

2.68002
Deutscher Wetterdienst in der US-Zone

Zentralamt Bad Kissingen

Leiter: Prof. Dr. Ludwig Weickmann

230384
Berichte
des
Deutschen Wetterdienstes
in der US-Zone

Nr. 30

Die Untersuchung und Darstellung
der Bodenfeuchte

von

Dr. S. Uhlig, Bad Kissingen

(Aus der Klima-Abteilung des Zentralamts des Deutschen Wetterdienstes in der US-Zone)



Bad Kissingen, 1951

INHALT

- A. Die Bodenklima-Stationen und ihre Aufgaben
 - B. Der Boden
 - 1. Die Bodenarten
 - 2. Die Bodenstruktur
 - 3. Die Bodenfarbe
 - C. Die Bodenfeuchte
 - D. Die Bestimmung der Bodenfeuchte
 - 1. Die Auswahl der Versuchsflächen
 - 2. Zeitpunkt und Tiefe der Probenahmen
 - 3. Die Entnahme der Bodenproben
 - 4. Die Bestimmung der Bodenfeuchte in Gewichtsprozenten
 - E. Die Bodenfeuchte auf den Vergleichsflächen
 - 1. Unbewachsener Boden - Grasboden
 - 2. Die Mittel- und Grenzwerte der Bodenfeuchte
 - 3. Die Darstellung der Abweichungen vom mittleren Bodenfeuchte-Gehalt
 - 4. Die bodenklimatischen Verhältnisse im Jahre 1950 in der US-Zone
 - 5. Die Feuchte in verschiedenen Böden
 - 6. Die Schaffung homogener Bodenfeuchte-Meßreihen
 - 7. Die Abweichungen vom mittleren Bodenfeuchte-Verlauf
 - 8. Die Umrechnung der Bodenfeuchte-Werte in Volumenprozent
 - F. Die Bodenfeuchte unter verschiedenen Kulturen
 - 1. Notwendigkeit und Ziel der Bodenfeuchte-Untersuchungen unter Kulturen
 - 2. Die Mittel- und Grenzwerte der Bodenfeuchte unter Kulturen
 - 3. Die Abweichungen vom optimalen Bodenfeuchte-Verlauf unter Kulturen
 - 4. Der Wasserverbrauch der Kulturpflanzen
 - G. Die Regulierung der Bodenfeuchte
- Literatur
- Anhang
- 1. Die Bodenfeuchte-Meßwerte der Agrarmeteorologischen Station Heidelberg
 - 2. Die Bodenfeuchte-Meßwerte der Agrarmeteorologischen Forschungsstelle Geisenheim

Die Untersuchung und Darstellung der Bodenfeuchte

A. Die Bodenklima-Stationen und ihre Aufgaben

Die bodenklimatischen Verhältnisse finden in wasserwirtschaftlichen, land- und forstwirtschaftlichen Untersuchungen immer stärkere Beachtung. Als Beispiel kann man die Frage nach der Abhängigkeit der Aktivität der Mikroorganismen im Boden von der Bodenfeuchte und der Bodentemperatur nennen. Ein weiteres Problem ist der Zusammenhang zwischen dem Gang der Bodenfeuchte in tieferen Schichten und der für die Wasserwirtschaft so wichtigen Höhe des Grundwasserstandes. Die Feststellung der optimalen bodenklimatischen Verhältnisse unter landwirtschaftlichen Kulturen gestattet ein Urteil über die wirksamste Anwendung ertragssteigernder Maßnahmen, und den Fachreferenten der Landwirtschaftskammern sowie der Länder- bzw. Bundesministerien könnten die bodenklimatischen Beobachtungen vor allem zur Erklärung von Ernteausfällen und als unentbehrliches Hilfsmittel für die Erntevorausschätzung dienen.

Mit diesen Beispielen wurden einige von vielen Anwendungsmöglichkeiten aufgezeigt, die es erklären, daß sich zahlreiche Interessenten um die Beschaffung bodenklimatischer Daten bemühen. Eine ausdrückliche Begründung für die Notwendigkeit von Bodenklima-Stationen gibt *Brouwer* (1)*, indem er schreibt, „die Bodeneigenschaften sollten laufend in den verschiedenen Schichten des Wurzelwachstums aufgezeichnet und mit den Ernteerträgen in Beziehung gesetzt werden. Denn“ — so heißt es weiter — „der Einfluß der Witterung überragt alle anderen, wie Bodenbearbeitung, Düngung usw.“ Während man sich aber über die Schwankungen der Bodentemperatur in den verschiedenen Tiefen schon seit längerer Zeit direkt unterrichtet — vor allem mit Hilfe von Quecksilberthermometern verschiedener Länge —, zieht man zur Beurteilung des Bodenwassergehaltes noch immer vorwiegend die in 1 m Höhe über dem Erdboden gemessenen Niederschlagssummen heran. Die Ergebnisse der Niederschlagsmessungen liefern aber keine brauchbaren Angaben darüber, wieviel Wasser einem Feldstück tatsächlich zugute kommt, weil schon die Meßmethode mit Fehlern behaftet ist, weil der oberflächliche Abfluß nicht berücksichtigt wird und weil schließlich ein Teil des Niederschlags von den Pflanzen aufgefangen wird und deshalb nie den Boden erreicht. In dem Bestreben, sich den Erfordernissen der Praxis anzupassen, hat der Deutsche Wetterdienst deshalb nach dem zweiten Weltkrieg neben den bereits laufenden Untersuchungen des Bodenwärmehaushalts auch noch mit regelmäßigen Bodenfeuchte-Untersuchungen begonnen.

In anderen Staaten, vor allem in Rußland, wo sich Dürrejahre regelmäßig wiederholen, gehört die Erforschung der Bodenfeuchte schon seit langem zu einer der Hauptaufgaben des Wetterdienstes. In Deutschland stellten die bereits bestehenden Agrarmeteorologischen Forschungsstellen eine gute Grundlage für das neu zu schaffende Bodenfeuchte-Meßnetz dar, das gegenwärtig in allen vier Besatzungszonen etwa 30 Stationen umfaßt. Den Anstoß zu diesen Untersuchungen auf

breiter Basis gaben vor allem *Knoch*, *Schnelle* und *Mäde*. Von den Landbauwissenschaftlern, deren Arbeiten die Grundlage für die netzmäßigen Bodenfeuchte-Messungen schufen, sind namentlich *Baumann*, *Freckmann*, *Brouwer* und *Gliemeroth* zu nennen. Die unselige Spaltung des Wetterdienstes in sechs Zonen- bzw. Länderwetterdienste hat nun zur Folge, daß eine einheitliche Durchführung der Bodenfeuchte-Untersuchungen und eine zentrale Auswertung der Meßergebnisse nicht möglich ist. In der vorliegenden Arbeit können deshalb — entsprechend der Zugehörigkeit des Verfassers zu einem dieser Klein-Gebilde — nur die Verhältnisse in der US-Zone erörtert werden, wo sich gegenwärtig die Stationen Gießen, Geisenheim, Heidelberg, Stuttgart-Hohenheim, Würzburg, Weissenburg/Bayern und Weihenstephan bei Freising mit Fragen des Bodenwasserhaushalts befassen. Die Abbildung 1 zeigt die Lage dieser Stationen, von denen sich

