende Schwankungen. In keinem anderen Monat ist das Bild derart wechselhaft wie gerade im Mai. Feuchte und trockene Schichten und Perioden folgen rasch aufeinander. Insgesamt jedoch nimmt der Wassergehalt ab, wenn auch am Ende des Monats günstige Voraussetzungen für die Weiterentwicklung der Kulturpflanzen gegeben sind. Im Juni setzt der Wasserentzug durch die Wurzeln in größerem Ausmaß ein, so daß man eine von Mai bis August durchgehende Austrocknungszone verfolgen kann, die im unbewachsenen Boden nicht vorhanden ist, weil hier die Niederschläge immer wieder eine Durchfeuchtung auch der mittleren und unteren Schichten bewirken. Zudem wurde die Oberfläche stets locker gehalten, bildete aber, ähnlich wie die Grasnarbe, einen gewissen Verdunstungsschutz. Diese Verhältnisse änderten sich im Juli nicht wesentlich. Erst im August treten wieder entscheidende Veränderungen auf, die umso erstaunlicher sind, als mitten im Hochsommer eine Anreicherung der Feuchtigkeit im unbewachsenen Boden bis zu 60 cm, im bewachsenen Boden bis zu 40 cm Tiefe festzustellen ist. Denn wenn auch der größte Teil der Niederschlagssumme von 103,2 mm (142%) als Gewitterschauer niederging, hatten kleinere Regennengen den Boden meistens schon soweit durchweicht, daß der größte Teil des Wassers aufgenommen werden konnte. Beim bewachsenen Boden fällt der Wasserentzug durch die Pflanzen vor allem zwischen 20 und 80 cm Tiefe auf, doch leisteten die Niederschläge auch hier schon eine gewisse Vorarbeit, wie der Feuchtigkeitsverlauf der nächsten Monate noch zeigen wird. Im September 1950 beginnt bereits der Auffüllprozeß, der 1949 erst 2 Monate

später einsetzte, wie aus der folgenden Gegenüberstellung der Monatsmittel für den Monat September dieser beiden Jahre hervorgeht:

Tiefe in cm	Unbewachsener Boden		Bewachsener Boden	
	1949	1950	1949	1950
	in Gew. %			
0—5	9,9	25,7	12,9	31,5
5—10	15,2	25,2	11,4	27,7
10—20	16,2	25,3	10,3	25,6
20—30	16,9	24,3	10,0	22,9

Man sieht daraus die möglichen Feuchtigkeitsextreme des natürlich gewachsenen Bodens in demselben Monat in zwei aufeinanderfolgenden Jahren: 1949 lag der Wassergehalt nur wenig über der Totwassergrenze, 1950 befand sich der Boden fast während des ganzen Monats im Zustand der Sättigung. Nur im bewachsenen Boden ist im Laufe des Septembers noch eine deutliche Zunahme zu beobachten. In den folgenden Monaten tritt der Verdunstungsschutz der Grasnarbe, besonders im trockenen Oktober und im nassen November, in Erscheinung, da hier bis in 20 cm Tiefe eine durchgehende Feuchtigkeitsschicht vorhanden ist, während die Oberfläche des unbewachsenen Bodens auf die verschiedenen Feuchtigkeitsverhältnisse eindeutig reagiert. In niederschlagsfreien Perioden des Oktobers nimmt der Wassergehalt rasch ab, steigt aber durch geringe Niederschläge auch ebenso schnell wieder an, während im November eine gleichmäßige Auffüllung aller Schichten festzustellen ist. Nach der Tiefe zu werden im unbewachsenen Boden die Schwankungen umso unbedeutender, je geringer die Wasserkapazität der betreffenden Schicht ist. Im Grasboden dauert die Auffüllung in beiden Monaten an.

Verfolgen wir nun noch den Feuchteverlauf bis 20. Januar 1951, um einen Vergleich mit dem Vorjahr anstellen zu können, so sehen wir, daß im allgemeinen keine großen Veränderungen mehr auftreten, da alle Schichten ihre Wasserkapazität erreicht haben bzw. bis zu dieser aufgefüllt werden.

Deutlich unterscheiden sich in diesen beiden Jahren zwei entgegengesetzt verlaufende Vorgänge:

1. Die Austrocknung  
1949 bis Mitte November  
1950 Mitte Mai bis Ende August/Anfang September.
2. Die Auffüllung  
1949 Mitte November bis Anfang März  
1950 September bis Ende November.

Auf zwei Beobachtungen, die auch schon im Jahre 1949 festgestellt wurden, sei noch hingewiesen: beim Eindringen des Frostes steigt die Feuchtigkeit in den betreffenden Schichten sprunghaft an, während unterhalb der Frostgrenze die Feuchtigkeit infolge der Sickerung weiter abnimmt, da von oben her keine Nachlieferung mehr erfolgt. Bei diesen Betrachtungen muß natürlich die oberste Zone, deren Werte durch den oben aufliegenden Schnee gefälscht sind, unberücksichtigt bleiben. Beim Auftauen geht die Feuchte in der bis dahin gefrorenen Schicht wieder zurück, und die darunter liegenden Schichten werden stärker durchfeuchtet. Die Ursache für diese Erscheinung ist mit den vorliegenden Messungen noch nicht zu klären.

Die zweite bemerkenswerte Beobachtung ist der beträchtliche Rückgang der Bodenfeuchte in dem durchwurzelten Raum zwischen 10 und 100 cm Tiefe im bewachsenen Boden nach den ersten Niederschlägen, denen eine Trockenperiode voranging. Die Erklärung hierfür ist nach Walter darin zu suchen, daß das Sproßsystem zu neuem Leben angeregt wird und infolgedessen eine intensivere Wasseraufnahme einsetzt. Transpiration und Wasserentzug durch die Wurzeln sind stets miteinander gekoppelt.

## 2. Die Relative Bodenfeuchte.

Den Verlauf der auf S. 7 definierten relativen Bodenfeuchte zeigt Abb. 4. Eine oberflächliche Betrachtung läßt keine Übereinstimmung mit der bereits erörterten Feuchtedarstellung erkennen. Dies ist jedoch dadurch verständlich, daß die Feldkapazität in den einzelnen Bodenschichten verschieden und besonders zwischen 50 und 70 cm Tiefe sehr gering ist. Eine gleiche absolute Bodenfeuchte in allen Bodenschichten ergibt daher eine ungleichmäßige relative Bodenfeuchte. Letztere ist besonders groß zwischen 50 und 70 cm Tiefe. Selbst wenn z. B. beim unbewachsenen Boden in den obersten Schichten eine absolute Feuchtigkeit von 24 Gew. % und in 50 bis 60 cm eine solche von 20 Gew. % gemessen wurde, so entspricht dies einer relativen Bodenfeuchte von 85% oben bzw. 98% in der Tiefe.

Das Diagramm der relativen Bodenfeuchte vermittelt auch einen Überblick über den Verlauf des Speichervermögens für zusätzliches Wasser. Je höher die relative Bodenfeuchte schon ist, desto geringer ist dieses Speichervermögen.

Zu Beginn des Beobachtungsabschnittes wurde fast im gesamten Profil des unbewachsenen Bodens die volle Wasserkapazität gemessen. Im Laufe des Monats Mai verändert sich das Bild derart, daß die Zone mit einer relativen Bodenfeuchte von 100% infolge der von oben einsetzenden Verdunstung und der fortgesetzten Absickerung in der Tiefe — ohne Wassernachlieferung von oben her — immer mehr auf die Schichten zwischen 50 und 70 cm eingeengt wird und Mitte Juni schließlich ganz aufhört. Durch die ergiebigen Niederschläge in der 2. Junihälfte werden zwar unterhalb 50 cm noch einmal Werte von 100% relativer Bodenfeuchte festgestellt, die eigentliche Auffüllung beginnt aber erst Ende Juli. Dieser Vorgang, der sich im Oktober noch einmal wiederholt, zeigt deutlich, daß die Wasserkapazität nicht von oben nach unten, sondern zuerst in den Schichten erreicht wird, in denen dieser Wert am geringsten ist. Bei weiterer Wasserzufuhr füllen sich die darüberliegenden Schichten auf, erst dann steht genügend Wasser für die Tiefe zur Verfügung.

## 3. Der jahreszeitliche Gang der Bodenfeuchte.

Um den Verlauf der Bodenfeuchte von den kurzdauernden Einflüssen der jeweiligen Witterungsverhältnisse zu befreien, kann man die Mittelwerte für die einzelnen Monate errechnen. Diese Monatsmittelwerte sind in Abb. 9 für die verschiedenen Tiefen dargestellt. Die Abbildung vermittelt, wie man sieht, einen guten Überblick über den jahreszeitlichen Verlauf der Bodenfeuchte.

Auf den ersten Blick fallen die zwei „Trockentäler“ im Sommer 1949 und 1950 sowie der dazwischen liegende Anstieg bis zur Sättigungsgrenze auf. Die Kurven verlaufen also gerade entgegengesetzt der Niederschlagsverteilung, woraus der entscheidende Einfluß der Verdunstung, entsprechend dem Temperaturverlauf, hervorgeht. In 0—5 cm Tiefe ist der bewachsene Boden im Mittel während des ganzen Jahres mit Ausnahme des Monats Juli feuchter als der unbewachsene. Die unbedeckte Oberfläche ist viel stärker der Verdunstung preisgegeben, als die durch die Grasnarbe geschützte. Dagegen beginnt schon in 5—10 cm eine Umkehrung der Verhältnisse. Hier tritt deutlich der Wasserentzug der Pflanzenwurzeln in Erscheinung. Die Differenz zwischen bewachsenem und unbewachsenem Boden erreicht ihren höchsten Wert zwischen 10 und 40 cm Tiefe und nimmt zwar — bei einer Phasenverschiebung um einen Monat — nach unten hin wieder ab, kann aber deutlich bis in 1 m Tiefe verfolgt werden. Auffallend ist, daß der größte Unterschied in dem Trockenjahr 1949 im September, in dem nassen Jahr 1950 im Juli wesentlich stärker ausgeprägt in Erschei-

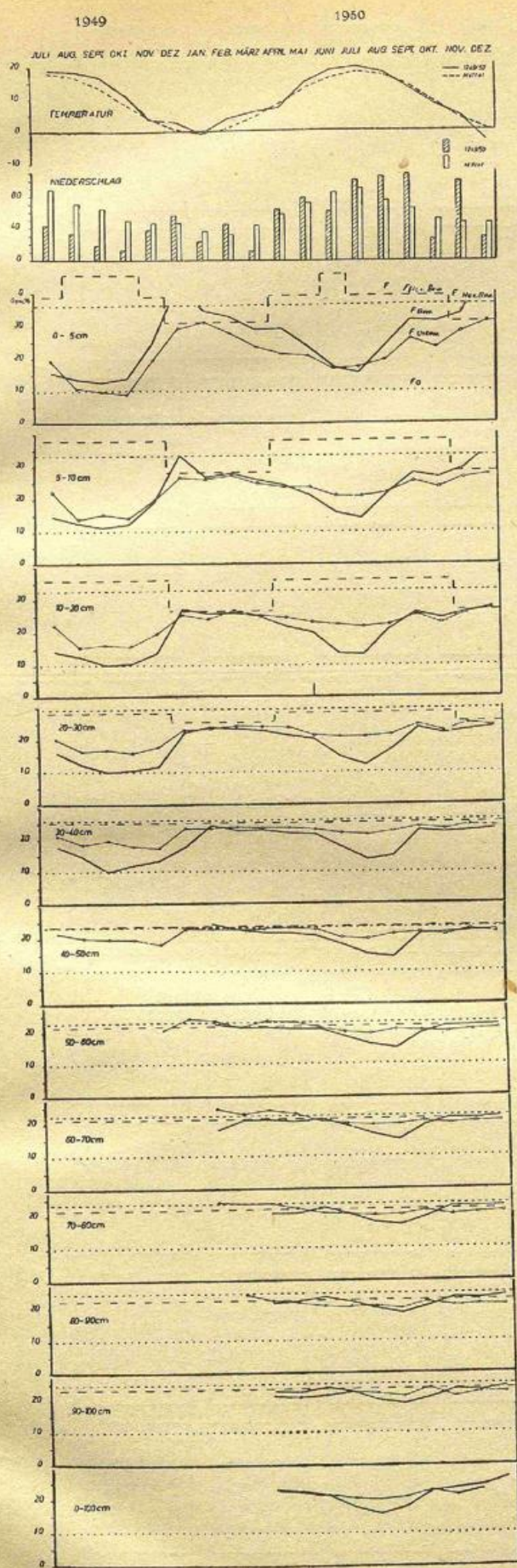


Abb. 9

Monatsmittel der Bodenfeuchte der einzelnen Beobachtungstiefen im unbew. und bew. Boden.

nung tritt. Absolut liegen die Werte im letzten Jahre natürlich höher und erreichen nicht die Totwassergrenze, während 1949 die Kurven in 5—40 cm Tiefe an diese Grenzlinie nahe herankommen, sie berühren oder sich mit ihr decken. Entsprechend der höheren Assimilationsleistung war 1950 der Wasserentzug der Pflanzen ebenfalls größer. Der verhältnismäßig frühe Abfall der Kurven kann auch damit zusammenhängen, daß ein Teil der Niederschläge entlang der Wurzelbahnen in den trockenen Untergrund abgeleitet wurde, da die Auffüllung gegen Ende des Jahres 1950 im bewachsenen Boden schneller vor sich geht als im unbewachsenen. Diese Vermutung ist auf Grund der Tatsache, daß in den Grasboden weniger Niederschläge eindringen als in den offenen — wie ein Trichter wirkenden — unbewachsenen Boden berechtigt. Vor allem in der Vegetationszeit bleibt ein Teil des Wassers an den Halmen und der Grasnarbe hängen und verdunstet, ehe es in den Boden gelangt. In Verbindung mit der oben erwähnten verdunstungsschützenden Wirkung lassen sich die geringeren Schwankungen im Sommer an der Oberfläche des bewachsenen Bodens erklären. Andererseits wirkt die Grasnarbe im Winter wie ein Schwamm und vermag daher mehr Feuchtigkeit aufzunehmen als die Ackerkrume.

Der Verlauf der Monatsmittel ist in den beiden Jahren 1949 und 1950 ganz analog, trotzdem es sich um zwei entgegengesetzte Extremjahre handelt. Daraus kann man schließen, daß der jahreszeitliche Gang der Bodenfeuchte wohl immer diesen charakteristischen Verlauf zeigen wird, während die absoluten Schwankungen selbstverständlich in den einzelnen Jahren verschieden sind.

#### 4. Die Bodenfeuchte im bearbeiteten und unbearbeiteten Boden.

Die Erhaltung der Bodenfeuchte sollte der wichtigste Grundsatz aller Bearbeitungsmaßnahmen sein, damit der Wasserbedarf der Kulturpflanzen jederzeit befriedigt werden kann. Der Boden muß die Aufgabe eines Puffersystems erfüllen und den landwirtschaftlichen Kulturpflanzen auch in niederschlagsarmen Zeiten genügend Feuchtigkeit zur Verfügung stellen. Das gilt sowohl für den Wasserbedarf der Halm- und Hackfrüchte als auch für die Flächen, die für Zwischenfruchtbau oder für die nachfolgende Winterung bereitgestellt werden. Der Praktiker strebt dieses Ziel durch Untergrundbearbeitung und Lockerung der Oberfläche an. Dennoch aber sind gerade in jüngster Zeit Zweifel an der Wirksamkeit der letzten Maßnahme aufgetaucht (7), vor allem, da man erkannte, daß die alte Kapillartheorie nicht den tatsächlichen Verhältnissen entspricht. Zur Klärung dieser Frage bestimmten wir von Juni bis September auf zwei nebeneinanderliegenden Parzellen gleicher Beschaffenheit die Bodenfeuchte einer bearbeiteten und einer nichtbearbeiteten Fläche. Eine Zusammenfassung dieser Beobachtungsreihe bringt die Tab. 7 der Monatsmittel dieser Zeit. In 0—5 cm Tiefe des bearbeiteten Bodens treten stärkere Feuchtigkeitsschwankungen auf, da die gelockerte Oberfläche zwar mehr Wasser aufnimmt, dieses aber infolge des intensiveren Luftaustausches auch rascher wieder abgibt. Infolgedessen ist in trockenen Perioden die oberste Schicht des unbearbeiteten Bodens feuchter, in niederschlagsreichen Zeiten enthält der gelockerte Boden mehr Wasser. Da die Schwankungen innerhalb eines Monats beim bearbeiteten Boden größer sind, macht sich dieser Gang im Monatsmittel nicht bemerkbar. In 5—40 cm Tiefe, d. h. also, in dem Bereich, in dem sich die Hauptmasse der Wurzeln unserer Kulturpflanzen am stärksten entwickelt, war der bearbeitete Boden stets feuchter.