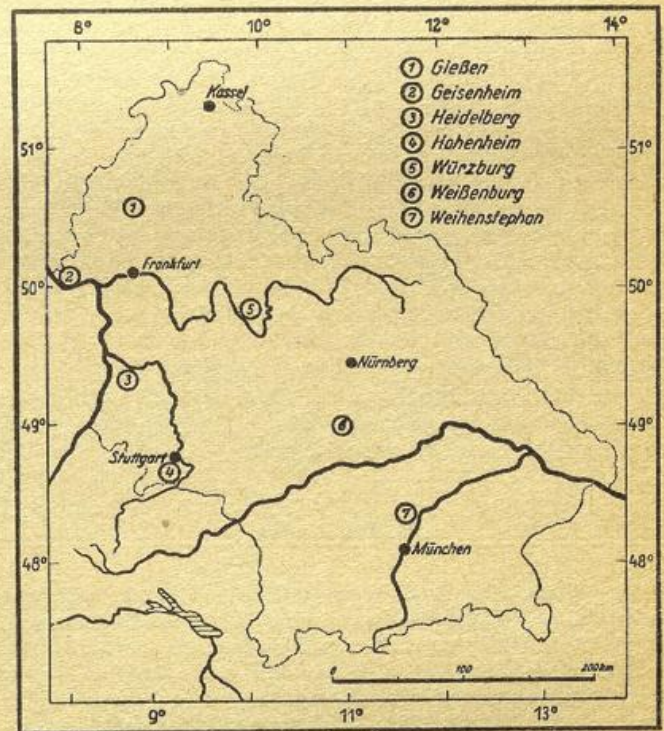


Abb. 1
Die Bodenklima-Stationen der US-Zone

glücklicherweise vier in der Nähe landwirtschaftlicher Hoch- bzw. Fachschulen befinden, so daß die Beobachtungswerte nicht nur den Zielen des Wetterdienstes dienen, sondern auch für Institutsarbeiten, Dissertationen usw. leicht erreichbar und gut zu brauchen sind. Eine Zusammenarbeit beider Fachrichtungen auf diesem Gebiet ist ja unerlässlich. Dabei kann der Wetterdienst dem Landwirt vor allem ein zentral gelenktes Beobachtungsnetz bieten, das für großräumige Untersuchungen eine notwendige Voraussetzung ist. Außerdem liegen an den einzelnen Stationen längere Beobachtungsreihen über die meteorologischen Elemente

* Die eingeklammerten Zahlen verweisen auf das Literatur-Verzeichnis.

bereits vor, die zusammen mit den bodenklimatischen Meßergebnissen einmal eine Antwort auf die Frage geben sollen, wie der Ablauf der Witterung während der Vegetationsperiode zur Erzeugung maximaler Ernteerträge sein muß. Sind die Zusammenhänge zwischen dem Verlauf der Schwankungen der Bodenfaktoren während der Vegetationszeit und dem Ernteertrag einmal bekannt, so lassen sich gewiß auch geeignete Maßnahmen zur Ertragssteigerung finden.

Die an einer Zentrale zusammenlaufenden Meldungen werden zu regionalen Übersichten zusammengefaßt, die man zu Vergleichen mit den Verteilungskarten der einzelnen meteorologischen Elemente oder auch mit den phänologischen Karten heranziehen kann. Die regionale Betrachtungsweise erfordert zunächst die Schaffung und Erprobung geeigneter Darstellungsmethoden, worauf in dieser Arbeit noch näher eingegangen wird.

Eine Auswertung der Untersuchungen für die Praxis ist immer das Ziel der Arbeit des Wetterdienstes. Die Agrarmeteorologischen Monatsberichte der Stationen Gießen, Geisenheim, Hohenheim und Weihenstephan, der monatliche „Witterungsbericht“, die täglich erscheinende „Wetterkarte“ und die über den Rundfunk verbreiteten Hinweise zum Bodenwasserhaushalt tragen die Bodenfeuchte-Meßergebnisse schon in die Öffentlichkeit. Es erscheint aber angebracht, mit dieser Schrift den Blick eines größeren Kreises von Interessenten auf dieses spezielle Arbeitsgebiet der Agrarmeteorologie und auf diese Quelle umfangreichen Beobachtungsmaterials zu lenken.

Wenn auch — wie es der Titel verlangt — in der vorliegenden Arbeit die Betrachtung der Bodenfeuchte-Untersuchungen im Vordergrund steht, so war der Verfasser doch bestrebt, das zweite Hauptelement des Bodenklimas, nämlich die Bodentemperatur, weitgehend mit einzuflechten. Wie schon gesagt, wird dieses Element seit bedeutend längerer Zeit und an weit mehr Stationen beobachtet als die Bodenfeuchte. Die Ergebnisse wurden von Geiger (2) in übersichtlicher Form zusammengestellt. Die gemeinsame Betrachtung beider Elemente ist die Aufgabe der Bodenklimastationen; daß man bei Untersuchungen des Bodeneinflusses auf die Vegetation beide nicht voneinander trennen kann, soll durch ihre hier gegebene gleichzeitige Erwähnung unterstrichen werden.

Für die noch nicht mit der Bodenkunde vertrauten Leser sei eine kurze und einfache diesbezügliche Betrachtung der Arbeit vorangestellt.

B. Der Boden

Im Sinne der Landwirtschaft ist „Boden“ der gesamte von Pflanzenwurzeln durchzogene Bodenraum, d. h. also nicht nur die mit Ackergerät bearbeitete, sondern eine bedeutend tiefer reichende Schicht, wenn man bedenkt, daß die Kartoffeln ihre Wurzeln bis 60 cm, das Getreide bis 150 cm und Futtergräser sowie Bäume noch tiefer erstrecken. Ein Teil dieses Bodenraumes wird von fester Bodensubstanz ausgefüllt, d. h. von den aus dem Gestein durch chemische und physikalische Verwitterung hervorgegangenen Bodenteilchen und den Humusteilchen, also den verwesenden Pflanzenresten sowie den tierischen Abfallstoffen. Das übrig bleibende Hohlraumvolumen, der eigentliche Lebensraum der Pflanzenwurzeln, wird ausgefüllt von dem Bodenwasser und der Bodenluft. Diese einzelnen Bestandteile des Bodens müssen in einem guten Verhältnis zueinander stehen, wenn die Pflanzen und Kleinlebewesen in dem Boden Lebensmöglichkeiten finden sollen. Schon bei einer oberflächlichen Betrachtung der Böden erkennt man an ihrer unterschiedlichen Farbe, daß sie offenbar ganz verschiedene Eigenschaften haben; eine eingehende Untersuchung beweist

dann, daß die feste Bodensubstanz an verschiedenen Orten eine ganz verschiedene Größe ihrer Bestandteile sowie eine unterschiedliche Lagerung dieser Bestandteile zueinander hat.

1. Die Bodenarten

Wird eine Bodenprobe in einen mit Wasser gefüllten Glasbehälter geworfen und gut durchgeschüttelt, so sieht man — wenn man den Behälter wieder ruhig hält —, daß sich die groben Teile (Steine, Kies, Grobsand) rasch absetzen, während die feineren Teilchen (Feinsand, Staubsand) hierzu längere Zeit brauchen. Die feinsten organischen und anorganischen Teilchen aber, die man „Abschlämbbares“ (Durchmesser kleiner als $\frac{1}{100}$ mm) und „Ton“ ($\frac{2}{100}$ mm) nennt, halten sich noch sehr lange in der Schwebe. Diese verschiedenen großen Teilchen sind nun in allen Böden in wechselnden Mengen zu finden; überwiegen die feinsten Korngrößen, so spricht man von Tonböden oder „schweren“ Böden (weil schwer zu bearbeiten); sind die größeren Teilchen in der Überzahl, dann liegen Sandböden oder „leichte“ Böden vor. Bei einem günstigen Verhältnis von Ton und Sand spricht man von Lehm Böden.

Diese drei Bodenarten, die sich nach ihrer Korngrößenzusammensetzung, nach ihrer „Textur“, unterscheiden, geben das Gerüst ab für eine ganze Skala von Zwischenstufen, die Roemer und Scheffer (3) wie folgt einteilen:

	Sand	bis 10% Abschlämbbares	
Sandboden	anlehmiger Sand	10—20%	„
	lehmiger Sand	bis 25%	„
Lehmboden	stark sandiger Lehm	25—30%	„
	sandiger Lehm	30—35%	„
	Lehm	35—65%	„
Tonboden	lehmiger Ton	65—75%	„
	Ton	mehr als 75%	„

Eine Bodenart ist für die Landwirtschaft um so günstiger, je weniger extrem ihre Zusammensetzung ist. Das gleiche gilt für die beiden anderen Faktoren, von denen die Leistungsfähigkeit unserer Böden in starkem Maße abhängt, nämlich für Kalk und Humus, deren Berücksichtigung die Bodenarteneinteilung vervollständigt. Man nennt Böden mit 20—40% CaCO_3 (Calciumcarbonat) Mergelböden; Böden mit mehr als 40% Calciumcarbonat Kalkböden, und

leichte Böden mit	1—2%	Humus:	schwach humose Böden
„	2—4%	„	: humose Böden
schwere „	2—5%	„	: schwach humose Böden
„	5—10%	„	: humose Böden
Böden mit	10—20%	„	: anmoorige Böden
„	mehr als 20%	„	: Torfböden od. Moorböden.

Der Landwirt weist auf die physikalischen und chemischen Eigenschaften hin, indem er die Böden nach beiden Charakteristiken benennt; er spricht beispielsweise von humosem Sand, humosem anlehmigen Sand usw.

Enthält ein Boden nur Teilchen mit mehr als 0.2 mm Durchmesser, so ist er kaum noch dazu in der Lage, Wasser zu binden; er wird es durch eine rasche Versickerung wieder verlieren. Wird die Korngröße kleiner, dann nimmt die wasserhaltende Kraft zu. Auch die Wasserbeweglichkeit steigt in diesem Falle an, aber — im Gegensatz zur wasserhaltenden Kraft — nur bis zu einem bestimmten kritischen Punkt. Überwiegen dann die allerfeinsten Teilchen, so nähert sich die wasserhaltende Kraft ihrem Maximum, während die Wasserbeweglichkeit schon wieder stark abgesunken ist.

Mit ihrem Reichtum an Nährstoffen besitzen die Tonböden gute chemische, aber schlechte physikalische Eigenschaften, d. h. es fehlt ihnen eine ausreichende

Luftzirkulation und Wasserbeweglichkeit. Die Sandböden dagegen besitzen gute physikalische, aber schlechte chemische Eigenschaften, da sie die organischen Bestandteile nicht zu halten vermögen, sondern diese durch Ausschwemmen sowie durch Oxydation (Durchlüftung) und Kalkarmut rasch wieder verlieren. Die Lehmböden stehen — wie bereits gesagt — in ihrer Zusammensetzung und in ihren Eigenschaften zwischen den Sand- und Tonböden.

Humus bestimmt maßgebend die Fruchtbarkeit eines Bodens sowie dessen Wasserhaushalt; er vermag 5—10 mal, unter Umständen sogar 50mal soviel Nährstoffe und Wasser zu binden, wie der anorganische Ton. Unsere fruchtbarsten Böden enthalten kalkgesättigten Humus. Wird dem Humus der Kalk entzogen, so wird er „sauer“ und die günstigen Eigenschaften gehen ihm verloren.

Aber noch eines ist wichtig, nämlich die biologischen Eigenschaften eines Bodens, die ebenfalls eng mit den physikalischen und chemischen Eigenschaften zusammenhängen. Die Entwicklung der Bakterien, deren Vorhandensein für den Bodenzustand von großer Bedeutung ist, sowie die Entwicklung der Bodenpilze wird in den schweren Böden stark gehemmt; eine regsame biologische Tätigkeit dieser Mikroorganismen im Boden ist nur bei guter Durchlüftung, d. h. also in sandigen oder lehmigen Böden, zu erwarten. Darüber hinaus bedingen die Bodentemperaturen und die Bodenfeuchteverhältnisse eine verschieden intensive Tätigkeit dieser Mikroorganismen.

2. Die Bodenstruktur

Für die Beurteilung eines Bodens ist neben der Textur die Bodenstruktur von großer Bedeutung, d. i. die Art der Lagerung der Bodenteilchen zueinander. So werden bei einer Lagerung, wie sie Abb. 2a zeigt, größere Hohlräume geschaffen, als bei jener der Abb. 2b. Lockere Lagerung mit großen Hohlräumen erfordert von den Pflanzen nur eine geringe Arbeitsleistung zum Durchdringen des Erdreichs mit Wurzeln, gestattet eine

bessere Durchlüftung des Bodens und läßt das Regenwasser leichter eindringen. Andererseits versickert aber in den großen Hohlräumen das eingedrungene Wasser auch schneller wieder. Diese Verhältnisse liegen praktisch bei Sandböden und bei stark sandigen Lehmen

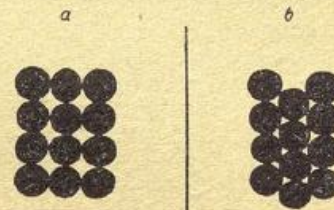


Abb. 2
Die Bodenstruktur

vor, da zwischen den größeren Bodenkörnern zwangsläufig auch größere Hohlräume entstehen. Lehmböden besitzen — wie wir schon erfahren haben — ein besseres Festhaltevermögen für Wasser, da sie auf Grund ihres größeren Reichtums an den kleinsten Bodenteilchen über genügend Hohlräume mit kapillarem Durchmesser verfügen. Da nun die Bodenteilchen danach streben, sich so dicht wie möglich zu lagern, wird sich der Boden nach und nach setzen und das gesamte Porenvolumen laufend verringern. Aus diesem Grunde ist eine ständige Auflockerung durch die Bodenbearbeitung vonnöten, besonders bei jenen Böden, die Einzelkornstruktur aufweisen, d. h. bei denen die einzelnen Teilchen ohne jede Bindung nebeneinander liegen (Abbildung 3a). Glücklicherweise herrscht aber in unseren deutschen Böden die „Krümelstruktur“ vor, dabei sind mehrere große und kleine Einzelbodenkörner miteinander zu einem Krümel verbunden. Unsere Abbildung 3 zeigt, daß durch die Überführung von Einzelkorn- in Krümelstruktur eine Vermehrung des Bodenvolumens durch Ausweitung des Porenvolumens zustande kommt, und daß diese Vergrößerung um so stärker ist, je mehr Einzelkörner zu einem Krümel vereinigt werden.