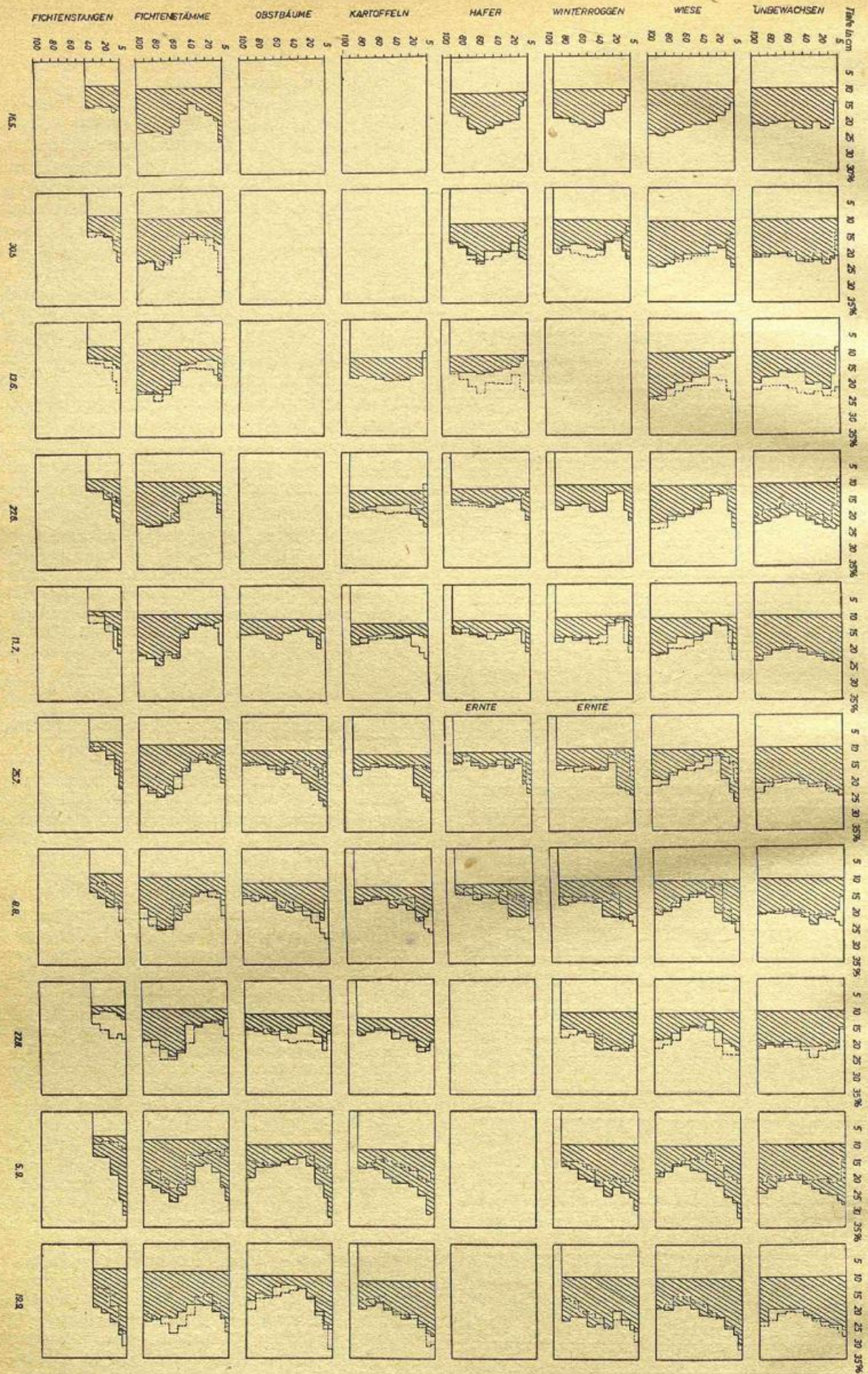


Abb. 10  
Bodenfeuchteverhältnisse unter verschiedenen Kulturen.

### 5. Die Bodenfeuchte unter verschiedenen Kulturen.

Neben den bisher besprochenen Messungen, die sich nur auf unbewachsenen bzw. mit kurzer Grasnarbe bewachsenen Boden bezogen, wurden ab 1950 auch Messungen unter verschiedenen Kulturen durchgeführt. Die Ergebnisse der Messungen während der Vegetationsperiode sind in Abb. 10 dargestellt. Der nutzbare Wassergehalt jeder Schicht wurde schraffiert, eine unterbrochen gezeichnete Hilfslinie erleichtert den Vergleich mit der vorhergehenden Bestimmung. Die unbedingte Voraussetzung, daß keine bedeutenden Bodenunterschiede vorliegen, kann für die Probeblößen innerhalb des Versuchsfeldes angenommen werden, zumal die in Tab. 1 wiedergegebenen Grundwerte keine größeren Abweichungen erkennen lassen. Besondere Berücksichtigung verlangen jedoch die Bodenunterschiede im Fichtenwald: bei den Stämmen sind anscheinend im Untergrund wasserstauende Schichten vorhanden, während im Stangenholz unterhalb 40 cm, infolge des hohen Steingehaltes, keine Probeentnahme mehr möglich war. Die Messungen im unbewachsenen Boden an den Stichtagen sind ein Maß für die vorangegangenen Niederschlags- und Verdunstungsverhältnisse, so daß auf die Wiedergabe der Witterung verzichtet wurde. Alle weiteren Veränderungen in den folgenden Reihen sind in erster Linie auf die Eigenschaften der betreffenden Pflanzen zurückzuführen.

Im unbewachsenen Boden herrschen während des ganzen Beobachtungsabschnittes die günstigsten Wasserverhältnisse. Der Wasserverbrauch der Wiese tritt besonders in 20—30 cm Tiefe in Erscheinung und erreicht seinen Höhepunkt bei der Bestimmung am 25. 7. Im Untergrund wird der Wasservorrat bis zum 22. 8. laufend angegriffen, erst in der folgenden Zeit macht sich die Auffüllung von oben her bemerkbar. Große Ähnlichkeit besteht zwischen den Bildern des Grasbodens und des Winterroggens. Die niedrigsten Werte liegen hier zwischen 10 und 20 cm, aber auch aus den tieferen Schichten werden noch erhebliche Wassermengen entzogen. Ein noch größerer Verbrauch ist beim Hafer zu erkennen. Fast sämtliche Schichten verarmen gleichmäßig, nur die Oberfläche zeigt, wie bei allen Kulturen, höhere Werte. Nach der Ernte am 18. 7. geht die Auffüllung langsamer vor sich als beim Winterroggen. Die geringsten Unterschiede zeigen die Kartoffeln. Bei ihnen halten sich Verbrauch und Nachlieferung fast die Waage. Eine besondere Beanspruchung bestimmter Schichten ist nicht vorhanden. Bei den Obstbäumen erfolgt die stärkste Wasserentnahme in 60—80 cm Tiefe und zwar auffallenderweise diesmal in der zweiten Septemberhälfte. Ob diese Erscheinung mit der Ausbildung der Knospen für das nächste Jahr in Zusammenhang gebracht werden kann, bedarf noch einer besonderen Untersuchung. Für die Fichtenstämme ist die außerordentliche Beanspruchung der Schichten von 5—40 cm charakteristisch. Diese Trockenzone läßt sich bis zum 22. 8. verfolgen, erst dann beginnt eine Besserung der bis dahin ungünstigen Feuchtigkeitsverhältnisse. Das gleiche gilt für die Fichtenstangen. Auf die absoluten Unterschiede, bedingt durch den verschiedenen Untergrund, wurde bereits hingewiesen. Diese Messungen ermöglichen noch nicht, den spezifischen Wasserentzug unserer Kulturpflanzen festzusetzen, um daraus Rückschlüsse auf die Gestaltung der Fruchtfolge zu ziehen. Dieses Ziel erfordert jahrelange genaue Untersuchungen. Man sieht jedoch schon in diesem einen Jahr die wasserspeichernde Bedeutung der Brache, vorausgesetzt, daß die Oberfläche unkrautfrei gehalten wird; im andern Fall geht dieser Gewinn zum größten Teil wieder verloren. Günstige Wasserverhältnisse hinterlassen somit die Kartoffeln, ungünstige der Hafer, während der Winterroggen eine Mittelstellung einnimmt.

Die insgesamt günstigen Bodenfeuchtebedingungen 1950 und die erzielten Ernten zeigen, daß sich die Trok-

kenheit des Vorjahres nicht auf die Entwicklung der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen auswirkte, sondern nur auf den Feuchtigkeitsvorrat im Untergrund. Dieser Mangel wurde auch in den ersten Monaten des Jahres vor allem im Walde beobachtet, glich sich jedoch dank der reichlichen Niederschläge im weiteren Verlauf des Jahres wieder aus.

### 6. Bodenfeuchtebilanz.

Bisher wurde die Bodenfeuchte durchweg in Gewichtsprozenten angegeben. Diese Werte sind leicht zu ermitteln und für Vergleichswerte geeignet, geben aber direkt noch kein Bild über die absolut vorhandenen Wassermengen. Für Wasserhaushaltsrechnungen ist es daher zweckmäßig, aus den Gewichtsprozenten den absoluten Wassergehalt einer bestimmten Schicht zu errechnen. Es gilt dabei für eine 10 cm dicke Bodenschicht folgende Umrechnungsformel:

$$r \cdot F [\text{Gew. \%}] = F [\text{mm}]$$

Das absolute Trockengewicht dieses Bodenvolumens pro m<sup>2</sup> ist ja  $r \cdot 100$  kg, da  $r$  das Gewicht von einer Raumeinheit Boden in natürlicher Lagerung ohne Wasser angibt.  $x \cdot \text{Gew. \%}$  Wasser entsprechen somit  $r \cdot 100 \cdot \frac{x}{100}$  kg =  $r \cdot x$  kg Wasser oder aber, wenn man sich diese Wassermenge auf eine Fläche von 1 m<sup>2</sup> verteilt denkt:  $r \cdot x$  mm.

Nach dieser Formel läßt sich eine Fluchtlinientafel zeichnen, mit deren Hilfe in einfacher Weise sämtliche Bodenfeuchteangaben von Gew.% in Vol.% umgerechnet werden können, sofern  $r$  bekannt ist. Eine solche Fluchtlinientafel findet man in der Dissertation des Verfassers (3).

Die Volumenprozent- bzw. Millimeterangaben lassen sich direkt zu den Niederschlägen in Beziehung setzen. Dieser Vergleich führt dabei oftmals zu erstaunlichen Ergebnissen. So zeigt sich z. B. bei der Kontrolle des bereits auf S. 13 erwähnten Feuchtigkeitsanstieges im November 1949 eine größere Zunahme des Wassergehaltes im Boden, als der Niederschlagssumme entspricht:

	Unbewachsen	Bewachsen
1. 11. 49 Feuchtebestand (0-40 cm)	87,1 mm	69,1 mm
29. 11. 49 Feuchtebestand (0-40 cm)	134,7 mm	108,8 mm
Zunahme	47,6 mm	39,7 mm
Niederschlag	37,8 mm	37,8 mm
Differenz	+ 9,8 mm	+ 1,9 mm

Da ein Teil des Niederschlags weiterhin durch Verdunstung verloren ging — die relative Luftfeuchtigkeit im November betrug im Mittel 84% — müssen also außer den in der Station gemessenen Niederschlägen noch weitere Wassermengen zur Erhöhung der Bodenfeuchte beigetragen haben.

Vielfach wird in solchen Fällen die Feuchtigkeitszunahme auf Kondensationsvorgänge zurückgeführt. Aus den tieferen, wärmeren und feuchteren Bodenschichten soll die mit Wasser angereicherte Bodenluft aufsteigen und sich in den oberen Schichten abkühlen, so daß ein Teil des Wassers sich auf den trockeneren Bodenteilchen niederschlägt. Aber auch hier ist eine zahlenmäßige Nachprüfung notwendig: 1 Liter wassergesättigte Luft gibt bei der Abkühlung von 15° auf 10° C 0,0034 Liter Wasser ab. Somit müßten also mindestens 1000 m<sup>3</sup> Luft in die Schicht von 0—40 cm Tiefe von unten her geströmt sein. Eine derartige intensive Luftzirkulation im Boden ist jedoch nicht wahrscheinlich, zumal der zur Verfügung stehende Hohlraum gerade in den unteren Bodenschichten sehr gering ist. Die stärkste Zunahme erfolgte in der Zeit vom 8.—18. 11.:

	Unbewachsen	Bewachsen
8. 11. 49 Feuchtebestand (0-40 cm)	88,3 mm	69,7 mm
18. 11. 49 Feuchtebestand (0-40 cm)	119,9 mm	105,2 mm
Zunahme	31,6 mm	35,5 mm
Niederschlag	23,0 mm	23,0 mm
Differenz	+ 8,6 mm	+ 12,5 mm

Unter der Voraussetzung, daß keine Wasserverluste eintraten durch Verdunstung oder Abfluß, ist die Erhöhung der Bodenfeuchte im unbewachsenen Boden um 8,6, im bewachsenen Boden um 12,5 mm größer als durch die Niederschläge möglich sein könnte. Zur Klärung der Frage, in welchen Tiefen überhaupt feuchte Schichten vorhanden waren, die als Wasserlieferant in Frage kommen könnten, führten wir am 28. 11. eine Bodenfeuchteuntersuchung bis in eine Tiefe von 2,50 m durch. In einer frisch ausgehobenen Baugrube wurde zunächst eine glatte Profilwand hergestellt und der Bohrer im Abstand von 10 zu 10 cm in diese Wand hineingetrieben. Am linken Rand der Tab. 8 sind die Tiefenstufen, oben die Einzelproben eingetragen, die im Abstand von 5, 10, 20, 30 und 40 cm der Profilfläche entnommen wurden. Da der Boden mit Gras bewachsen war, ist der durchwurzelte Raum sehr trocken. Die nächsten feuchten Schichten mit gleichem Wassergehalt wie die Oberfläche liegen erst in 110 cm Tiefe. Wenn also tatsächlich die aufsteigende Bodenluft für die Erhöhung der Bodenfeuchte in 0—40 cm Tiefe verantwortlich sein soll, müßte die Durchfeuchtung somit von unten her erfolgen. Dies ist aber sicher nicht der Fall, da die Durchfeuchtung vielmehr von oben nach unten verläuft. Der zusätzliche Anstieg des Wassergehalts im Boden ist demnach auf die nichtmeßbaren Niederschläge zurückzuführen, zumal in dieser Zeit eine sehr regnerische, trübe und nebelreiche Witterung herrschte. Besonders die nässenden Nebel können eine beachtliche Erhöhung der Bodenfeuchte verursachen, vor allem, wenn der Boden bereits durch Niederschläge angefeuchtet ist. Nach einem Kälteeinbruch am Anfang des Monats gelangten rasch wieder feuchte, warme Meeresluftmassen in unser Gebiet. An der Bodenoberfläche war die Temperatur niedriger als in der Luft, so daß von einer Kondensation des Wasserdampfes gesprochen werden kann, die sich in diesem Fall aber an der **Erdoberfläche** abspielt. Die relative Luftfeuchtigkeit betrug zeitweise 95—100 %. Das trübe Wetter kommt auch durch die schlechten Sichtverhältnisse zum Ausdruck. Schließlich muß auch noch berücksichtigt werden, daß die auf die Erdoberfläche gelangenden Niederschlagsmengen größer sind, als die in 1 m Höhe im Regensmesser feststellten.

Nunmehr soll der Versuch unternommen werden, auf Grund der Bodenfeuchtemessungen eine Wasserhaushaltsbilanz der verschiedenen Flächen aufzustellen. Eine Veränderung der Bodenfeuchte wird im wesentlichen durch die 3 Faktoren: Niederschlag (N), produktive und unproduktive Verdunstung ( $V_p$  bzw.  $V_B$ ) und der Absickerung (A) verursacht, sofern man von dem oberflächlichen Abfluß absieht. Es ist daher die Veränderung der Bodenfeuchte

$$\Delta F = N - (V_B + V_p + A).$$

Setzt man die Absickerung unter 1 m Tiefe = 0, so ist mit dieser Gleichung und den vorliegenden Messungen eine Verdunstungsberechnung des natürlich gewachsenen Bodens möglich. Diese Voraussetzung mag in Trockenjahren vielleicht zutreffen, sicher aber nicht für das Jahr 1950. Wir wollen uns daher im folgenden auf den Gesamtverlust  $V_B + V_p + A$  beschränken und diese Größe mit  $V'$  bezeichnen. In einem niederschlagsarmen Sommer, in dem  $A = 0$  und auf unbewachsenem Boden, wo  $V_p = 0$  ist, wäre dann  $V' = V_B$  d. h. also, der Gesamtverlust entspricht der Verdunstung. Ist  $V'$  kleiner als N, so nimmt die Bodenfeuchte zu, im entgegengesetzten Fall ab, während bei  $V' = N \Delta F = 0$  ist.

Abb. 11 und Tab. 9 enthalten die Wasserbilanz des unbewachsenen und bewachsenen Bodens in der Zeit von

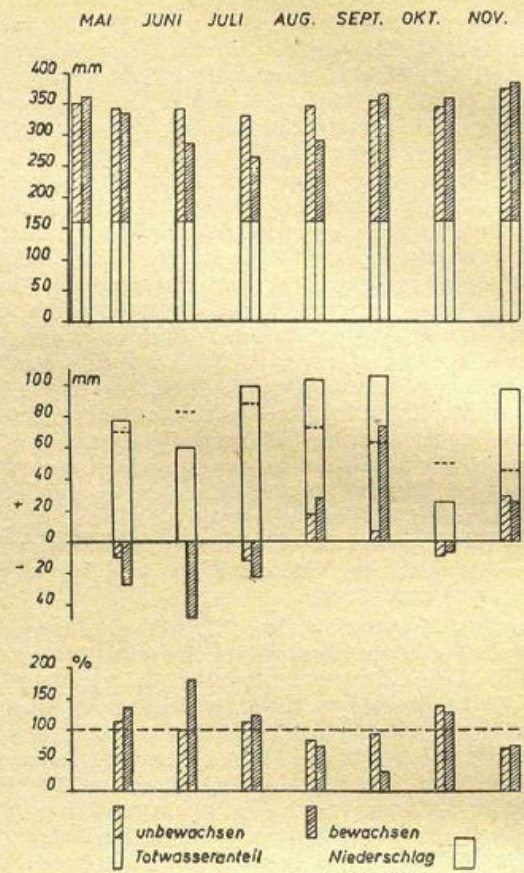


Abb. 11

Wasserbilanz des unbewachsenen und bewachsenen Bodens. Oben: Bodenfeuchtigkeitsbestand, Mitte: Niederschlag und Veränderung, Unten: Veränderung in % des Niederschlags.

Mai bis November 1950. Die Zahlen (mm) beziehen sich auf 1 m Bodentiefe, entsprechen also der gleichen Wassermenge in Liter pro  $m^3$  Boden. Im oberen Teil der Abbildung ist der Stand der Bodenfeuchte am Anfang und Ende des Monats, in der Mitte die Veränderung  $\Delta F$  des laufenden Monats sowie die dazugehörige Niederschlagssumme aufgetragen. Im unteren Teil steht der aus  $\Delta F$  und N errechnete Gesamtverlust in % des Niederschlags, also die Größe

$$\frac{V' \cdot 100}{N} = \frac{N - \Delta F}{N} \cdot 100,$$

die wir als relativen Wasserverlust  $V_R$  bezeichnen wollen. Beträgt dieser 100%, so heißt das, daß die gesamte Niederschlagssumme des Monats wieder verloren ging, bei Werten unter 100% ist eine Auffüllung, über 100% eine Abnahme der Bodenfeuchte zu verzeichnen.

Die Monate Mai und Juli mit Niederschlagssummen von 110% und 115% des langjährigen Mittels zeigen in der Bodenfeuchteveränderung eine gewisse Übereinstimmung. Trotz der über der Norm liegenden Niederschläge tritt durchweg eine Abnahme der Bodenfeuchte auf, die bei der Wiese 2—3mal so groß als beim unbewachsenen Boden ist. Im Juni dagegen ist die Bodenfeuchte der unbewachsenen Fläche am Monatsanfang und Ende gleich groß, der Gesamtverlust entspricht also der Niederschlagssumme von 60,0 mm. Im bewachsenen Boden wurden zusätzlich durch die Pflanzen 48,1 mm entzogen. Diese etwas hoch erscheinende Differenz findet aber eine natürliche Erklärung, wenn man den Verlauf der Bodenfeuchte während des Monats mitberück-

Ausgangswert		1.Tag	2.Tag	3.Tag	4.Tag	5.-8.Tag (Mittel)
Niederschlag in mm (10,0)			0,3			
Relative Luftfeuchte %		93	88	85	83	77
<b>Unbewachsen</b>						
0—5 cm	15,0	-2,6	-3,5	-0,8	-1,6	-0,5
5—10	13,0	-1,6	-1,2	+0,7	-1,1	-0,2
<b>Bewachsen</b>						
0—5 cm	19,4	-2,8	-2,3	-0,8	-0,6	-1,1
5—10	8,9	-0,1	+0,2	+1,9	+0,5	-0,7

Die Veränderung der Bodenfeuchte ist am stärksten nach Niederschlägen, sobald die relative Luftfeuchte wieder absinkt, wobei der unbewachsene Boden in 0—5 cm Tiefe durch Verdunstung ebensoviel Wasser verliert wie der bewachsene durch Verdunstung + Pflanzenverbrauch. Durch die Grasnarbe wird das Eindringen des Niederschlages um mehrere Tage verzögert, und die Verdunstung in 5—10 cm Tiefe wesentlich herabgesetzt.

Zuletzt ergibt sich daraus die Frage: Welche Wassermengen entzieht die Pflanze im Laufe ihrer Vegetationszeit und in bestimmten Perioden? Diese, für den Einsatz der künstlichen Beregnung wichtige Frage, soll an Hand der Abb. 14 erörtert werden.  $F_e$  gibt die ins-

ven der einzelnen Kulturen ergeben sich aus dem Verlust der Bodenfeuchte, der sich aus Pflanzenverbrauch und Verdunstung zusammensetzt, wie es den natürlichen Verhältnissen entspricht. Die Werte wurden den laufenden Bodenfeuchtemessungen unter verschiedenen Kulturen entnommen.

Der Hafer verbraucht also die größte Wassermenge, dicht darauf folgt die Wiese, bei der aber ein Teil der Niederschläge überhaupt nicht in den Boden eindringt. Im unbewachsenen Boden sind die Verluste zunächst gering und steigen durch erhöhte Sickerwasserabgabe erst ab Mitte Juli an, nachdem einzelne Schichten bis zur Feldkapazität aufgefüllt wurden. Eine Mittelstellung nimmt der Winterroggen ein, während die Kartoffeln mit der vorhandenen Feuchtigkeit sehr sparsam umgingen.

**Feuchtigkeitsverlust in mm**

Zeit	Unbew.	Wiese	W.Roggen	Hafer	Kartoffeln
16. 5.—30. 5.	31	43	50	51	—
30. 5.—13. 6.	45	66	—	68	23
13. 6.—27. 6.	18	44	79	46	53
27. 6.—11. 7.	17	44	40	35	41
17. 7.—25. 7.	64	45	22	45	37
25. 7.— 8. 8.	44	24	18	24	38
8. 8.—22. 8.	43	59	—	—	35
22. 8.— 5. 9.	25	19	—	—	7
9. 9.—19. 9.	71	31	—	—	49

Aus diesen Erkenntnissen ergeben sich wichtige Hinweise für die künftige Gestaltung der Fruchtfolge. In unserem Falle ist die Stellung der Kartoffeln in der ersten Tracht, die des Hafers in der letzten durchaus gerechtfertigt, doch sollten auch die anderen landwirtschaftlichen Kulturpflanzen in dieser Richtung untersucht werden, um in Zukunft bei der Aufstellung der Anbaupläne die Bodenfeuchteverhältnisse voll berücksichtigen zu können.

**Literatur**

- (1) Agrarmeteorologische Monatsübersicht. — Herausgegeben vom Deutschen Wetterdienst in der US-Zone, Agrarmeteorologische Forschungsstelle Gießen.
- (2) Agrarmeteorologischer Bericht. — Herausgegeben vom Deutschen Wetterdienst in der US-Zone, Agrarmeteorologische Station Hohenheim.
- (3) Baier, W.: Methoden und Ergebnisse von Bodenfeuchtemessungen. Diss. Hohenheim (1951).
- (4) Baier, W.: Elektrische Methoden zur Messung der Bodenfeuchte. Ber. Dt. Wetterdienst US-Zone Nr. 32, 18 (1952).
- (5) Der heiße und trockene Sommer 1947. Ber. Dt. Wetterdienst US-Zone, Nr. 7 (1949).
- (6) Friedrich, W.: Messungen des Wasserhaushaltes im Erdboden. — Forschungen und Fortschritte 6, Nr. 16 (1930).
- (7) Fruhstorfer, A.: Probleme der Hackkultur. — Neue Mitt. f. d. Landw. 5, 217 (1950).
- (8) Geiger, R.: Bemerkungen zur Bodenverdunstung. — Forstarchiv, Heft 11 (1939).
- (9) Monatlicher Witterungsbericht für den Rheingau, herausgegeben vom Deutschen Wetterdienst in der US-Zone, Agrarmeteorologische Forschungsstelle Geisenheim.

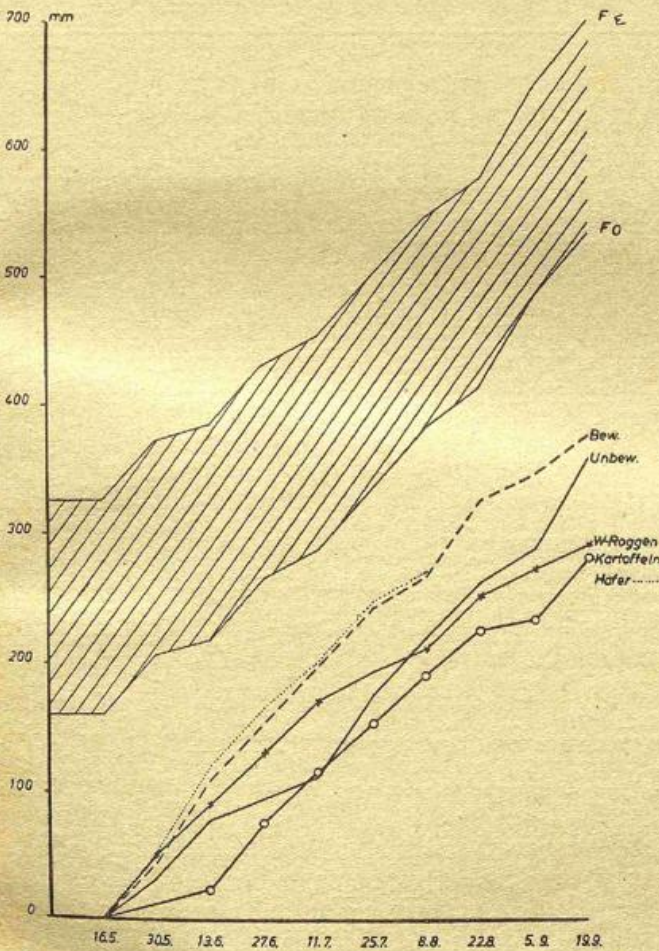


Abb. 14

Wasserentzug der Kulturpflanzen ( $F_e$  = gesamte Feuchte = Bodenfeuchte + N).

gesamt in 0—5 cm Tiefe vorhandene Feuchtigkeit an, also Bodenfeuchtevorrat + Niederschlag,  $F_0$  entspricht der Totwassergrenze, so daß die schraffiert gezeichnete Fläche den Totwasseranteil, die unterhalb  $F_0$  liegende Fläche den nutzbaren Wassergehalt darstellt. Die Kur-

- (10) Nitzsch, W. v.: Bessere Bodenbearbeitung. - RKTLSchriften, H. 70, 23 (1937).
- (11) Ramsauer, B.: Boden, Bodenfeuchte und Kleinklima als Grundlage für Bewässerungen. Österreichische Wasserwirtschaft 1 (1949).
- (12) Schubach, K.: Verdunstungs- und Wasserhaushaltsuntersuchungen an verschiedenen Böden. Ber. Dt. Wetterdienst US-Zone (im Druck).
- (13) Thost, E.: Das Klima des nördlichen Württemberg. — Stuttgart (1930).
- (14) Uhlig, S.: Die Untersuchungen des Bodenwasserhaushalts durch den Deutschen Wetterdienst in der US-Zone. — Meteor. Rdsch., 3, 158 (1950).
- (15) —,—: Die Darstellung der Wasserverhältnisse im Boden demonstriert an den Verhältnissen der letzten Monate und Jahre. - Naturw. Rdsch., 4, 10 (1951).
- (16) —,—: Die Untersuchung und Darstellung der Bodenfeuchte. Ber. Dt. Wetterdienst US-Zone Nr. 30 (1951).
- (17) Vageler, P.: Der Kationen- und Wasserhaushalt des Mineralbodens. — Berlin (1932).
- (18) Walter, H.: Die Grundlagen der Pflanzenverbreitung, 1. Teil: Standortlehre (analytisch-ökologische Geobotanik). — Stuttgart (1950).
- (19) Witterungsbericht, herausgegeben vom Deutschen Wetterdienst in der US-Zone, Zentralamt Bad Kissingen.
- (20) Witterungsbericht der Agrarmeteorologischen Station Weihenstephan des Deutschen Wetterdienstes in der US-Zone.
- (21) Zahlenangaben: Die langjährigen Klimawerte entstammen den Aufzeichnungen der Meteorologischen Station Hohenheim, die seit Juni 1949 als Agrarmeteorologische Station des Deutschen Wetterdienstes in der US-Zone am Institut für Physik und Meteorologie stationiert ist.

**F. Tabellen.**

**Erklärung der verwendeten Abkürzungen**

%	Bodenfeuchte in Gew.% (Wassergehalt bezogen auf absolutes Trockengewicht mal 100)
mm	Bodenfeuchteangabe in mm in der angegebenen Bodenschicht
F	Gemessene Bodenfeuchte
F <sub>o</sub>	Totwasser, für die Pflanze nicht nutzbar
F <sub>Max</sub>	Maximal mögliches Wasser
F <sub>Kap</sub>	Feldkapazität, die vom Boden festgehaltene Wassermenge
$\frac{F}{F_{Kap}} \cdot 100$	Relative Bodenfeuchte in %
N	Niederschlag in mm
V <sub>B</sub>	Unproduktive Verdunstung der Bodenoberfläche
V <sub>P</sub>	Produktive Verdunstung = Wasserentzug der Pflanzen
A	Absickerung
V'	Gesamtverlust = V <sub>B</sub> + V <sub>P</sub> + A
$\Delta F$	Bodenfeuchteveränderung = N - (V <sub>B</sub> + V <sub>P</sub> + A)
V <sub>R</sub>	Relativer Wasserverlust in % = $\frac{N - \Delta F}{N} \cdot 100$
PV	Porenvolumen in Vol.%
SV	Substanzvolumen in Vol.%
Hy	Hygroskopizität nach Mitscherlich

$$SV = \frac{r}{s} \cdot 100 \text{ mm}, \quad PV = 100 - \frac{r}{s} \cdot 100 \text{ mm},$$

$$F_{Max} = 100 \cdot \left( \frac{1}{r} - \frac{1}{s} \right) \% \quad F [\text{Gew.}\%] = r \cdot F [\text{mm}].$$

Tabelle 1:  
**Grundwerte der Bodentextur**  
Schlämmanalyse nach Köhn

Versuchspartelle	(% des Feinbodens $\varnothing < 2 \text{ mm}$ )					Totwasser (Gew.%)	Hygroskopizität (Gew.%)	Faktor	Min. Wasserkapazität (Gew.%)
	Grobsand (2—1 mm $\varnothing$ )	Mittelsand (1—0,1 mm $\varnothing$ )	Feinsand (0,1—0,02 mm $\varnothing$ )	Abschlämbbare Teile					
				(0,02—0,002 mm $\varnothing$ )	(< 0,002 mm $\varnothing$ )				
Spalte	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Unbewachsen	0,34	3,02	61,64	31,4	3,6	9,9	5,58	1,78	30,6
Bewachsen	0,46	3,31	62,13	32,6	1,5	10,3	5,70	1,80	35,4
Hafer	0,42	2,40	54,08	39,7	3,4	10,9	6,27	1,74	—
Kartoffeln	0,76	4,23	50,01	39,4	5,6	11,6	6,01	1,93	33,5
Obstgarten	0	3,13	53,17	39,0	4,7	10,2	5,74	1,78	—
Fichtenstämme	1,87	3,83	54,30	34,0	6,0	(8,5)	4,70	(1,8)	20,3
Fichtenstangen	3,58	3,56	50,16	38,1	4,6	(7,5)	4,16	(1,8)	23,6