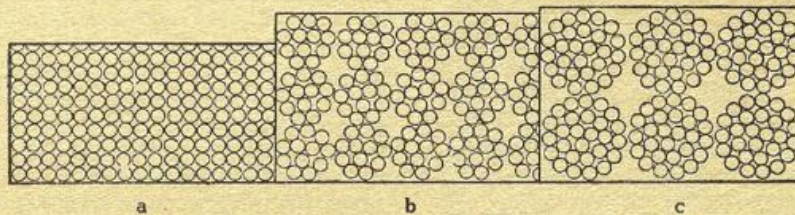


Abb. 3
Schematische Darstellung der Boden Hohlräume bei gleichgroßen Korn- und wechselnden Krümelgrößen (nach Roemer-Scheffer)

Das Krümelgefüge wird in erster Linie durch chemische Vorgänge im Boden erzielt, dann aber auch durch die mechanische Vereinigung von Bodenteilchen infolge der Tätigkeit der Bodentiere, insbesondere der Regenwürmer, die außerdem aus ihren Drüsen Kalk absondern, der für die Krümelbeständigkeit sehr wesentlich ist. Ferner entstehen Krümel dadurch, daß die höheren Pflanzen mit ihren Wurzelhärchen in die Bodenteile eindringen und sie auf diese Weise miteinander verbinden. Eine wesentliche Rolle spielt auch der Bodenfrost. Beim Gefrieren dehnt sich das Wasser aus und zersprengt die Erdschollen mit ihren dicht aneinander gepreßten Bodenteilchen. So entstehen Krümel und damit auch Hohlräume. Der gleiche Effekt wird bei der Bodenbearbeitung erzielt, die überdies noch durch das Einbringen von Düngemitteln in den Boden die Krümelbildung fördert.

Ein Boden mit Krümelstruktur ist lockerer als ein solcher mit Einzelkörnern; er weist Hohlräume sehr verschiedener Größe und Form auf. Innerhalb der Krümel und dort, wo die nebeneinander liegenden Krümel sich eng berühren, treffen wir kapillare Hohlräume mit weniger als 0,03 mm Durchmesser an; hier wird das Bodenwasser lange festgehalten. Zwischen den Krümeln werden nichtkapillare Hohlräume gebildet, die entweder mit Luft oder vorübergehend mit absinkendem Wasser gefüllt sind. Wasser und Luft sind also in den Böden mit einer guten Krümelstruktur gleichzeitig in ausreichendem Maße vorhanden. Dies kann man mit Hilfe von Strukturmessungen belegen; das Ergebnis einer solchen, die auf einem sandigen Lehmboden unserer Agrarmeteorologischen Station in Hohenheim bei Stuttgart durchgeführt wurde, zeigt die Abb. 4. Hier wurde das gesamte Bodenvolumen gleich

100% gesetzt. Von der festen Substanz werden 50—60% des Bodens eingenommen, der Rest steht dem Bodenwasser und der Bodenluft zur Verfügung. Am besten ist ein Boden aufgebaut, der Krümel von 2—4 mm Durchmesser hat; dies setzt das Vorhandensein von Humus und einen mäßigen Tongehalt voraus sowie

sächlich zugute kommt, weil die Niederschlagsmeßmethode mit Fehlern behaftet ist, weil der Tauniederschlag, der Reif und der nässende Nebel nicht mit erfaßt werden, und weil außerdem ein Teil des Regens von den Pflanzen aufgefangen wird und deshalb nie den Boden erreicht. Schnee und Regen sind — mit den

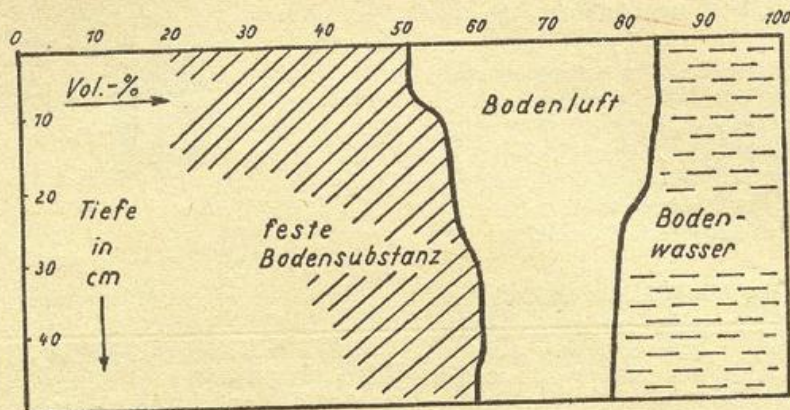


Abb. 4
Struktur-Messung auf dem Versuchsfeldboden in Hohenheim
am 29. 8. 1949

einen gewissen Kalkgehalt, der die Krümel widerstandsfähiger und den Boden als Lebensraum für die Kleinlebewesen und Bakterien geeignet macht.

Geht die krümelige Anordnung der Bodenteilchen verloren, so geht das Porenvolumen zurück und damit auch die Wasser- und Luftkapazität. Die Krümelbildung herrscht bei den mittleren Böden vor; sie fehlt bei schweren, tonigen Böden und ebenso bei den lockeren Sanden.

3. Die Bodenfarbe

Auch die Farbe eines Bodens beeinflusst dessen Klima, wengleich diesem Faktor eine geringere Bedeutung zukommt als der Textur und der Struktur. Die Hauptbestandteile des Bodens, nämlich Quarz, kohlenaurer Kalk und Ton, sind an sich farblos. Böden, die nur aus diesen Stoffen bestehen, erscheinen wegen ihrer feinen Verteilung und der dadurch bewirkten Reflexion des Lichtes weiß. Aber schon geringe Beimengungen farbiger Stoffe können die Farbe des Bodens stark beeinflussen. So färbt Humus den Boden grau bis schwarz; dabei werden Sande schon durch 0.2—0.5% Humus deutlich grau gefärbt, bei 2—4% ist Sandboden schon tiefgrau und bei 5—10% schwarz gefärbt. Hingegen werden Lehm- und Tonböden nicht so deutlich gefärbt. Für die gelben bis braunen Farben sind das rote Eisenoxyd und das braune Eisenoxydhydrat verantwortlich (Lehm- und Tonböden enthalten oft 5—10% Eisenverbindungen). Der Farbton der Böden verändert sich mit deren Feuchtegehalt (4). Eine ausführliche Zusammenfassung über die bodenkundlichen Grundlagen gibt W. Baier (13).