Tabelle 2a:  
Grundwerte der Struktur- und Wasserverhältnisse im unbewachsenen Boden

Tiefe in cm	r	SV Vol%	PV Vol%	F <sub>Max</sub> %	F <sub>Kap</sub> %	F <sub>Kap</sub> mm	Totwasser mm
Spalte	1	2	3	4	5	6	7
0 — 5	1,2	45,3	54,7	45,6		—	6,0
	1,3	49,0	51,0	39,2	27,9	18,2	—
	1,46	55,0	45,0	30,9		20,4	—
5 — 10	1,32	49,8	50,2	38,1		16,6	
	1,52	57,4	42,6	28,0	26,6	20,2	6,6
10 — 20	1,36	51,4	48,6	35,8		35,8	
	1,56	58,9	41,1	26,4	26,3	41,0	13,5
20 — 30	1,52	57,4	42,6	28,0		38,6	
	1,58	59,6	40,4	25,6	25,4	40,1	15,1
30 — 40	1,60	60,4	39,6	24,8	24,4	39,0	15,9
40 — 50	1,64	61,9	38,1	23,2	22,7	37,2	16,3
50 — 60	1,69	63,9	36,1	21,4	20,4	34,4	16,7
60 — 70	1,70	64,1	35,9	21,1	20,7	35,2	16,9
70 — 80	1,69	63,9	36,1	21,4	21,5	36,2	16,8
80 — 90	1,67	63,0	37,0	22,2	22,3	37,2	16,6
90 — 100	1,64	61,9	38,1	23,2	23,3	38,2	16,3
						<u>379,1</u>	<u>156,7</u>

Tabelle 2b:  
Grundwerte der Struktur- und Wasserverhältnisse im bewachsenen Boden

Tiefe in cm	r	SV Vol%	PV Vol%	F <sub>Max</sub> %	F <sub>Kap</sub> %	F <sub>Kap</sub> mm	Totwasser mm
Spalte	1	2	3	4	5	6	7
0 — 5	1,34	51,3	48,7	36,4	34,2	22,9	6,9
5 — 10	1,40	53,6	46,4	33,2	30,2	21,2	7,2
10 — 20	1,41	54,0	46,0	32,6	26,4	37,2	14,5
20 — 30	1,48	56,6	43,4	29,4	23,9	35,4	15,2
30 — 40	1,56	59,7	40,0	25,8	23,6	36,8	16,1
40 — 50	1,62	62,0	38,0	23,4	23,1	37,4	16,7
50 — 60	1,64	62,8	37,2	22,7	21,8	35,8	16,9
60 — 70	1,65	63,2	36,8	22,3	21,4	35,3	17,0
70 — 80	1,62	62,0	38,0	23,4	22,4	36,3	16,7
80 — 90	1,60	61,2	38,8	24,3	23,1	36,9	16,5
90 — 100	1,59	60,9	39,1	24,7	24,3	38,6	16,4
						<u>373,8</u>	<u>160,1</u>

Tabelle 3:  
Schwankungen des Raumgewichtes  
(Mittelwerte)

Tiefe in cm	Datum	Unbewachsen				Bewachsen			
		26. 6.	11. 8.	18. 8.	21. 11.	26. 6.	11. 8.	18. 8.	21. 11.
0 — 5	r	1,31	1,20	1,33	1,46	1,38	1,34	1,35	1,34
	F %	24,3	14,5	27,4	26,8	24,5	16,9	30,5	34,1
5 — 10	r	1,32	1,37	1,31	1,52	1,40	1,40	1,40	1,39
	F %	24,0	21,7	24,0	25,6	18,0	18,0	27,2	29,7
10 — 15	r	1,33				1,40			
	F %	23,8				12,9			
25 — 30	r	1,56				1,50			
	F %	22,9				15,5			
40 — 45	r	1,68				1,62			
	F %	19,0				17,6			
65 — 70	r	1,70				1,66			
	F %	18,8				18,0			
90 — 95	r	1,65				1,60			
	F %	21,2				22,6			

Tabelle 4:  
Bestimmung des Welkungskoeffizienten im Gefäßversuch  
Bodenproben aus einer Tiefe von 0—20 cm, eingesät je 20 Senfkörner

Wiederholung	Probenahme im Gefäß	Acker		Wiese		Hafer		Kartoffeln		Obstbäume	
		Einzelwert	Mittel	Einzelwert	Mittel	Einzelwert	Mittel	Einzelwert	Mittel	Einzelwert	Mittel
		in Gew. %		in Gew. %		in Gew. %		in Gew. %		in Gew. %	
I.	oben	10,0		9,9		10,4				9,7	
	Mitte	9,8	10,0	10,5	10,4	10,6	10,6	—	—	9,9	10,0
	unten	10,2		10,3		10,7				10,3	
II.	oben	9,3		9,3		11,0		10,5		10,0	
	Mitte	10,4	9,9	9,8	9,7	11,0	11,1	10,9	10,7	10,1	10,2
	unten	10,0		9,9		11,2		10,6		10,5	
III.	oben	9,6		10,4		10,2		11,6		9,8	
	Mitte	9,9	9,7	11,1	10,9	10,5	10,4	11,8	11,8	10,2	10,0
	unten	9,7		11,3		10,5		11,9		10,0	
IV.	oben	9,7		9,7		11,2		12,1		—	
	Mitte	10,0	9,8	10,1	10,0	11,6	11,4	12,3	12,3	10,1	10,2
	unten	9,7		10,2		11,5		12,4		10,2	
V.	oben			10,3		11,0		11,3		10,0	
	Mitte	—		10,7	10,5	11,1	11,1	11,4	11,4	10,6	10,4
	unten			10,4		11,1		11,4		10,5	
Mittel		9,9		10,3		10,9		11,6		10,2	

Tabelle 5a:  
Die Witterungsdaten (Temperaturwerte) von Hohenheim 1949/1950 im Vergleich zum langjährigen Mittel  
Mittel = Langjähriger Mittelwert der Jahre 1881—1940

Monat	Lufttemperatur C°				Abs. Temperaturmaximum C°					Abs. Temperaturminimum C°					
	Mittel	1949	Abw.	1950	Abw.	Mittel	1949	Dat.	1950	Dat.	Mittel	1949	Dat.	1950	Dat.
Januar	-0,6	0,7	+1,4	-0,7	0,0	9,1	8,2	19.	10,1	10.	-12,7	-7,7	30.	-9,9	22./24.
Februar	0,7	1,6	+0,9	3,6	+2,9	11,1	14,3	23.	15,9	18.	-10,9	-11,2	3.	-10,4	28.
März	4,0	2,7	-1,3	5,6	+1,6	17,4	19,6	29.	17,9	17.	-6,6	-16,2	5.	-12,3	1.
April	8,0	11,2	+3,2	7,0	-1,0	21,7	25,5	17.	22,4	8.	-2,2	-2,7	9.	-1,6	1.
Mai	12,8	11,6	-1,2	14,4	+1,6	27,4	27,3	29.	28,8	21.	1,3	-2,7	11.	4,0	6.
Juni	15,9	14,8	-1,1	18,1	+2,2	29,1	26,7	7.	33,5	30.	5,6	2,7	19.	7,5	24.
Juli	17,6	18,7	+1,1	19,2	+1,6	31,4	32,4	13.	32,0	4.	7,6	5,8	3.	10,1	11.
August	16,8	18,1	+1,3	17,6	+0,8	30,1	33,1	8.	32,7	23.	6,7	5,6	5.	8,1	19.
September	13,5	16,8	+3,3	12,9	-0,6	26,7	32,1	6.	26,5	14.	3,4	4,8	30.	3,1	28.
Oktober	8,4	11,4	+3,0	7,7	-0,7	20,4	23,0	25.	21,1	7.	-1,8	-4,2	28.	-6,2	31.
November	3,6	3,5	-0,1	4,6	+1,0	13,9	13,6	21.	15,5	10.	-6,1	-6,6	6.	-4,9	1.
Dezember	0,5	2,8	+2,3	-2,6	-3,1	10,2	13,0	7.	11,9	2.	-11,2	-11,3	14.	-11,8	31.
Jahr	8,5	9,5	+1,1	8,9	+0,5	32,3	33,1	8. 8.	33,5	30. 6.	-16,1	-16,2	5. 3.	-12,3	1. 3.

Tabelle 5b:  
Die Witterungsdaten von Hohenheim 1949/1950 im Vergleich zum langjährigen Mittel  
(Mittel = Langjähriger Mittelwert der Jahre 1891—1930)

Monat	Niederschlag mm					Rel. Feuchte %			Tgl. Sonnenscheindauer in Std.			Strahlungssumme gcal/cm <sup>2</sup>	
	Mittel	1949	% d.N.	1950	% d.N.	Mittel	1949	1950	Mittel	1949	1950	1949	1950
Januar	36	30	84	22	62	85	84	83	1,9	2,4	2,3	—	2758
Februar	32	15	46	44	138	82	77	79	3,0	5,0	3,0	—	4214
März	43	31	72	12	28	78	71	74	3,9	6,3	6,2	—	9026
April	57	54	95	63	110	73	67	74	4,8	6,5	4,4	—	9608
Mai	70	98	140	77	110	73	79	69	6,1	4,4	8,5	—	16643
Juni	83	32	39	60	72	74	68	67	6,4	8,8	10,3	—	18432
Juli	88	43	49	99	113	74	60	70	6,9	11,2	9,5	—	17457
August	73	33	45	103	141	75	64	73	6,7	8,3	7,9	—	14320
September	63	19	30	106	168	79	73	83	5,0	7,8	4,0	—	8146
Oktober	50	13	26	25	51	83	76	86	3,7	5,3	4,1	—	5497
November	45	38	84	97	216	86	84	86	2,1	2,3	1,9	3088	2322
Dezember	45	54	127	28	62	87	88	86	1,5	1,2	1,2	1508	1747
Jahr	685	459	67	736	108	79	74	78	4,3	5,8	5,3	—	110170

Tabelle 5c:  
Die Witterungsdaten von Hohenheim 1949/1950 im Vergleich zum langj. Mittel

Monat	Zahl der Tage mit Niederschlag:								
	> 0,1 mm			> 1,0 mm			> 10,0 mm		
	Mittel	1949	1950	Mittel	1949	1950	Mittel	1949	1950
Januar	14,0	18	7	8,6	7	5	0,5	1	.
Februar	13,4	6	15	8,2	4	10	0,4	.	1
März	14,4	12	6	9,4	10	4	0,6	.	.
April	15,3	14	19	10,7	10	11	1,2	2	3
Mai	15,3	20	13	11,5	15	11	1,6	3	2
Juni	15,0	10	13	11,7	7	10	2,4	.	3
Juli	14,3	6	20	11,0	5	13	2,8	1	3
August	14,4	11	16	10,6	7	10	2,4	1	5
September	12,5	13	20	9,6	6	17	2,0	.	3
Oktober	12,5	4	14	9,0	2	8	1,3	1	.
November	13,1	12	23	8,7	9	19	0,9	1	2
Dezember	15,4	17	15	10,4	15	7	0,8	1	.
Jahr	170,0	113	181	119,0	97	125	16,9	11	22

Monat	Zahl der:											
	Heiße Tage			Sommertage			Frosttage			Eistage		
	Mittel	1949	1950	Mittel	1949	1950	Mittel	1949	1950	Mittel	1949	1950
Januar	.	.	.	.	.	.	21,2	20	21	10,1	5	9
Februar	.	.	.	.	.	.	18,0	24	13	5,4	2	2
März	.	.	.	.	.	.	13,1	17	9	1,3	5	2
April	.	.	.	0,2	2	.	3,8	4	2	0,1	.	.
Mai	0,2	.	.	3,1	2	4	0,3	1	.	.	.	.
Juni	0,5	.	1	6,2	2	11	.	.	.	.	.	.
Juli	2,4	1	3	10,5	16	15	.	.	.	.	.	.
August	1,4	5	1	8,6	13	9	.	.	.	.	.	.
September	0,2	4	.	3,2	9	2	0,1	.	.	.	.	.
Oktober	.	.	.	0,1	.	.	3,8	2	6	.	.	.
November	.	.	.	.	.	.	12,2	11	8	1,8	.	.
Dezember	.	.	.	.	.	.	19,0	15	28	7,5	1	20
Jahr	4,7	10	5	32,0	44	41	91,3	94	87	26,2	13	33

Heiße Tage: Max. > 30° C  
Sommertage: Max. > 25° C

Frosttage: Min. < 0° C  
Eistage: Max. < 0° C

Tabelle 6:  
Bodenfeuchtemessungen unter bewachsenem Boden in Gew. % in der Zeit vom 26. 8. — 14. 10. 1949

Monat	Tiefe in cm	Datum					26.8.	30.8.		
August	0 — 5						12,3	21,9		
	5 — 10						11,2	17,8		
	10 — 20						11,4	12,8		
	20 — 30						9,9	9,1		
	30 — 40						—	9,1		
		<b>2.9.</b>	<b>6.9.</b>	<b>9.9.</b>	<b>13.9.</b>	<b>16.9.</b>	<b>20.9.</b>	<b>23.9.</b>	<b>27.9.</b>	<b>30.9.</b>
September	0 — 5	16,3	7,4	18,8	12,1	12,6	13,2	17,5	9,9	8,7
	5 — 10	13,2	8,7	10,6	11,9	11,6	11,4	13,2	10,8	10,9
	10 — 20	11,7	9,9	9,4	9,9	9,9	9,8	11,7	10,1	10,7
	20 — 30	13,0	9,2	9,2	9,4	9,4	9,4	10,4	10,0	9,9
	30 — 40	13,1	9,8	9,7	8,7	9,3	9,4	9,9	11,7	10,4
		<b>4.10.</b>	<b>7.10.</b>	<b>11.10.</b>	<b>14.10.</b>					
Oktober	0 — 5	8,7	9,3	24,8	19,2					
	5 — 10	10,9	10,9	12,9	16,5					
	10 — 20	10,4	10,1	10,3	11,1					
	20 — 30	10,1	9,7	10,0	10,7					
	30 — 40	11,8	10,9	11,0	11,0					

Tabelle 7:  
Monatsmittel der Bodenfeuchte in Gew. % des bearbeiteten und unbearbeiteten Bodens von Juni bis September 1950

Tiefe in cm	Juni		Juli		August		September		Mittel	
	Bearb.	Unbearb.	Bearb.	Unbearb.	Bearb.	Unbearb.	Bearb.	Unbearb.	Bearb.	Unbearb.
0 — 5	16,1	16,3	14,9	16,4	19,5	18,5	25,7	24,6	19,6	19,0
5 — 10	20,8	19,4	20,7	20,2	22,0	21,2	25,2	24,5	22,2	21,3
10 — 20	22,3	20,5	21,7	22,0	22,4	21,7	25,3	25,1	22,9	22,3
20 — 30	20,8	19,9	20,8	21,3	21,4	21,8	24,3	25,2	21,8	22,2
30 — 40	21,7	21,1	21,1	22,0	22,6	21,7	23,6	23,0	22,3	22,0
Mittel 5 — 40	21,4	20,2	21,1	21,4	22,1	21,6	24,6	24,5	22,3	21,9

Tabelle 8:  
Feuchtigkeitsverteilung in der Tiefe (Angaben in Gew. %)

Tiefe in cm	Profilwand	Abstand von der Profilwand in cm				
	0	5	10	20	30	40
10		20,2	20,6	14,5	13,2	14,7
20		18,2	12,6	11,4	11,5	10,9
30		18,1	12,1	12,6	11,7	12,0
40		18,7	11,7	11,1	10,9	10,8
50		17,5	16,8	14,3	13,7	14,6
60		13,6	12,7	14,1	13,5	
70		13,9	15,4	15,8		
80		12,6	12,9	13,8		
90		16,4	15,7	14,2		
100		18,3	17,3	18,1		
110		21,4	18,1	19,3		
120		20,0	19,7	19,8		
130		19,9	19,4	20,2		
140		17,2	19,2	20,5		
150		19,4	18,8	17,9		
160		19,4	18,9	19,3		
170		20,2	19,7	18,9		
180		17,7	16,9	17,5		
190		17,6	17,6	16,4		
200		19,4	17,1	16,4		
210		17,6	13,9	15,7		
220		18,9	16,7	15,3		
230		14,3	14,5	15,6		
240		15,7	14,8	16,1		
250		14,0	14,3			

Tabelle 9:  
Wasserbilanz des unbewachsenen und bewachsenen Bodens von Mai bis November 1950  
(bezogen auf 1 m Bodentiefe)

Datum	Unbewachsen				Bewachsen			
	Bestand mm	Δ F mm	N mm	Relativer Wasserverlust %	Bestand mm	Δ F mm	N mm	Relativer Wasserverlust %
2. 5. 50	350,6				360,9			
30. 5. 50	<b>340,8</b>	-9,8	77,0	113	<b>333,0</b>	-27,9	77,0	136
30. 6. 50	340,8	0,0	60,0	100	284,9	-48,1	60,0	180
1. 8. 50	328,6	-12,2	99,0	112	263,4	-22,5	99,0	123
29. 8. 50	345,7	+17,1	103,2	84	289,9	+27,5	103,2	73
29. 9. 50	352,1	+ 6,4	105,8	94	363,1	+73,2	105,8	31
31. 10. 50	342,4	- 9,7	25,4	138	355,9	- 7,2	25,4	128
1. 12. 50	371,4	+29,0	97,1	70	381,4	+25,5	97,1	74

Tabelle 10:  
Wasserbilanz von Hohenheim und Gießen für 0—25 cm Tiefe in der Zeit von Mai bis November 1950

Monat	N mm		Relative Luftfeuchte %		Δ F mm		V <sub>R</sub> %	
	H	G	H	G	H	G	H	G
Mai	77	56	69	73	- 8,9	-10,3	112	118
Juni	60	98	67	74	- 4,9	- 4,2	108	104
Juli	99	152	70	74	+ 0,3	- 1,8	100	102
August	103	52	73	75	+11,9	+ 4,4	88	91
September	106	79	83	79	+ 3,5	+ 5,7	97	93
Oktober	25	23	86	83	- 4,9	- 9,9	120	144
November	97	120	86	86	+19,9	+16,4	79	86

H = Hohenheim                      G = Gießen

Tabelle 11a:  
Wasserbilanz von Acker, Wiese und Wald, (Einzelwerte) in mm für 40 bzw. 100 cm Tiefe.

Zeit- raum	Nieder- schlag mm	Acker		Wiese		Stämme		Stangen		Acker		Wiese		Stämme	
		Stand	Veränd.	Stand	Veränd.	Stand	Veränd.	Stand	Veränd.	Stand	Veränd.	Stand	Veränd.	Stand	Veränd.
16. 5.	0	117,7		109,2		78,9		64,6		325,9		330,3		271,4	
30. 5.	46,0	<b>129,5</b>		<b>125,8</b>		<b>71,9</b>		<b>66,2</b>		<b>340,8</b>		<b>333,0</b>		<b>262,9</b>	
			+11,8		+16,6		- 7,0		+ 1,6		+14,9		+ 2,7		- 8,5
13. 6.	11,2	108,6		78,9		61,6		58,5		306,3		278,5		240,0	
			-20,9		-46,9		-10,3		- 7,7		-34,5		-54,5		-22,9
27. 6.	47,8	129,8		90,8		61,4		67,9		336,1		282,7		247,8	
			+21,2		+11,9		- 0,2		+ 9,4		+29,8		+ 4,2		+ 7,8
11. 7.	21,9	129,5		83,3		59,0		55,0		340,8		260,4		250,1	
			- 0,3		- 7,5		- 2,4		-12,9		+ 4,7		-22,3		+ 2,3
25. 7.	47,8	125,0		98,3		69,4		63,9		325,3		263,3		264,4	
			- 4,5		+15,0		+10,4		+ 8,9		-15,5		+ 2,9		+14,3
8. 8.	46,6	122,8		117,5		65,7		77,4		328,2		285,5		257,8	
			- 2,2		+19,2		- 3,7		+13,5		+ 2,9		+22,2		- 6,6
22. 8.	30,4	117,0		98,9		61,5		49,1		315,8		256,9		239,5	
			- 5,8		-18,6		- 4,2		-28,3		-12,4		-28,6		-18,3
5. 9.	72,3	135,0		140,8		89,1		91,9		362,9		309,9		310,6	
			+18,0		+41,9		+27,6		+42,8		+47,1		+53,0		+81,1
19. 9.	51,3	138,2		140,9		99,2		114,5		343,4		330,6		303,3	
			+ 3,2		+ 0,1		+10,1		+22,6		-19,5		+20,7		- 7,3

0 — 40 cm

0 — 100 cm

Tabelle 11b:

Wasserbilanz von Acker, Wiese und Wald (Zusammenfassung) in mm für 40 bzw. 100 cm Tiefe.

Zeitraum	N	Acker	Wiese	Fichten- stämme	Fichten- stangen	Acker	Wiese	Fichten- stämme
Bestand am								
16. 5. 50		117,7	109,2	78,9	64,6	325,9	330,3	271,4
22. 8. 50		117,0	98,9	61,5	49,1	315,8	356,9	239,5
Veränderung $\Delta F$ vom 16. — 22. 8.	251,9	-0,7	-10,3	-17,4	-15,5	-10,1	-73,4	-31,9
Bestand am								
19. 9. 50		138,7	140,9	99,2	114,5	343,4	330,6	303,3
Veränderung $\Delta F$ vom 22. 8. — 19. 9.	123,6	+21,2	+42,0	+37,7	+65,4	+27,6	+73,7	+63,8
Veränderung $\Delta F$ vom 16. 5. — 19. 9.	375,5	+20,5	+31,7	+20,3	+49,9	+17,5	+ 0,3	+31,9
		<b>0 — 40 cm Tiefe</b>				<b>0 — 100 cm Tiefe</b>		

Tabelle 12:

Tägliche Bodenfeuchteveränderung in mm in Abhängigkeit von den Witterungsverhältnissen im Jahre 1950.

a) Abtrocknungsperiode  
 0-5 cm BF Ausgangsstadium 23% = 15 mm  
 BF Endstadium 15% = 10 mm

Zeitraum	Unbewachsen				Bewachsen			
	0-5	5-10	10-20	20-30	0-5	5-10	10-20	20-30 cm
5. 5. — 9. 5.	-1,8	-0,9	-0,9	-0,9	-1,0	-0,5	-0,8	-0,5
30. 5. — 2. 6.	-2,0	-0,5	-0,3	-1,4	-1,7	-0,7	-0,9	-0,7
10. 6. — 13. 6.	-2,4	-1,1	-0,2	-0,1	-3,0	-0,4	-0,2	-1,1
27. 6. — 30. 6.	-1,6	-0,5	-0,4	-0,1	-1,9	-0,8	+0,1	+0,4
25. 7. — 28. 7.	-2,3	-0,2	-0,2	+0,4	-1,2	-0,7	-1,3	+1,4
4. 8. — 8. 8.	-1,9	-0,8	-1,2	-0,3	-1,0	-0,5	-1,0	+1,8
18. 8. — 22. 8.	-2,3	-0,6	-0,7	+0,2	-1,1	-0,9	-0,7	-0,2
12. 9. — 15. 9.	-0,7	-0,5	-0,7	+0,2	-0,7	-0,8	-0,8	-0,1
3. 10. — 6. 10.	-1,5	-0,8	-0,6	-0,1	-0,1	-0,2	-0,3	+0,2
20. 10. — 24. 10.	-1,1	-1,1	-0,2	-0,5	-0,7	-0,4	-0,3	-0,1
Mittel	-1,8	-1,1	-0,5	-0,3	-1,2	-0,6	-0,6	+0,1

b) Trockenperiode  
 0-5 cm BF Ausgangsstadium 15% = 10 mm  
 BF Endstadium kurz vor dem Regen

9. 5. — 12. 5.	-0,1	0,0	0,0	+0,4	-1,4	-1,3	-1,7	-0,2
12. 5. — 16. 5.	-0,4	+0,1	0,0	-0,4	-0,8	-0,5	-0,7	-0,6
2. 6. — 6. 6.	+0,1	+0,1	-0,7	-0,4	-1,0	-0,9	-1,0	-0,2
18. 7. — 21. 7.	-0,7	-0,2	-0,4	+0,1	-1,1	-0,3	-0,2	0,0
8. 8. — 11. 8.	-0,5	+0,1	-0,3	-0,5	-2,4	-1,4	-1,4	-1,3
11. 8. — 15. 8.	-0,2	0,0	+0,1	-0,3	+0,2	-0,4	-1,2	-0,6
Mittel	-0,3	0,0	-0,2	-0,2	-1,1	-0,8	-1,0	-0,5

**Anhang**  
**Die Messungen der Bodenfeuchte in Hohenheim**  
(1949—1951)

**a) Vergleichsfläche**

Das als Vergleichsfläche dienende, unbewachsene und unbearbeitete Bodenstück besteht aus tiefgründigem, bindigem, feinsandigem und kalkarmen Lehm.

**Beobachtungszeitraum:**

9. Juli 1949 bis 31. Oktober 1951  
(Beobachtungen in 5- bzw. 10-cm-Stufen bis zu 100 cm Tiefe)

**Hykroskopizität:** etwa 5.6 Gew. %

**Spezifisches Gewicht:** etwa 2.65

**Raumgewicht:**

0— 5 cm Tiefe : 1.31	50— 60 cm Tiefe : 1.69
5—10 cm Tiefe : 1.32	60— 70 cm Tiefe : 1.70
10—20 cm Tiefe : 1.36	70— 80 cm Tiefe : 1.69
20—30 cm Tiefe : 1.52	80— 90 cm Tiefe : 1.67
30—40 cm Tiefe : 1.60	90—100 cm Tiefe : 1.64
40—50 cm Tiefe : 1.64	

**Alle Werte stellen Gewichtsprozentage dar**

1949

	Sandiger Lehm (unbewachsen)									
	0-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90

1949											
	0-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
<b>Juli</b>											
9.			22	20	20	21					
12.	6	14	22	20	23	21					
15.	6	17	19	20	22	22					
19.	31	28	26	20	21	21	23				
22.	21	23	27	23	22	23	23				
26.	14	17	22	20	19	22	21				
29.	12	19	19	19	19	20					
<b>August</b>											
2.	9	19	17	20	21	23					
5.	11	14	17	16	18	20					
9.	10	13	16	16	17	19					
12.	19	16	16	16	18	20	21				
16.	10	15	18	17	19	22					
19.	7	11	15	17	18	20					
23.	8	12	14	15	18	21	21				
26.	9	9	13	17	18	21	22				
30.	16	17	15	14	16	18					
<b>September</b>											
2.	14	14	14	14	15	17					
6.	7	14	16	17	21	21					
9.	13	17	17	18	21	22					
13.	11	17	18	18	19	19					
16.	10	16	18	18	20	22					
20.	9	16	18	18	21	21					
23.	11	16	17	18	21						
27.	8	13	15	16	18						
30.	7	13	14	15	18						
<b>Oktober</b>											
4.	8	14	15	15	18	19					
7.	6	12	15	15	18	19					
11.	19	17	16	16	16	18					
14.	11	15	16	16	18	20					
18.	8	14	13	14	18	19					
21.	7	14	16	16	17	21					
25.	13	12	11	11	13						
28.	12	12	11	12	12						

	Sandiger Lehm (unbewachsen)									
	0-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90

**November**

1.	7	13	16	16	18	21					
4.	7	14	16	14	16	17	21				
8.	14	14	15	16	17	19	21				
11.	23	22	22	20	19	19	21				
15.	26	24	22	17	15	17	(21)				
18.	37	23	22	20	18	17	21				
22.	24	22	21	17	17	19	22				
25.	22	21	19	18	16	15	18				
29.	29	25	24	22	21	20	20				

**Dezember**

2.	28	25	24	22	21	21	22				
6.	33	30	28	24	24	24	26				
9.	28	26	25	24	23	24	24	24	24		
13.	35	29	27	25	25	23	23	22	22		
16.	31	27	26	24	23	23	22	19	18		
21.	28	27	25	24	24	23	25	25	25		
23.	27	25	25	23	23	24	25	26	25		
27.	29	27	24	23	24	24	24	26	25		
30.	29	24	24	23	23	23	24	24	25		

**1950**

**Januar**

3.	31	28	24	24	23	23	23	25	25		
6.	29	27	22	25	23	23	23	25	25		
10.	37	25	24	24	23	23	24	24	23	20	
13.	28	24	24	22	24	23	24	24	24		
17.	28	27	25	24	24	23	23	25	23		
20.	29	25	23	23	23	22	22	24	23		

**Februar**

7.	28	29	30	24	22	22	20	21	23	23	
10.	29	31	32	26	25	23	20	21	22	23	
13.	26	25	26	24	24	23	22	23	24	23	
17.	28	27	27	25	24	24	21	23	25	25	
21.	26	26	26	26	24	22	23	24	23	25	
24.	26	26	25	23	24	23	21	21	22	23	
28.	36	28	28	26	24	22	21	24	23	21	19

**März**

2.	36	27	26	25	24	24	24	24	24	23	24
7.	27	27	27	26	24	24	24	25	26	22	20
10.	31	28	27	25	23	23	23	22	22	21	20
14.	25	25	26	25	24	24	24	25	25	20	22
17.	18	22	25	23	23	22	23	24	24	21	20
21.	23	25	24	24	23	23	23	25	25	24	20
24.	17	23	24	23	23	23	22	24	22	23	21
28.	19	24	24	23	23	22	22	24	22	22	22
31.	15	24	23	22	22	21	21	22	21	20	18

**April**

4.	18	24	22	23	23	23	21	24	24	22	19
7.	14	23	24	22	22	23	23	19	19	20	18
11.	24	24	25	24	23	23	24	23	21	20	
14.	17	21	24	24	23	22	22	23	22	21	20
18.	24	24	25	25	25	25	25	25	21	20	21
21.	21	22	25	23	22	23	22	22	21	22	24
25.	30	28	28	24	25	24	23	23	23	22	20
28.	22	24	25	24	24	23	23	23	23	22	24

**Mai**

2.	30	28	24	22	23	23	19	20	21	21	23
5.	27	27	25	23	25	23	22	21	20	20	21
9.	16	21	22	21	22	22	22	21	21	21	20
12.	16	22	22	21	23	22	20	20	19	20	20
16.	14	21	22	20	22	22	20	20	21	21	21
19.	18	22	22	20	23	23	19	19	19	20	24
23.	17	21	22	20	22	23	23	21	21	20	19
26.	27	27	25	22	22	23	23	22	22	20	22
30.	21	22	24	22	23	23	21	20	20	21	22

	Sandiger Lehm (unbewachsen)										
	0-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
<b>Juni</b>											
2.	10	20	23	21	21	21	21	20	20	21	23
6.	13	20	21	20	22	21	20	20	19	20	20
10.	23	22	22	20	21	20	19	20	20	17	21
13.	9	17	21	20	20	16	17	16	18	18	20
16.	15	20	22	20	21	19	19	19	19	20	22
20.	17	21	21	20	21	21	19	20	20	22	22
24.	18	21	21	20	21	20	18	18	18	19	21
27.	23	23	23	21	23	20	21	19	19	20	19
30.	13	19	22	21	23	23	21	21	20	21	23
<b>Juli</b>											
4.	12	19	21	21	22	22	20	20	20	20	22
7.	15	18	20	20	20	20	18	19	19	21	23
11.	21	21	21	22	22	21	21	20	21	22	24
14.	19	22	22	21	22	20	19	19	20	21	22
18.	15	20	21	21	22	20	19	19	19	21	23
21.	13	19	20	21	22	21	20	18	20	20	20
25.	24	23	22	23	23	20	22	20	19	20	21
28.	14	21	20	22	23	20	21	20	21	22	.
<b>August</b>											
1.	16	21	22	21	22	21	21	20	21	21	21
4.	27	25	24	23	24	25	21	19	19	19	19
8.	14	18	22	23	24	24	21	20	21	21	20
11.	13	19	18	20	17	16	15	14	18	19	21
15.	13	19	19	21	21	20	21	21	20	20	21
18.	28	25	23	21	23	21	20	19	20	18	22
22.	15	20	21	19	19	18	16	14	14	15	18
26.	25	23	22	22	22	20	21	20	20	20	21
29.	24	24	25	26	25	21	20	20	20	20	22
<b>September</b>											
2.	28	26	26	26	24	21	20	20	21	21	23
5.	28	27	26	25	23	21	21	20	20	21	23
8.	28	27	26	25	23	22	22	23	21	22	24
12.	22	24	25	25	24	24	21	21	23	22	.
15.	17	22	24	25	23	21	20	20	21	22	24
19.	26	24	24	24	22	19	19	20	21	22	23
22.	29	27	27	25	24	22	20	22	21	21	23
26.	27	26	27	27	24	22	20	20	22	22	24
29.	24	23	24	25	22	19	19	20	21	21	23
<b>Oktober</b>											
3.	23	24	24	24	22	21	21	20	20	20	20
6.	16	23	23	24	23	22	21	20	20	20	22
10.	26	25	21	22	24	17	19	19	20	21	21
13.	23	23	23	22	22	20	20	20	20	21	21
17.	24	23	22	22	22	19	19	19	19	20	21
20.	23	24	23	23	23	22	20	20	21	21	22
24.	17	22	22	22	23	20	19	20	20	20	21
27.	27	25	24	22	24	24	20	21	20	22	22
31.	27	22	24	23	24	22	21	20	19	20	21
<b>November</b>											
3.	28	26	25	24	24	23	21	20	20	21	21
7.	28	27	26	24	24	22	21	20	20	21	22
10.	27	25	25	24	24	22	19	20	20	22	23
14.	28	27	26	25	24	22	21	20	21	21	22
17.	27	27	26	25	24	23	20	21	22	21	22
21.	30	27	27	25	25	22	20	20	20	21	23
24.	28	27	26	26	25	23	20	21	20	21	21
28.	28	26	26	25	24	23	20	20	20	21	22
<b>Dezember</b>											
1.	27	27	26	26	24	22	20	21	21	21	22
5.	33	24	26	26	24	22	20	19	20	20	23
8.	31	28	25	24	26	23	21	22	20	21	22
12.	33	28	26	24	24	22	20	20	20	21	23
15.	44	29	26	25	24	22	21	21	21	21	22
19.	36	27	28	23	24	22	21	20	20	21	22
22.	40	27	28	23	23	23	21	22	21	20	22
27.	31	27	28	23	23	21	21	20	21	21	22
29.	33	31	30	24	23	21	21	20	21	21	21
<b>1951</b>											
<b>Januar</b>											
2.	37	32	30	24	23	21	20	20	21	20	22
5.	30	30	31	23	23	21	20	20	21	22	22
9.	35	29	29	24	22	22	21	21	21	21	23