Diese so verschiedenen physikalischen und chemischen Eigenschaften der einzelnen Bodenarten bedingen natürlich auch eine verschiedene Reaktion auf die Einwirkung der meteorologischen Elemente, d. h. vor allem auf die Strahlung, die Temperatur und den Niederschlag, und sind derart die Ursache für die starken bodenklimatischen Unterschiede, die man oft zwischen nahe beieinander gelegenen Standorten feststellen kann.

C. Die Bodenfeuchte

Wie schon festgestellt, liefern die in 1 m Höhe gemessenen Niederschlagssummen keine genauen Angaben darüber, wieviel Wasser einem Feldstück tat-

Augen des Landwirts gesehen — ebensowenig einander gleichwertig wie langdauernde „Landregen“ und kurze Schauer, da der Boden bei gleichen Niederschlagsmengen eine verschiedenen große Wasserzufuhr erhält. Bei starker Niederschlagsintensität vermag der Boden nicht alles Wasser gleich aufzunehmen und es fließt ein Teil oberflächlich ab.

Der fallende Regen oder der geschmolzene Schnee dringen in den Boden ein, und zwar je nach der Art eines Bodens, seiner Struktur und seinem Feuchtezustand verschieden rasch und verschieden tief. Das zunächst in den größeren Poren zwischen den Krümeln einsickernde Wasser wird von den feinen Spalten und Poren zwischen den Bodenteilchen der Krümel und von den Bodenteilchen selbst angesaugt und hier als Haftwasser festgehalten. Je mehr kleine Hohlräume bereits abgesättigt sind, d. h. je feuchter der Boden bereits ist, desto günstiger werden die Bedingungen für die Wasserbewegung im Boden, desto schneller wird das Regenwasser nach der Tiefe vordringen. Nach einem Regen sind die Poren aller Größen — mindestens in der obersten Bodenschicht — restlos mit Wasser gefüllt. Aber dieser Zustand bleibt nicht lange erhalten; das nicht gebundene Wasser sickert in den großen Poren ab oder wird nach tieferen Schichten gesaugt, sofern es nicht vorher wieder an der Oberfläche verdunstet ist. Das absickernde Wasser wird mit Hilfe der *Lysimeter* bestimmt, von denen sich die größten in *Gießen* (5), *Eberswalde* (6) und *Dortmund* befinden. Daneben werden neuerdings noch *Kleinlysimeter* von nur 25×400 cm³ Bodenmasse (System *Popoff*) verwendet (7). Je nachdem, ob das Sickerwasser Bodenrisse, Wurmgänge und Löcher, die großen Bodenporen oder Kapillaren als Wanderwege benutzt, wird es eine Wegstrecke verschieden schnell zurücklegen. Die Sickergeschwindigkeit ist mit Hilfe der Bodenfeuchtemessungen nachweisbar. Beispielsweise zeigt die Abbildung 5, wie eine Feuchte-„Säule“ im Dezember etwa innerhalb von 20 Tagen aus einer Schicht von 10—20 cm in eine solche zwischen 45 und 90 cm abgesickert ist; das entspricht etwa einer Geschwindigkeit von 45 cm pro Monat. Das Sickerwasser vereinigt sich schließlich mit dem Grundwasser, worunter wir die Wasseransammlungen auf undurchlässigen Bodenschichten verstehen.

Mit der vom Wetterdienst bei den Bodenfeuchte-Untersuchungen angewandten Bohrmethode wird alles augenblicklich in der betreffenden Bodenprobe enthaltene Wasser erfaßt, also sowohl das festgehaltene

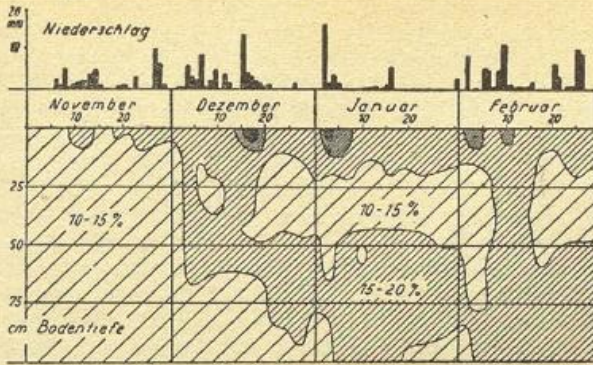


Abb. 5

Die Bodenfeuchte im Winter 1949/50 in Heidelberg-Grenzhof (sandiger Lehm)

D. Die Bestimmung der Bodenfeuchte in Gewichtsprozenten

1. Die Auswahl der Versuchsflächen

Grundprinzip für den Ausbau eines Bodenfeuchte-Netzes ist die Schaffung gleicher Bedingungen für die Probenahme. Beobachtet wird zunächst an allen Stationen grundsätzlich auf einer „Vergleichsfläche“, d. h. auf einem genügend großen unbewachsenen und unbearbeiteten Bodenstück, das in der Nähe einer meteorologischen Station liegen soll. Die hier herrschende Bodenfeuchte wird weder durch die im Jahresablauf wechselnden Wasseransprüche der Pflanzen, noch durch die Bodenbearbeitung beeinflusst. Diese Vergleichsflächen an den einzelnen Stationen unterscheiden sich nur noch durch ihre Bodenart und ihre Struktur voneinander; einen gewissen Ausgleich kann man hier noch durch die Auswahl mittlerer Böden schaffen. In einigen Fällen wird das aber nicht möglich sein, da man ja auch darauf achten soll, daß ein Versuchsboden ausgewählt wird, der den in der betreffenden Gegend am meisten verbreiteten Böden entspricht. Die Messungen sollen in natürlich gewachsenen und nicht in künstlich aufgeschütteten Böden (Lysimeter) angestellt werden. Außerdem ist darauf zu achten, daß die Vergleichsfläche ständig von Pflanzen (Unkraut) frei ist und daß für die Probenahme immer die gleiche Fläche benutzt wird. Es ist nicht statthaft, daß die Proben von einer Fläche genommen werden, an der die Pflanzen abgeerntet wurden, die also nur zufällig gerade frei ist und bei einer Neubepflanzung wieder verlassen werden muß. Der Boden soll horizontal und gleichmäßig tiefgründig sein, damit der Oberflächenabfluß möglichst gemindert wird und damit überall bis 1 m Tiefe Proben entnommen werden können. Ferner soll der Boden möglichst keine Steine enthalten. Die Vergleichsfläche soll so ausgewählt sein, daß die Beeinflussung durch Gebäude, Zäune, Heckenstreifen und Bäume oder durch orographische Eigenheiten (Tallage) und durch Waldnähe ausgeschaltet wird. Außerdem soll der Boden weder zu naß (Wiesentalgrund) noch zu trocken (steile Hänge, Kiesköpfe) sein. Die Messungen auf den Vergleichsflächen liefern Festwerte, auf welche die verschiedenen sonstigen Untersuchungsergebnisse jederzeit bezogen werden können.

Neben den Untersuchungen auf den „Vergleichsflächen“ sind noch Messungen unter Pflanzenbeständen notwendig. Da die einzelnen Pflanzenarten einen starken und sehr unterschiedlichen Einfluß auf den Wassergehalt des Bodens ausüben, müssen die Untersuchungen überall unter den gleichen Kulturpflanzen durchgeführt werden, und zwar unter solchen, die auf möglichst allen Böden vorkommen und im Wasserbedarf während des Jahres charakteristische Unterschiede zeigen. Nach Möglichkeit sind auszuwählen:

1. ein Winterroggenfeld (möglichst Petkuser) und
2. ein Spätkartoffelfeld (die in dem betr. Gebiet am meisten angebaute Sorte).

Unter diesen Kulturpflanzen lassen sich die Bedingungen nicht so leicht gleichmäßig halten wie unter unbewachsenem Boden. Man wird dieses Ziel aber anstreben müssen. Am idealsten erscheint es, eine etwa 400 qm große Fläche mehrere Jahre hindurch im Wechsel mit Winterroggen und Spätkartoffeln zu bestellen. Nach dem Winterroggen wird Gründüngung ausgesät oder Stallmist aufgebracht. Beim Aussäen von z. B. 10mal 20 qm Winterroggen sind zwei Drillreihen durch entsprechendes Totlegen eines Drillschares auszulassen. In den so entstehenden Gängen, die jährlich zu verlegen sind, werden die Bodenproben entnommen. Im Kartoffelfeld werden die Proben zwischen den Dämmen entnommen.

Haftwasser als auch das in Bewegung befindliche Sickerwasser. Wir ermitteln einen Summenbegriff, nämlich „die Bodenfeuchte“, das ist ein Wert, der angibt, wieviel Wasser ein in das Bodenstück hineingewachsenes Wurzelende zur Zeit der Messung aufnehmen könnte. Damit gewinnen wir sofort eine Vorstellung über den Bodenwasserhaushalt und sind nicht gezwungen, die ihn beeinflussenden Einzelfaktoren, wie Niederschlag, Abfluß, Verdunstung und Versickerung gegeneinander aufzurechnen.

Der Begriff „Bodenfeuchte“ ist schon seit langem in der landwirtschaftlichen Bodenkunde gebräuchlich und es empfiehlt sich, ihn deshalb beizubehalten, auch wenn er heute von verschiedenen Seiten angegriffen wird. Man muß sich nur auf eine bestimmte Definition einigen. Ramsauer (8), der den Begriff „Bodenfeuchte“ in letzter Zeit besonders propagierte, will darunter alles Bodenwasser in tropfbarer Form verstehen, das den Bodenkräften (Adhäsion, Kapillarität) noch ausgesetzt ist. Das Wort „Bodenwasser“ zu wählen, empfiehlt Ramsauer nicht, da sich damit zu sehr die Vorstellung des Fließens unter Schwereeinfluß verbindet, der aber nur für einen Teil des Bodenwassers wirksam ist. Das Grundwasser soll nicht unter den Begriff der Bodenfeuchte fallen, da es die spannungsfreien Boden- und Gesteinshohlräume zusammenhängend ausfüllt und nur dem Ruhedruck des Wassers folgt.

Die so definierte „Bodenfeuchte“ läßt sich aber nicht eindeutig feststellen, da man das lediglich unter Schwereeinfluß stehende Bodenwasser bei den Messungen nicht ausschalten kann. Versteht man aber unter „Bodenfeuchte“ alles Wasser, das im Augenblick der Bodenprobe-Entnahme den Pflanzen tatsächlich zur Verfügung stand (einschließlich des „toten“ Wassers), so gibt es keine Schwierigkeiten mehr, denn dieses Wasser wird auch in der ausgestochenen Bodensäule enthalten sein. Steht das Grundwasser nur in 60—70 cm Tiefe, so wird es bei den bis 1 m Tiefe reichenden Bohrungen mit erfaßt werden, was ja auch nicht als Mangel angesprochen werden kann, da dieses Wasser den Landwirt ebenso interessiert wie etwa das kapillar gehaltene.

Zur Bestimmung der Bodenfeuchte wird neben Methoden, die sich der elektrischen bzw. der Wärmeleitfähigkeit des Bodens bedienen, die im Abschnitt D auf Grund der Erfahrungsberichte verschiedener Meßstellen beschriebene Bohrmethode wohl am meisten angewandt. Es soll nicht verschwiegen werden, daß diese Arbeitsweise nicht voll befriedigt; sie ist grob, anstrengend und stellt große Anforderungen an das Material. Trotzdem eignet sie sich z. Z. noch am besten für netzmäßige Untersuchungen und wird deshalb auch von den Stationen des Wetterdienstes angewandt.

Wo es der Arbeitsplan und die personelle Besetzung einer Dienststelle ermöglichen, werden noch Bodenfeuchte-Untersuchungen unter einer kurzgehaltenen Rasendecke, z. B. im Klimagarten, und im Wald empfohlen. Die Messungen im grasbewachsenen Boden bieten den Vorteil, daß man die hier gewonnenen Werte das ganze Jahr hindurch mit dem unbewachsenen Boden vergleichen kann.

2. Zeitpunkt und Tiefe der Probenahmen

Die üblichen Meßtage für die Untersuchungen auf der Vergleichsfläche sind Dienstag und Freitag. Die Proben werden bis zu 1 Meter Tiefe entnommen, und zwar morgens. Unter den Kulturen kann an den anderen Wochentagen die Probeentnahme durchgeführt werden. Es muß aber auch hier darauf geachtet werden, daß in den oberen Bodenschichten — bis zu 50 cm Tiefe — wenigstens einmal wöchentlich gebohrt wird. In den tieferen Bodenschichten genügt eine vierzehntägige Probeentnahme.

Auf der Vergleichsfläche wird das ganze Jahr über ohne Lücken gemessen, unter den Kulturen mindestens von der Aussaat bis einen Monat nach der Ernte.

3. Die Entnahme der Bodenproben.

Mangels einfacherer und genauerer Methoden wird zur Zeit noch die Bohrmethode angewandt. Verwandt werden nach unten konisch auslaufende Rillenbohrstöcke, System *Pürkhauer* (von *Lautenschläger*, München). Am spitzen Ende zeigt die Rille einen lichten Durchmesser von 15 mm; die Spitze ist auf der Außenseite beigeschliffen, so daß die Innenwand der Rille als scharfe Kante ausläuft. Die Bohrstöcke werden stark abgenutzt und müssen von Zeit zu Zeit nachgeschärft werden. Der Bohrer wird, Hohlseite vom Körper abgewendet, senkrecht in den Boden gedrückt. Sobald Widerstand auftritt, wird durch halbkreisförmiges Hin- und Herdrehen (nicht Bohren) unter Druck weitergearbeitet. Bei stärkerem Widerstand werden einige Bohrbewegungen gemacht und dann wieder wie vorher weitergearbeitet. Erst bei großem Widerstand ist dauernd zu bohren — und zwar im Uhrzeigersinn — oder auch zu schlagen, wobei am besten ein kräftiger Holzhammer mit aufgezogenen Eisenringen verwandt wird. In Steinschichten kann man den Bohrer nicht einschlagen. Es zeigte sich bei unseren Untersuchungen, daß die Verstärkung am Kopf der Bohrstöcke möglichst kräftig sein muß, da sie sonst beim Eintreiben der Bohrer in den Boden zu sehr von den Hammerschlägen in Mitleidenschaft gezogen werden. Die Griffe müssen unbedingt abzunehmen sein, da sie sonst beim Schlagen durch die Vibration abbrechen können, auch wenn sie nicht unmittelbar vom Hammer getroffen werden. Besondere Schwierigkeiten macht das Einbringen des Bohrers in ausgetrockneten Boden. Man dreht dann nach jedem 2. bis 3. Hammerschlag den Bohrer mehrmals herum, damit er leichter wieder aus dem Boden herausgezogen werden kann. Ferner empfiehlt es sich, die Innenflächen des Bohrers zur Erzielung eines geringen Reibungswiderstandes häufig mit Schmirgelpapier zu bearbeiten. Der Bohrer ist außen in Abschnitte von je 5 cm unterteilt; er wird — wenn die gewünschte Bodentiefe erreicht wurde — unter dauerndem Drehen allmählich aus dem Boden herausgezogen, bis kein Widerstand mehr fühlbar ist. Dann zieht man den Bohrer ohne weiteres ganz aus dem Boden heraus. Jedenfalls darf der Bohrer nie mit Gewalt herausgezogen werden, weil sich sonst der Boden wieder zum großen Teil abstreift. Bereitet das Eintreiben des Bohrers zu große Schwierigkeiten, so entnimmt man den Boden tunlichst abschnittsweise.