	Sandiger Lehm (unbewachsen)										
	0-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
12.	36	33	32	26	23	21	20	21	21	22	25
16.	34	27	27	25	23	21	21	21	20	21	23
19.	27	28	27	25	23	22	20	21	22	22	23
23.	30	27	29	26	24	23	23	21	23	24	24
26.	28	27	26	25	23	21	20	20	23	24	23
30.	29	29	28	26	24	23	22	21	22	23	24
<b>Februar</b>											
2.	27	28	27	25	22	20	20	20	22	23	23
6.	28	27	26	25	22	21	20	20	20	22	23
9.	28	27	25	25	23	20	20	20	21	22	23
13.	26	26	25	25	22	21	21	20	21	21	23
16.	26	25	24	25	23	22	20	20	20	20	22
20.	27	26	25	26	24	22	21	22	21	21	22
23.	29	28	27	26	25	22	21	21	21	21	24
27.	28	28	26	26	26	22	21	22	21	22	23
<b>März</b>											
2.	34	25	26	26	26	22	21	21	21	21	24
6.	31	24	24	25	25	23	20	22	22	21	23
9.	27	24	24	24	23	23	21	21	22	21	23
13.	25	24	24	25	24	23	21	20	21	22	22
16.	27	27	26	26	26	22	24	23	22	22	22
20.	28	28	27	25	23	22	21	21	22	22	23
22.	27	25	25	25	24	21	22	22	20	20	22
27.	26	25	25	24	23	20	21	20	20	20	23
30.	26	25	24	25	22	22	20	20	21	20	22
<b>April</b>											
3.	23	24	25	25	23	21	22	21	20	22	23
6.	22	23	24	24	23	20	19	20	21	21	23
10.	25	25	24	24	23	20	.	.	.	.	.
12.	22	24	25	25	25	22	.	.	.	.	.
17.	18	22	24	24	23	21	21	20	21	20	20
20.	18	21	22	23	24	23	.	.	.	.	.
24.	17	21	22	24	23	23	.	.	.	.	.
27.	29	24	22	22	23	22	21	20	20	21	32
<b>Mai</b>											
1.	23	23	23	21	21	21	21	20	20	21	21
4.	28	26	25	22	23	21	.	.	.	.	.
8.	26	25	25	23	23	21	22	22	21	21	22
11.	27	26	26	24	24	22	.	.	.	.	.
15.	20	23	25	23	22	23	.	.	.	.	.
18.	18	22	24	23	23	23	.	.	.	.	.
22.	13	22	24	22	23	22	21	21	23	23	22
25.	11	22	24	22	23	22	.	.	.	.	.
29.	22	23	24	22	22	22	21	22	23	22	23
<b>Juni</b>											
1.	27	26	25	22	22	23	.	.	.	.	.
5.	27	25	26	23	23	22	22	22	23	23	22
8.	22	24	26	23	23	23	.	.	.	.	.
12.	23	25	26	25	22	23	24	24	23	22	22
15.	18	23	27	24	22	22	.	.	.	.	.
19.	23	23	25	24	22	22	23	23	22	22	23
22.	19	24	24	24	22	22	.	.	.	.	.
26.	26	26	26	24	22	23	22	23	22	21	22
29.	23	24	26	24	23	24	.	.	.	.	.
<b>Juli</b>											
3.	19	22	25	22	22	23	23	22	23	22	20
6.	17	22	24	22	21	21	21	23	23	22	21
10.	20	22	24	23	21	22	.	.	.	.	.
13.	16	22	24	23	21	21	21	21	22	23	22
17.	26	24	24	23	23	23	23	24	23	23	23
20.	18	22	24	23	23	23	.	.	.	.	.
25.	28	25	26	25	23	25	.	.	.	.	.
27.	27	24	26	25	22	23	24	23	22	21	21
31.	17	22	24	22	21	22	20	22	23	24	24
<b>August</b>											
3.	17	22	23	21	21	20	20	21	21	23	23
8.	28	24	25	23	23	22	.	.	.	.	.
10.	24	24	25	23	23	22	21	20	20	20	21
14.	20	22	23	23	22	21	.	.	.	.	.
17.	16	22	22	22	21	20	.	.	.	.	.
22.	27	25	25	24	24	21	.	.	.	.	.
24.	24	24	24	24	23	23	20	21	20	20	21
28.	17	22	24	23	23	21	22	22	21	22	21
31.	17	22	23	25	24	23	.	.	.	.	.

	Sandiger Lehm (unbewachsen)										
	0-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
<b>September</b>											
7.	22	25	26	25	24	24	23	22	24	23	21
7.	16	22	24	24	24	22					
11.	19	22	23	22	22	22	21	20	20	20	
14.	21	21	23	21	20	20					
18.	18	21	21	20	18	17	18	19	18	18	
21.	19	20	22	20	19	18					
25.	21	22	21	20	17	17	18				
28.	26	24	25	20	18	18					
<b>Oktober</b>											
2.	22	23	23	21	18	18	18	18	19	18	16
5.	17	22	24	22	22	22	22	23	23	23	23
9.	17	21	23	21	21	22	22	20	21	21	21
12.	16	21	21	21	21	23					
16.	16	20	22	20	20	21	23	22	22	22	20
19.	19	23	23	23	21	23					
24.	28	27	27	26	24	22	22	23	24	25	23
26.	27	26	27	26	24	22					
30.	22	24	25	24	23	23	24	24	24	24	24

	Sandiger Lehm (Rasen)										
	0-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
<b>November</b>											
1.	12	13	11	11	13	13					
4.	11	11	10	10	12	13					
8.	16	12	11	11	12	14					
11.	31	12	11	10	11						
15.	31	22	13	11	14	13					
18.	33	25	17	13	14						
22.	29	25	16	15	14	11					
25.	28	25	16	12	12						
29.	35	28	18	12	15						
<b>Dezember</b>											
2.	37	28	17	11	12	13					
6.	43	32	24	14	12	14					
9.	34	33	27	23	12	14	14				
13.	52	36	33	27	20	16	16				
16.	55	39	29	23	19	13	15				
21.	39	34	29	27	24	20	16				
23.	44	35	30	26	24	22	18	17			
27.	41	35	30	30	25	25	18				
30.	41	25	28	25	25	22	18				

**b) Rasen**

**Bodenart, Beobachtungszeitraum und Bohrtiefen** sind die gleichen wie bei der Vergleichsfläche.

**Hygroskopizität:** etwa 5.7 Gew. %.

**Spezifisches Gewicht:** etwa 2.61.

**Raumgewicht:**

0—5 cm Tiefe	: 1.34	50—60 cm Tiefe	: 1.64
5—10 " "	: 1.40	60—70 " "	: 1.65
10—20 " "	: 1.41	70—80 " "	: 1.62
20—30 " "	: 1.48	80—90 " "	: 1.60
30—40 " "	: 1.56	90—100 " "	: 1.59
40—50 " "	: 1.62		

**1949**

	Sandiger Lehm (Rasen)										
	0-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
<b>Juli</b>											
9.	11	12	15	21	18						
12.	10	12	11	12	17	19					
15.	7	12	12	16	16						
19.	23	16	16	20	20	21					
22.	20	18	18	18	19	20					
26.	20	17	18	16	16	19					
29.	15	13	13	14	14						
<b>August</b>											
2.	13	12	14	13	16						
5.	13	12	12	13	14						
9.	13	13	13	15	19						
12.	16	12	12	13	15						
16.	12	13	13	14	16	17					
19.	11	12	12	12	14						
23.	11	12	12	13							
26.	12	11	11	10							
30.	22	18	13	9	9						
<b>September</b>											
2.	16	13	12	13	13						
6.	7	9	10	9	10						
9.	19	11	9	9	10	11					
13.	12	12	10	9	9						
16.	13	12	10	9	9						
20.	13	11	10	9	9						
23.	18	13	12	10	10						
27.	10	11	10	10	12						
30.	9	11	11	10	10						
<b>Oktober</b>											
4.	9	11	10	10	12						
7.	9	11	10	10	11						
11.	25	13	10	10	11						
14.	19	17	11	11	11						
18.	13	12	10	11	12						
21.	13	12	11	11	13						
25.	6	13	17	17	18	22					
28.	6	13	16	17	18	21					

**1950**

	Sandiger Lehm (Rasen)										
	0-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
<b>Januar</b>											
3.	44	28	25	23	23	23	20	15			
6.	32	28	27	24	27	26	23	17			
10.	31	26	26	24	24	24	23	17	16		
13.	32	26	26	25	24	25	22	18	15		
17.	32	26	26	24	24	24	22	20			
20.	32	26	24	23	24	24	22	20			
<b>Februar</b>											
7.	34	29	27	23	22	22	22	20			
10.	34	30	25	26	23	23	22	21	20		
13.	32	28	29	25	23	23	22	22	18		
17.	30	28	26	23	23	23	21	20	21		
21.	29	26	26	23	22	22	21	20	19	22	24
24.	27	26	27	25	24	23	22	24	24	24	23
28.	33	28	26	23	23	23	21	20	22	23	23
<b>März</b>											
2.	34	27	27	25	23	23	22	21	21	22	23
7.	31	28	27	24	24	23	22	21	22	22	23
10.	30	27	25	21	22	22	21	21	20	21	22
14.	30	27	26	24	23	22	22	21	20	22	23
17.	27	26	25	23	23	22	21	20	20	21	22
21.	27	27	26	23	24	22	21	22	21	21	23
24.	29	26	23	21	23	22	21	20	19	20	22
28.	25	23	24	22	22	19	20	20	20	21	22
31.	28	22	23	21	22	22	21	21	20	21	22
<b>April</b>											
4.	27	22	23	22	24	23	22	21	22	23	23
7.	23	22	21	20	19	20	22	18	18	21	21
11.	32	23	21	20	22	23	21	21	20	21	23
14.	30	23	21	21	21	21	21	21	21	22	22
18.	29	28	24	23	23	22	21	21	21	23	22
21.	31	24	24	22	22	23	21	21	21	23	23
25.	33	28	17	20	20	19	17	20	17	22	20
28.	27	26	24	23	23	22	20	21	22	22	23
<b>Mai</b>											
2.	32	27	26	23	23	22	21	21	23	23	24
5.	31	28	26	23	24	23	21	22	21	22	23
9.	25	25	24	22	22	22	21	21	23	23	23
12.	19	19	20	22	23	21	21	22	23	24	23
16.	14	17	18	20	21	21	22	23	23	24	24
19.	22	16	17	19	21	20	19	20	22	24	24
23.	14	13	14	18	19	19	19	21	21	23	24
26.	29	23	17	17	19	19	20	21	22	22	24
30.	25	22	19	18	20	20	21	22	23	24	24
<b>Juni</b>											
2.	17	19	17	16	18	16	14	16	17	19	23
6.	11	14	14	16	20	19	19	19	20	20	21
10.	24	13	13	16	18	18	18	18	19	21	20
13.	10	12	12	14	17	18	19	19	21	23	23
16.	15	13	13	15	18	18	19	20	22	23	23
20.	20	20									

	Sandiger Lehm (Rasen)										
	0-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
Juli											
4.	12	11	11	12	15	17	17	17	17	19	20
7.	11	11	11	12	14	16	16	16	18	20	19
11.	20	14	13	12	15	16	17	16	18	21	21
14.	15	12	12	13	14	14	15	16	19	19	20
18.	13	11	11	12	14	15	16	16	19	20	20
21.	8	10	10	12	13	14	15	16	18	20	22
25.	26	24	19	12	13	14	15	16	17	20	19
28.	21	20	17	15	13	15	16	19	16	19	18
August											
1.	24	22	17	12	13	14	15	16	18	19	20
4.	29	26	26	15	14	15	16	17	17	19	20
8.	23	23	23	20	16	15	15	16	18	20	21
11.	12	17	20	18	17	14	14	15	16	19	18
15.	14	15	16	16	14	15	14	15	16	18	18
18.	27	25	21	16	14	13	15	14	17	18	17
22.	22	20	20	16	12	14	14	15	16	18	18
26.	27	21	18	17	15	14	15	14	16	18	18
29.	31	27	25	21	18	15	15	14	17	18	18
September											
2.	30	27	26	22	19	18	17	15	17	.	.
5.	32	27	27	22	21	15	15	16	16	18	.
8.	32	28	25	25	24	22	18	18	17	19	20
12.	31	28	26	22	23	23	20	20	20	20	20
15.	28	25	24	22	22	22	21	20	20	21	21
19.	31	27	25	22	22	22	20	18	18	20	19
22.	33	29	27	23	24	24	21	21	20	20	.
26.	37	30	27	24	24	23	23	23	24	22	22
29.	31	27	25	24	24	22	21	23	22	22	.
Oktober											
3.	31	26	25	22	23	21	20	22	22	22	.
6.	30	25	24	22	22	21	22	21	23	23	23
15.	35	27	24	22	22	20	20	20	22	22	22
13.	32	28	24	21	21	20	20	20	21	22	22
17.	29	27	24	21	21	21	22	23	22	23	22
20.	30	26	24	22	23	24	23	22	23	24	24
24.	28	24	23	22	22	22	21	21	22	23	24
27.	33	28	25	22	22	23	21	24	22	24	24
31.	33	27	25	22	21	21	22	22	23	22	23
November											
3.	31	27	27	23	21	21	21	23	24	23	22
7.	33	29	27	23	22	22	23	21	22	23	23
10.	31	28	26	22	20	21	21	21	22	23	22
14.	34	30	26	22	22	22	21	21	21	22	.
17.	38	31	26	23	22	23	22	21	23	23	23
21.	34	29	27	24	23	22	21	22	22	23	23
24.	35	29	25	23	23	22	21	20	21	22	23
28.	34	29	26	23	22	22	22	21	22	23	22
Dezember											
1.	36	31	27	23	23	23	22	20	22	23	24
5.	33	29	26	24	24	24	22	21	22	24	24
8.	57	34	27	24	24	23	22	21	23	25	25
12.	51	33	27	24	22	20	22	20	22	23	23
15.	59	33	28	24	24	22	22	22	23	24	24
19.	60	32	27	24	23	21	20	20	21	22	23
22.	.	49	33	25	24	23	22	21	23	24	24
27.	56	40	27	22	22	22	23	23	22	24	24
29.	58	40	27	23	22	24	24	25	23	24	23