Um ein Hineinfallen des trockenen Bodens der obersten Schicht in das Bohrloch zu verhindern, wird empfohlen, vor dem ersten Herausziehen des Bohrers rings um diesen mit der Hand die lockere Erde trichterförmig zu entfernen. Der beim abschnittweisen Ausstechen mit in die Bohrrille fallende Boden aus oberen Schichten kann aber auch durch Blasen leicht wieder entfernt werden; er ist meist schon durch seine andere Färbung als Fremdkörper zu erkennen. Mitunter wird man die Probe aus der obersten Schicht auf eine andere Weise als mit dem Bohrer entnehmen müssen, etwa mit einer kleinen Schaufel. Man kann aber auch über den oberen Teil des Bohrers einen Blechmantel ziehen, der ein Herausfallen des lockeren Erdreiches verhindert.

Man notiert sich die zu den einzelnen Tiefen gehörenden Dosennummern sowie die Uhrzeit der Probeentnahme und besondere Beobachtungen, wie Frostgrenzen, besonders trockene und nasse Stellen usw. Überdies empfiehlt es sich, die phänologischen Daten der Pflanzen festzuhalten (Blüte, Ernte usw.).

Im allgemeinen sind vier Wiederholungen jeder Bohrung vorgeschrieben, die möglichst weit auseinander an verschiedenen Stellen der Untersuchungsfläche durchgeführt werden sollen, da bekannt ist, daß die Bodenfeuchte nicht nur vertikal, sondern auch horizontal stark schwankt. Der Ort der Probeentnahme wird jeweils durch einen Stock markiert. Am nächsten Beobachtungstag ist die Probe in geringer Entfernung neben dem letzten Einstich zu entnehmen. Ist auf der Untersuchungsfläche keine Stelle mehr frei, auf der noch nicht gebohrt wurde, so ist möglichst eine neue zu suchen. Die Wiederverwendung eines bereits zu Bohrungen herangezogenen Bodenstückes ist nicht statthaft, da es uns auf die Meßergebnisse von einem ungestörten Boden ankommt. Unmittelbar nach der Probeentnahme werden die Bohrlöcher mit feuchtem Boden aus benachbarten Feldstücken wieder geschlossen und zugetreten. Dadurch wird das Eindringen des Regenwassers verhindert, das sich sonst im unteren Teil des Bohrloches nach der Seite hin ausbreitet. Die getrocknete Erde darf zum Auffüllen der Löcher nicht verwandt werden, weil diese die Feuchte des umgebenden Bodens anzieht. Die Oberfläche des unbewachsenen Bodens wird nach der Bestimmung und nach Starkregen mit einer Ziehhacke leicht gelockert.

Bei einem Wechsel der „Vergleichsfläche“ wird es natürlich — wenn dieser nicht rechtzeitig durch Brachlegen eines anderen Feldstückes eingeleitet wurde — vorkommen, daß die neue, bis dahin genutzte Bodenfläche noch nicht die Eigenschaften eines unbewachsenen, unbearbeiteten Bodens hat. Dieser bisher genutzte Boden weist aber doch wenigstens unterhalb der bearbeiteten Krume eine ungestörte Lagerung auf, während der bereits einmal zu Bohrungen herangezogene Boden bis in 1 Meter Tiefe aufgelockert wurde.

4. Die Bestimmung der Bodenfeuchte.

Nach dem Herausziehen des Bohrers wird der Boden in Abschnitten von je 10 cm bis zu einer maximalen Tiefe von 100 cm aus der Rille entnommen, in die zum Trocknen vorgesehenen, nummerierten Dosen gefüllt und gut verschlossen. Getrocknet wird bis zur Gewichtskonstanz bei 105°C bis 110°C. Höhere Temperaturen als 110°C sind zu vermeiden, da sonst eventuell organische Substanz angegriffen wird. Zum Auskühlen kommen die Proben in einen Exsikkator. Durch Wiegen vor und nach dem Austrocknen wird der Wassergehalt der Bodenproben bestimmt und in Gewichtsprozenten des trockenen Bodens ausgedrückt. Man erfaßt auf diese Weise das gesamte, augenblicklich im Boden enthaltene Wasser, also sowohl das kapillar festgehaltene als auch

das absickernde. Lediglich die geringe und deshalb zu vernachlässigende Menge an Kolloidwasser verbleibt im Boden; zu seiner Entfernung wären wesentlich höhere Temperaturen nötig als 110°C. Eine Bodenfeuchte von 15% bedeutet also, daß auf 100 g trockene Bodensubstanz 15 g Wasser entfallen. Der endgültige Wert ergibt sich als Mittel aus den vier Wiederholungen.

Es ist nicht statthaft, die an einem Meßtage erbohrten Einzelproben schichtenweise zu vereinigen und zusammengeschüttelt zu trocknen. *Jede Probe wird einzeln gewogen!* An Hand der Einzelwerte lassen sich Fehler besser ausscheiden (Trockennester und besonders feuchte Stellen). Es empfiehlt sich auch, die Einzelwerte zur Berechnung der Bodenfeuchte-Schwankungen auf dem Meßfeld heranzuziehen.