1951

	Sandiger Lehm (Rasen)										
	0-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
Juli											
13.	34	31	26	23	23	21	22	24	25	24	25
16.	31	29	24	22	22	21	21	23	23	22	22
20.	31	29	26	23	22	22	21	23	23	23	23
23.	35	31	28	23	23	22	23	24	25	25	24
27.	35	30	28	23	22	21	22	24	23	24	23
März											
2.	35	30	29	24	23	22	24	25	25	25	25
6.	36	27	27	25	23	22	25	25	28	27	27
9.	33	30	27	24	23	22	23	24	24	25	24
13.	32	29	28	25	24	23	24	24	26	25	24
16.	37	31	29	25	24	24	25	25	26	25	25
20.	33	29	26	23	22	21	21	22	25	26	26
22.	27	25	25	25	24	21	22	22	20	20	22
27.	26	25	25	24	23	20	21	20	20	20	23
30.	26	25	24	25	22	22	20	20	21	20	22
April											
3.	33	27	26	23	23	22	22	24	25	25	25
6.	28	27	25	23	23	23	22	24	23	24	24
10.	33	28	26	23	22	21	.	.	.	.	.
12.	33	29	25	23	23	22	.	.	.	.	.
17.	29	28	26	23	23	21	21	21	23	25	25
20.	29	27	27	24	24	23	.	.	.	.	.
24.	21	24	24	22	23	23	.	.	.	.	.
27.	30	22	23	22	23	22	23	23	25	25	25
Mai											
1.	32	24	23	21	22	21	22	23	23	25	24
4.	33	29	25	22	21	22	.	.	.	.	.
8.	32	29	27	23	22	21	20	22	23	24	24
11.	33	29	29	26	25	22	.	.	.	.	.
15.	29	25	24	23	23	22	.	.	.	.	.
18.	28	24	26	22	22	21	.	.	.	.	.
22.	20	21	22	21	21	22	22	23	24	25	25
25.	11	22	24	22	23	22	.	.	.	.	.
29.	22	23	24	22	22	22	21	21	23	22	23
Juni											
1.	33	24	23	20	20	22	.	.	.	.	.
5.	32	25	20	19	21	21	22	23	24	23	24
8.	31	27	23	20	20	21	.	.	.	.	.
12.	33	29	26	22	20	20	21	24	24	25	24
15.	31	29	29	23	21	20	.	.	.	.	.
19.	33	28	26	22	20	20	22	21	23	24	26
22.	28	25	25	20	19	19	.	.	.	.	.
26.	36	32	28	21	19	20	21	22	23	23	25
29.	34	28	25	20	18	19	.	.	.	.	.
Juli											
3.	24	24	23	21	19	20	21	22	23	24	25
6.	18	20	22	21	20	20	21	22	23	23	24
10.	22	19	19	20	20	20	.	.	.	.	.
13.	16	17	19	20	21	21	20	19	19	20	22
17.	37	31	23	19	20	20	20	19	18	20	21
20.	28	25	19	18	20	22	.	.	.	.	.
25.	34	26	20	19	20	21	.	.	.	.	.
27.	35	29	22	19	19	21	19	18	19	19	21
31.	24	24	21	20	21	22	20	19	20	21	23
August											
3.	28	25	24	22	21	22	.	.	.	.	.
8.	35	29	28	24	24	22	.	.	.	.	.
10.	33	27	25	23	23	22	22	20	19	21	22
14.	29	27	25	23	24	25	.	.	.	.	.
17.	24	24	22	22	23	22	.	.	.	.	.
22.	35	29	28	26	21	20	.	.	.	.	.
24.	33	29	27	25	23	23	22	20	19	20	22
28.	28	26	26	23	24	23	21	19	20	22	23
31.	29	26	26	22	22	21	.	.	.	.	.
September											
4.	32	29	28	22	20	20	21	21	22	22	22
7.	25	25	25	22	21	21	.	.	.	.	.
11.	25	25	24	21	23	25	24	20	21	22	23
14.	27	23	24	23	24	23	.	.	.	.	.
18.	25	24	22	21	23	22	21	20	23	23	23
21.	23	22	22	21	23	23	.	.	.	.	.
25.	24	20	19	19	20	21	21	20	20	22	23
28.	30	24	22	21	23	21	.	.	.	.	.

	Sandiger Lehm (Rasen)										
	0-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
Oktober											
2.	27	24	23	21	22	22	20	19	20	21	22
5.	24	22	21	20	21	20	19	18	20	21	22
9.	20	21	21	20	21	19	19	18	19	21	23
12.	19	20	21	21	24	22	.	.	.	.	.
16.	17	19	19	21	21	20	19	19	20	21	22
19.	18	19	20	21	25	24	.	.	.	.	.
24.	33	29	27	22	20	20	19	18	19	21	22
26.	33	30	28	23	21	20	.	.	.	.	.
30.	30	28	24	23	24	23	20	19	18	20	21

	Feinsandiger Lehm (Winterroggen)										
	0-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
August											
8.	20	21	22	21	21	17	16	16	17	18	19
22.	17	20	21	20	21	21	17	16	15	15	.
September											
5.	30	26	25	23	26	22	21	20	17	17	.
19.	26	24	23	20	25	24	25	22	22	23	.
Oktober											
17.	28	29	29	24	24	23	24	24	23	24	24
24.	26	28	27	23	22	22	22	21	22	23	.
31.	33	29	30	25	23	22	.	.	.	.	.
November											
7.	35	33	31	25	25	25	24	25	25	25	23
14.	35	34	23	23	22	22	20	21	23	23	22
21.	35	34	33	25	24	25	25	24	25	24	24
28.	40	32	32	26	24	25	25	26	26	27	26
Dezember											
5.	43	30	31	25	24	25	25	26	26	25	24
12.	43	41	33	25	23	25	25	24	25	23	25
19.	37	36	37	25	23	24	25	23	25	25	25

**e) Winterroggenfeld**

Der Winterroggen steht auf feinsandigem, kalkarmen Lehm.

**Beobachtungszeitraum**

1. November 1949 bis 31. Dezember 1950  
(Beobachtungen in 5- bzw. 10 cm-Stufen bis zu 100 cm Tiefe)

**Hygroskopizität, spezifisches Gewicht und Raumgewicht**

sind ähnlich den entsprechenden Größen der Vergleichsfläche.

**Phänologische Daten**

	1949	1950
<b>Beginn der Feldarbeiten</b>	24. 3.	8. 3.
Winterroggen-Schossen	6. 4.	13. 4.
-Ährenschieben	8. 5.	15. 5.
-Blüte	30. 5.	25. 5.
-Ernte	21. 7.	11. 7.
-Bestellung	3. 10.	5. 10.
-Aufgang	15. 10.	14. 10.

Nach der Ernte 1950 blieb Klee-Einsaat stehen.

**d) Winterweizenfeld**

Der Boden entspricht der Vergleichsparzelle.

**Beobachtungszeitraum: 27. 2. 1951—3. 8. 1951**

(Beobachtungen in 5- bzw. 10 cm-Stufen bis zu 100 cm Tiefe).

**Phänologische Daten**

Bestellung	16. 10. 1950
Aufgang	8. 11. 1950
Schossen	—
Ährenschieben	14. 6. 1951
Blüte	17. 6. 1951
Ernte	31. 7. 1951

	Feinsandiger Lehm (Winterroggen)										
	0-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100

	1949										
	November										
1.	7	14	14	16	20	21	.	.	.	.	.
17.	22	21	20	18	20	22	.	.	.	.	.
Dezember											
6.	27	27	27	24	24	22	21	21	.	.	.
21.	26	26	26	24	24	25	25	22	23	.	.
1950											
Januar											
3.	46	35	24	23	23	26	23	22	22	.	.
17.	28	26	24	23	25	24	25	23	22	20	.
Februar											
7.	27	29	30	23	23	24	22	21	21	.	.
21.	26	26	24	23	23	23	21	20	21	20	.
März											
10.	29	28	27	23	23	24	23	21	21	21	22
23.	24	24	23	22	22	23	22	21	20	21	22
April											
5.	18	20	20	20	22	22	21	20	18	21	19
20.	24	25	23	22	22	22	20	19	20	20	22
Mai											
9.	24	24	23	22	22	23	23	23	24	23	23
16.	12	14	16	17	21	21	21	20	19	19	19
30.	22	20	15	17	19	19	18	17	18	20	.
Juni											
13.	9	9	10	.	.	.	.	.	.	.	.
27.	21	18	12	13	18	18	16	16	16	18	.
Juli											
11.	18	11	11	12	15	16	16	17	16	16	.
25.	24	23	22	14	17	16	15	15	15	15	17

	Sandiger Lehm (Winter-Weizen)										
	0-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100

	1951										
	Februar										
27.	27	27	26	24	27	26	27	24	23	21	20
März											
13.	25	24	25	25	25	26	27	26	23	22	23
27.	26	25	23	23	24	26	25	24	.	.	.
April											
10.	23	25	24	24	24	24	.	.	.	.	.
17.	15	21	25	24	25	25	24	22	22	19	19
24.	16	20	22	23	.	.	.	.	.	.	.
Mai											
2.	20	21	22	22	.	.	.	.	.	.	.
8.	24	23	24	25	26	26	26	26	23	22	22
22.	18	20	22	23	25	25	25	24	22	22	22
30.	19	20	20	22	.	.	.	.	.	.	.
Juni											
5.	26	23	21	21	22	23	24	24	22	21	21
13.	24	22	19	18	.	.	.	.	.	.	.
22.	21	21	20	20	20	20	19	19	19	18	18
27.	25	24	25	20	.	.	.	.	.	.	.
Juli											
4.	15	16	18	17	.	.	.	.	.	.	.
6.	15	18	18	17	17	18	19	18	18	18	18
11.	14	14	16	15	.	.	.	.	.	.	.
17.	25	26	25	19	14	15	16	18	16	18	18
27.	24	22	20	17	16	16	16	18	18	18	18
August											
3.	19	20	20	16	15	16	16	17	17	18	18

**e) Winterrapsfeld**

Der Boden entspricht der Vergleichsparzelle.

**Beobachtungszeitraum:**

27. März 1951 — 7. Juli 1951  
(Beobachtungen in 5- bzw. 10 cm-Stufen bis zu 60 cm Tiefe)

**Phänologische Daten:**

Bestellung 30. 8. 1950  
Aufgang 6. 9. 1950  
Blüte  
Ernte 7. 7. 1951

Feinsandiger Lehm (W.-Raps)										
0-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100

1951										
<b>März</b>										
27.	27	27	26	23	24	24	22	.	.	.
<b>April</b>										
10.	26	26	25	23	23	22	.	.	.	.
17.	22	24	24	23	22	23	23	.	.	.
24.	18	21	21	21	.	.	.	.	.	.
<b>Mai</b>										
2.	22	22	22	20	21	.	.	.	.	.
8.	26	24	24	22	22	22	21	.	.	.
22.	23	22	22	21	22	23	22	.	.	.
30.	23	23	21	21	20	.	.	.	.	.
<b>Juni</b>										
5.	25	23	22	20	20	19	20	.	.	.
13.	27	26	25	23	20	.	.	.	.	.
19.	27	25	24	21	21	20	19	.	.	.
22.	23	23	23	20	20	20	.	.	.	.
27.	24	24	25	21	21	.	.	.	.	.
<b>Juli</b>										
4.	17	19	19	18	.	.	.	.	.	.
6.	16	17	18	17	18	17	.	.	.	.

**f) Haferfeld**

Der Boden entspricht der Vergleichsparzelle.

**Beobachtungszeitraum:**

16. Mai 1950 bis 8. August 1950 und 27. März 1951 bis 10. August 1951  
(Beobachtungen in 5- bzw. 10 cm-Stufen bis zu 100 cm Tiefe).

**Phänologische Daten:**

	1949	1950	1951
Bestellung	28. 3.	16. 3.	30. 3.
Aufgang	11. 4.	3. 4.	18. 4.
Schossen	17. 5.	10. 5.	22. 5.
Ährenschieben	16. 6.	10. 6.	17. 6.
Blüte	19. 6.	12. 6.	20. 6.
Ernte	28. 7.	14. 7.	1. 8.

Feinsandiger Lehm (Hafer)										
0-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100

1950										
<b>Mai</b>										
16.	13	15	19	20	21	22	23	22	18	17
30.	22	21	17	20	19	19	22	20	18	17
<b>Juni</b>										
13.	11	13	15	15	16	16	16	16	16	16
27.	20	18	14	15	15	17	16	15	15	15
<b>Juli</b>										
11.	20	14	13	15	15	14	15	15	13	14
25.	23	20	14	16	13	15	15	14	12	14
<b>August</b>										
8.	17	21	21	21	17	15	14	16	14	14

Feinsandiger Lehm (Hafer)										
0-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100

1951										
<b>März</b>										
27.	26	24	24	22	22	21	21	21	20	20
<b>April</b>										
10.	24	24	23	20	21	21	.	.	.	.
17.	19	22	22	21	21	20	19	20	20	20
24.	18	23	22	21	.	.	.	.	.	.
<b>Mai</b>										
2.	22	23	22	22	.	.	.	.	.	.
8.	23	24	22	21	22	22	19	19	20	18
22.	19	21	20	21	21	21	21	21	21	20
30.	18	19	18	19	.	.	.	.	.	.
<b>Juni</b>										
5.	21	19	17	16	18	20	20	19	19	20
13.	25	24	20	19	.	.	.	.	.	.
22.	19	20	20	19	19	19	20	18	18	19
27.	22	21	18	17	.	.	.	.	.	.
<b>Juli</b>										
4.	14	15	15	15	.	.	.	.	.	.
6.	13	14	15	14	16	17	16	17	17	18
11.	13	13	13	13	.	.	.	.	.	.
17.	25	23	16	13	15	16	16	17	15	16
27.	25	22	19	13	15	15	15	15	15	16
<b>August</b>										
3.	18	17	15	14	16	16	16	14	16	17
10.	23	24	22	20	17	16	16	16	16	17

**g) Zuckerrübenfeld**

Der Boden entspricht der Vergleichsparzelle

**Beobachtungszeitraum:**

9. April 1951—15. Oktober 1951  
(Beobachtungen in 5- bzw. 10-cm-Stufen bis zu 100 cm Tiefe)

**Phänologische Daten**

1951

Bestellung 9. 4.  
Aufgang 28. 4.  
Bestand geschlossen 10. 8.  
Ernte 15. 10.

Feinsandiger Lehm (Zuckerrüben)										
0-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100

1951										
<b>April</b>										
10.	23	25	26	24	22	22	.	.	.	.
17.	17	23	26	23	22	21	20	21	20	19
24.	15	23	24	24	.	.	.	.	.	.
<b>Mai</b>										
2.	20	24	23	23	.	.	.	.	.	.
8.	24	26	26	25	24	22	22	22	21	20
22.	16	22	23	23	23	22	21	21	21	22
30.	17	22	24	22	.	.	.	.	.	.
<b>Juni</b>										
5.	25	24	24	22	21	22	21	19	21	20
13.	26	25	26	24	.	.	.	.	.	.
22.	17	21	23	22	22	23	22	23	22	22
27.	24	24	25	21	.	.	.	.	.	.
<b>Juli</b>										
4.	15	19	20	20	.	.	.	.	.	.
6.	11	15	18	18	20	21	20	20	19	19
11.	12	15	15	17	.	.	.	.	.	.
17.	25	22	19	16	17	18	19	18	19	20
27.	25	21	16	16	16	18	18	18	18	19

sichtig: wie noch gezeigt wird, erreicht die Verdunstung an der Oberfläche des unbewachsenen Bodens nur in den ersten Tagen einer Abtrocknungsperiode höhere Werte und sinkt dann, nachdem eine lockere, trockene Schutzschicht vorhanden ist, rasch ab, während jedoch die Pflanzen auch aus tieferen Bodenschichten fortlaufend Wasser entziehen. Diese Verhältnisse treffen nun für die erste Dekade zu, in der die Niederschlagssumme nur 11 mm beträgt. In der zweiten und dritten Dekade führten insgesamt 49 mm Niederschlag beim unbewachsenen Boden wieder einen Ausgleich bis zum Monatsende herbei. Während die Monate Mai, Juni und Juli zusammengenommen somit eine Abnahme der Bodenfeuchte brachten, lieferten der folgende August und September einen Gewinn. In keinem der beiden Monate erreichte der absolute Wasserverlust die Niederschlagsmenge, doch treten erhebliche Unterschiede durch die Bodenbedeckung auf. Während im unbewachsenen Boden, nachdem einzelne Schichten die Wasserkapazität erreicht haben, ein größerer Teil des Niederschlags absinkt und bei der Beobachtung nicht mehr erfaßt wird, kann der bewachsene Boden noch erhebliche Wassermengen festhalten. Vor allem aber wirkt die feuchte Grasnarbe als Verdunstungsschutz, dies zeigt sich besonders im Oktober, in dem nur rund 50% der durchschnittlichen Niederschläge fielen. Im unbewachsenen Boden betrug die Abnahme der Bodenfeuchte 9,7 mm, im bewachsenen Boden trotz des auch zu dieser Jahreszeit sicher noch vorhandenen Wasserverbrauchs durch die Pflanzen nur 7,2 mm. Im November erfolgt schließlich wieder bei beiden Flächen eine Auffüllung bis zur Wasserkapazität. Solange also dieser Zustand noch nicht erreicht ist, sind die Schwankungen im bewachsenen Boden erheblich größer als im unbewachsenen Boden. Bei Annäherung an diese Grenze tritt die schützende Wirkung der Grasnarbe mehr in Erscheinung und verringert die Unterschiede.