Die Notwendigkeit, alle von uns veröffentlichten Bodenfeuchtedaten als Mittelwerte mehrerer Sondierungen zu gewinnen, zeigt die Abbildung 6. 25 Bohrungen lieferten für eine Fläche von 40×40 cm² in der Tiefe von 10 bis 20 cm diese mosaikartige Verteilung

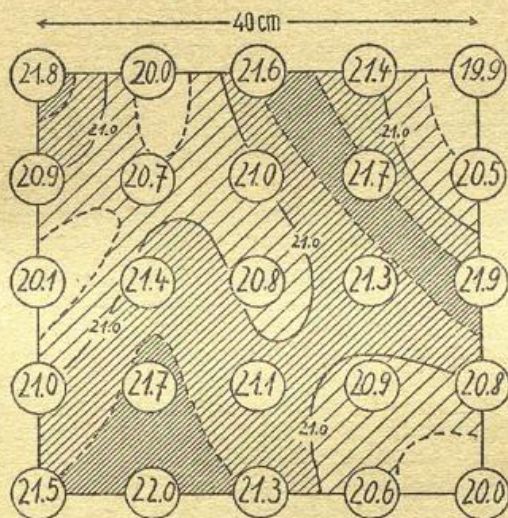


Abb. 6

Horizontale Verteilung der Bodenfeuchte in der Schicht von 10–20 cm Tiefe auf einem Lehm Boden bei Bad Kissingen

trockener und feuchter Stellen. Ein zahlenmäßig gleicher Wassergehalt an allen Stellen des Bodens wird also nie erreicht, weil jenseits einer bestimmten Grenze die Saugkraft der Bodensubstanz und der Poren zu schwach wird, um ein Fließen des Bodenwassers von den feuchteren zu den trockeneren Stellen aufrecht zu erhalten. Mit einer einzigen Bohrung könnte man nun zufällig an eine besonders trockene oder nasse Stelle geraten, während das Mittel aus vier Bohrungen schon weit eher die wahren Bodenfeuchteverhältnisse auf einem größeren Feldstück charakterisieren dürfte.

Sowohl an der messenden Station als auch an der Zentrale, welche das gesamte bodenklimatische Beobachtungsmaterial sammelt, müssen die einzelnen Bodenfeuchtwerte geprüft werden. Grundsätzlich soll jeder Wert in die Tabellen übernommen werden, der gemessen wurde und für den es — sofern er unnormal hoch bzw. niedrig zu sein scheint — eine Erklärung gibt. Besonders hohe Feuchtwerte können beispielsweise durch stauende Nässe an einer Frostschicht oder durch erstarrtes Schmelzwasser erklärt werden. An der Gießener Lysimeteranlage werden in Trockenzeiten nach stärkeren Niederschlägen große Unterschiede zwischen Löß, lehmigem Sand und humosem Boden einerseits und dem Sandboden andererseits beobachtet, was mit der größeren Durchlässigkeit des Sandes zu erklären ist, die eine bessere Verteilung des Regen-

wassers nach der Tiefe hin gestattet. Die anderen Böden setzen der Wasseraufnahme größeren Widerstand entgegen. Zeigen sich bei genauer Beachtung der Anweisung zur Durchführung von Bodenfeuchte-Messungen und innerhalb einheitlicher Witterungsperioden große Unterschiede von Meßtermin zu Meßtermin, für die es keine Erklärung gibt, so wird man noch am ehesten auf Fehler bei der Messung schließen können; aber sonst ist bei der Beurteilung der Meßergebnisse doch vielerlei zu beachten, ehe man einen Wert als „vermutlich fehlerhaft“ ausscheiden kann.

E. Die Bodenfeuchte auf den Vergleichsflächen.

Es dauert bei jedem neu angelaufenen Untersuchungsprogramm einige Zeit, bis innerhalb des geschaffenen Stationsnetzes eine so weitgehende Einheitlichkeit der Meßmethodik erzielt wird, daß eine Veröffentlichung der einzelnen Beobachtungsreihen für großräumige Vergleiche gerechtfertigt erscheint. Dies aber ist letzten Endes das Ziel der vom Wetterdienst durchgeführten Bodenfeuchte-Untersuchungen. Neben den Beobachtungen der meteorologischen Elemente Temperatur, Luftfeuchte usw. sollen künftig auch die bodenklimatischen Werte stehen und es darf dann kein meteorologisches Jahrbuch und keinen Witterungsbericht mehr geben, in dem nicht durch eine Betrachtung der Bodentemperatur- und Bodenfeuchteverhältnisse den Anforderungen der ständig an Bedeutung gewinnenden Agrarmeteorologie Rechnung getragen wird.

Die agrarmeteorologischen Forschungsstellen und Stationen haben dieses Ziel erkannt und durch eine einheitliche Ausrichtung ihres Arbeitsprogramms die Voraussetzungen für eine Einordnung des Bodenklimas in die allgemeinen Klimabeobachtungen geschaffen.

Als Beispiel solcher Beobachtungsreihen werden im Anhang die Beobachtungen der Agrarmeteorologischen Forschungsstelle Geisenheim und der Agrarmeteorologischen Station Heidelberg-Grenz Hof veröffentlicht. Die Meßergebnisse von den Vergleichsflächen sollen in den folgenden Abschnitten näher betrachtet werden.

1. Unbewachsener Boden — Grasboden.

Die Tatsache, daß die Bodenfeuchte in den ersten Monaten der Heidelberger Untersuchungen sowohl unter unbewachsenem als auch unter Grasboden ermittelt wurde, zeigt an, daß innerhalb des Wetterdienstes selbst zu dieser Zeit noch keine Klarheit darüber herrschte, welchem der beiden Feldstücke man als Vergleichsfläche den Vorzug geben sollte. So wurde zunächst einmal probiert und diskutiert, wobei vor allem die Meinung der Landwirtschaftler starke Beachtung fand. Für grasbewachsene Vergleichsflächen spricht vor allem, daß man sie viel eher zur Verfügung hat als unbewachsenen Boden, z. B. im Klimagarten, und daß der bewachsene Boden vielleicht für die Landwirtschaft brauchbarere Werte liefert. Da aber ohnehin Untersuchungen unter Kulturen in das Arbeitsprogramm aufgenommen wurden, fällt dieser Punkt nicht mehr so stark ins Gewicht. Dagegen erscheinen grasbewachsene Vergleichsflächen deshalb als ungeeignet, weil die Rasenflächen an den einzelnen Beobachtungsstationen infolge der uneinheitlichen Bodenzusammensetzung im Laufe der Jahre unterschiedlich durchwurzelt werden und sich somit eine überall einheitliche Grasnarbe nicht erhalten läßt. Inzwischen ist zwar der Streit der Meinungen nicht beigelegt worden; aber es wurde doch vereinbart, um der Einheitlichkeit willen überall unbewachsenen und unbearbeiteten Boden für die Vergleichsflächen auszuwählen.

Da jedoch die Werte nun einmal vorliegen, sollen in der Abb. 7 die Unterschiede der Bodenfeuchte-Entwicklung unter unbewachsenem und Grasboden für einen kurzen Zeitabschnitt gezeigt werden.

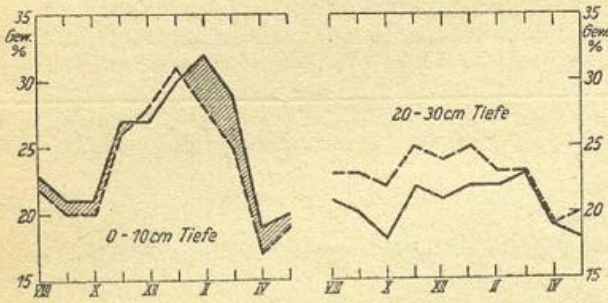


Abb. 7

Monatsmittel der Bodenfeuchte auf unbewachsenem (---) und Rasenboden (—) im Heidelberger Botanischen Garten (1948/49)

In dieser Abb. 7 wurden für die beiden