Daß die aus der Monatsbilanz errechneten Werte mindestens größenordnungsmäßig brauchbar sind, zeigt ein Vergleich mit den in Gießen mit dem Popoff'schen Verdunstungsmesser ermittelten Werten. Die in Tab. 10 dargestellte Feuchtigkeitsbilanz für Gießen und Hohenheim bezieht sich nur auf die Tiefe von 0—25 cm. Zur Erklärung muß vorausgeschickt werden, daß es sich in Gießen um lehmigen Sand, in Hohenheim um sandigen Lehm und in beiden Fällen um unbewachsenen Boden handelt. Zum Ausgleich der unterschiedlichen Niederschlagsmengen benutzen wir die oben definierten „relativen Wasserverluste“. Diese stimmen im Verlauf gut überein, sind aber in Hohenheim, bedingt durch die verschiedenen Bodenarten, im allgemeinen etwas geringer. Ausnahmen bilden die Monate Juni und September, doch liegt dies daran, daß der Juni 1950 in Hohenheim ausnahmsweise trocken und warm, in Gießen dagegen feucht war, und damit die Verdunstung in Hohenheim wesentlich höhere Werte als in Gießen erreichen mußte. Im September wurde in Hohenheim die Wasserkapazität überschritten und ein großer Teil des Niederschlags ging als Sickerwasser verloren. Aus diesem Grunde konnte die Zunahme der Bodenfeuchte nicht mehr betragen.

Der Zeitraum für diese Bilanzen ist mit einem Monat jedoch willkürlich nach dem Kalender gewählt. Um die tatsächlichen Bodenfeuchteveränderungen in Abhängigkeit von dem jeweiligen Wassergehalt im Boden und der Witterung zu erfassen, dürfte es weitaus zweckmäßiger sein, bestimmte Perioden getrennt näher zu untersuchen.

Einen Überblick über die Feuchtigkeitsverhältnisse des bewachsenen und unbewachsenen Bodens sowie unter Fichtenstämmen und -stangen vermittelt Abb. 12, während die dazu gehörige Bilanzrechnung in Tab. 11 vorliegt. In der Zeit vom 16. 5. — 22. 8. 1950, also innerhalb von 98 Tagen, fielen 252 mm Niederschlag, d. h. im

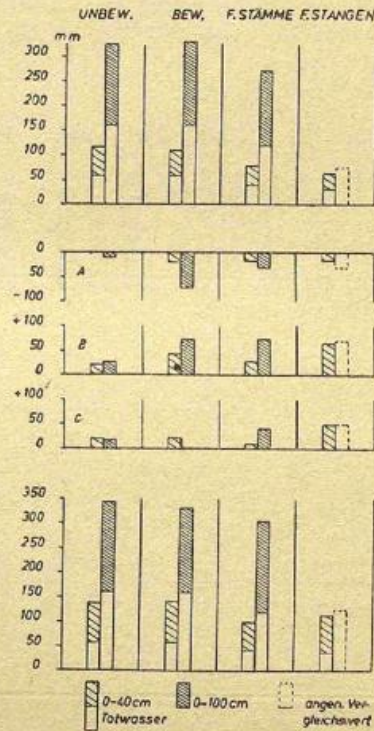


Abb. 12

Wasserbilanz von Acker, Wiese und Wald.  
Oben: Stand am 16. 5. Mitte: Veränderung, A: 16.5—22.8.  
N = 2,6, B: 22.8—19.9, N = 4,4, C: Mai-September N = 3,0.  
Unten: Stand am 19. 9.

Durchschnitt 2,6 mm pro Tag. Beim unbewachsenen Boden trat kaum eine Veränderung ein. Die übrigen untersuchten Flächen verzeichnen eine Abnahme des Wassergehaltes, die aber in der Zeit vom 22. 8. — 19. 9. 1950 mehr als ausgeglichen wird, so daß am Ende des Untersuchungszeitraumes der Feuchtebestand zugenommen hat. Um einen gewissen Anhaltspunkt zu geben, in welchen Schichten diese Veränderungen erfolgten, ist außer der gesamten Bodenfeuchte von 0—100 cm Tiefe auch noch der Wassergehalt der Schichten von 0—40 cm Tiefe angeführt. Als tägliche Veränderung in mm bei einem mittleren täglichen Niederschlag N in mm ergeben sich somit:

	Trockenperiode				Auffüllperiode				Gesamtzeit			
	$\Delta F$	N	V'	$V_R$	$\Delta F$	N	V'	$V_R$	$\Delta F$	N	V'	$V_R$
Unbew.	-0,1	2,6	2,7	103	+1,0	4,4	3,4	77	+0,2	3,0	2,8	94
Bew.	-0,7	2,6	3,3	127	+2,6	4,4	1,8	41	0,0	3,0	3,0	100
F. Stämme	-0,3	2,6	2,9	112	+2,6	4,4	1,8	41	0,3	3,0	2,7	91

In der ersten Periode war  $V_R$  durchweg größer als 100%, in der zweiten wesentlich kleiner als 100%. Leider ist man durch diese Betrachtung noch nicht in der Lage, Aussagen über die Verdunstung anzustellen, da sich in den langen Zeiträumen die Absickerung zu stark be-

merkbar macht. Bei der Untersuchung kürzerer Zeiträume ist dies jedoch schon eher möglich. Betrachtet man die Veränderung der Bodenfeuchte von einem Beobachtungstermin zum nächsten, dann, wenn zwischen diesen Terminen im rückwirkenden Mittel weni-

ger als 1 mm Niederschlag fiel, so kann man aus solchen Beobachtungen schon eher Schlüsse über die Verdunstung ziehen. Die Einführung des Begriffs „rückwirkendes Mittel“ (11) erscheint für diese Betrachtung aus folgendem Grunde zweckmäßig: die Bodenfeuchte wird entscheidend beeinflusst von der Verteilung der Niederschläge in den Tagen unmittelbar vor der Probeentnahme. Ein Niederschlag am Tag oder am Vortag der Probeentnahme wirkt sich stärker auf das Meßergebnis aus, als wenn dieselbe Menge schon 4—5 Tage vorher gefallen wäre. Infolgedessen schlägt Ramsauer vor, die einzelnen Tage ungleichmäßig zu bewerten. Bei einem 5tägigen Mittel erhält der Tag der Probeentnahme das Gewicht 1, die Vortage werden absteigend mit 4/5, 3/5, 2/5 und 1/5 bewertet, so daß beim Niederschlag die Formel für das fünftägige rückwirkende Mittel lautet:

$$\frac{1/5 N_{-4} + 2/5 N_{-3} + 3/5 N_{-2} + 4/5 N_{-1} + N_0}{1/5 + 2/5 + 3/5 + 4/5 + 1} =$$

$$\frac{0,2 N_{-4} + 0,4 N_{-3} + 0,6 N_{-2} + 0,8 N_{-1} + N_0}{3}$$

Da die Ausgangsbodenfeuchte dabei eine entscheidende Rolle spielt, wurden die Untersuchungen in zwei Gruppen geteilt:

1. Abtrocknungsperiode

Ausgangsstadium der Bodenfeuchte in der Schicht von 0—5 cm 23 Gew.% = 15 mm = 82% relative Bodenfeuchte.  
Endstadium  
15 Gew.% = 10 mm = 54% relative Bodenfeuchte.

2. Trockenperiode

Ausgangsstadium der Bodenfeuchte in der Schicht von 0—5 cm 15 Gew.% = 10 mm = 54% relative Bodenfeuchte.  
Endstadium  
kurz vor dem nächsten Regen.

Die Ergebnisse dieser Beobachtungen aus der Zeit von Mai bis Oktober 1950 sind in Abb. 13 und Tab. 12 dargestellt. Im oberen Teil der Abbildung werden die Verhältnisse in der Abtrocknungsperiode, im unteren Teil in der Trockenperiode wiedergegeben. Die zu den entsprechenden Perioden gehörigen meteorologischen Angaben sind folgendermaßen eingezeichnet: je höher die Temperatur und die Windstärke, je geringer die relative Luftfeuchtigkeit, desto länger die entsprechenden Säulen. Deren Höhe ist also für alle Faktoren direkt ein Maß für die Verdunstungskraft der Atmosphäre.

Man erkennt sofort die wesentlich größere Abnahme der Bodenfeuchte in der Abtrocknungsperiode und den geringeren Verlust in der Trockenperiode, obwohl hier die Verdunstungskraft der Atmosphäre größer war. Auch Geiger (8) wies bereits auf diese Tatsache hin. Die Abtrocknung des unbewachsenen Bodens, die im Sommer nach reichlicher Durchfeuchtung in regenarmen Zeiten sehr rasch vor sich geht, kann fast ausschließlich auf die Verdunstung zurückgeführt werden, so daß man keinen großen Fehler macht, wenn die Bodenfeuchteveränderungen innerhalb der verhältnismäßig kurzen, praktisch niederschlagsfreien Zeit als Verdunstung bezeichnet werden. Beim bewachsenen Boden setzt sich die Feuchtigkeitsabnahme aus der unproduktiven Verdunstung der Oberfläche und der produktiven Verdunstung durch die Pflanzen zusammen.

Zwar zeigt die Verdunstung auch einen jahreszeitlichen Gang in dieser Darstellung, doch ist dieser bei weitem nicht so ausgeprägt, wie die Unterschiede zwischen den beiden Perioden. Ausgangsbodenfeuchte und Niederschläge sind entscheidend für den zu erwartenden Endzustand. Unter Berücksichtigung dieser Tatsache ist deshalb eine Mittelbildung aus den Ergebnissen der einzelnen Perioden gerechtfertigt. Somit ergibt sich die mittlere tägliche Verdunstung in mm in der Zeit von Mai bis Oktober:

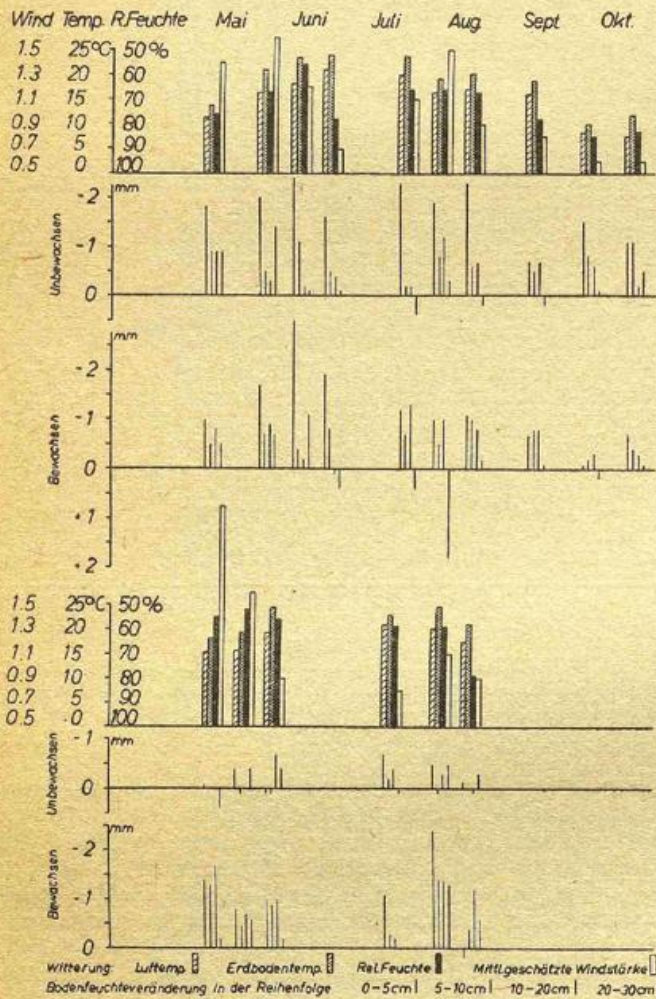


Abb. 13

Bodenfeuchteveränderung in Abhängigkeit von der Witterung. (Oben: in der Abtrocknungsperiode, unten: in der Trockenperiode.)

	Abtrocknungsperiode				Trockenperiode			
	0—5	5—10	10—20	20—30 cm	0—5	5—10	10—20	20—30 cm
Unbew.	-1,8	-1,1	-0,5	-0,3	-0,3	0,0	+0,1	-0,3
Bew.	-1,2	-0,6	-0,6	+0,1	-1,1	-0,8	-1,0	-0,5

Die Verdunstung des unbewachsenen Bodens beträgt an der Oberfläche in der Trockenperiode 1/6 der Menge, die täglich von einem feuchten Boden verdunstet, dagegen ist beim bewachsenen Boden kein nennenswerter Unterschied festzustellen.

Allerdings handelt es sich bei obigen Zahlen um Mittelwerte von 3—4 Tagen. Innerhalb dieser Zeit ist die Verdunstung an den einzelnen Tagen sehr verschieden, wie die tägliche Veränderung der Bodenfeuchte in mm beim Abtrocknen der Oberfläche in einer praktisch niederschlagsfreien Periode zeigt.

	Feinsandiger Lehm (Zuckerrüben)											
	0-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100	
<b>August</b>												
10.	25	24	20	17	14	16	17	17	18	19	20	
24.	23	22	18	17	15	16	17	16	16	16	17	
<b>September</b>												
5.	24	23	19	17	.	.	.	.	.	.	.	
11.	19	19	18	16	15	17	16	18	20	20	21	
25.	20	19	17	16	16	17	17	16	16	17	18	
<b>Oktober</b>												
9.	17	17	20	17	19	19	19	16	17	19	19	
16.	14	16	16	16	16	17	17	18	17	18	19	

**h) Spätkartoffelfeld**

Der Boden entspricht der Vergleichsparzelle

**Beobachtungszeitraum:**

13. Juni 1950 bis 19. September 1950 und 23. April 1951 bis 10. Oktober 1951

(Beobachtungen in 5- bzw. 10-cm-Stufen bis zu 100 cm Tiefe)

Phänologische Daten	1949	1950	1951
Bestellung	2. 5.	21. 4.	23. 4.
Aufgang	31. 5.	23. 5.	26. 5.
Blüte	6. 7.	24. 6.	—
Ernte	11. 10.	5. 10.	10. 10.

	Feinsandiger Lehm (Spätkartoffeln)											
	0-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100	
<b>1950</b>												
<b>Juni</b>												
13.	10	17	17	18	18	18	18	17	17	18	20	
27.	22	20	19	16	16	16	16	16	18	(18)	.	
<b>Juli</b>												
12.	16	15	15	15	16	15	15	15	16	18	20	
25.	26	24	21	15	15	15	15	15	15	16	.	

	Feinsandiger Lehm (Spätkartoffeln)											
	0-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100	
<b>August</b>												
8.	19	21	22	19	17	18	15	15	16	17	.	
22.	19	22	21	18	17	16	15	15	16	17	.	
<b>September</b>												
5.	31	31	26	23	22	22	20	18	17	17	19	
19.	28	27	25	22	23	21	20	18	19	20	.	
<b>1951</b>												
<b>Mai</b>												
8.	20	24	26	24	21	21	21	21	20	20	21	
22.	14	21	23	22	21	20	20	22	22	20	20	
30.	18	19	24	21	21	.	.	.	.	.	.	

<b>Juni</b>												
5.	26	24	25	23	20	20	20	21	20	20	20	
13.	24	25	25	25	22	.	.	.	.	.	.	
22.	15	18	21	22	20	20	20	22	21	21	20	
27.	23	23	22	20	.	.	.	.	.	.	.	
<b>Juli</b>												
4.	17	18	18	18	.	.	.	.	.	.	.	
6.	9	16	18	17	16	19	21	21	20	19	18	
11.	15	17	17	15	17	.	.	.	.	.	.	
17.	27	27	24	22	18	19	19	20	19	19	20	
27.	23	24	22	19	16	15	17	19	18	17	17	
<b>August</b>												
10.	24	24	23	21	16	15	16	18	18	18	17	
24.	25	24	23	22	17	16	17	16	17	17	16	
<b>September</b>												
5.	24	23	22	19	16	.	.	.	.	.	.	
11.	14	20	20	20	17	15	16	16	17	16	15	
25.	16	17	18	17	15	14	15	16	16	16	15	
<b>Oktober</b>												
9.	17	20	21	19	16	15	17	16	16	17	16	

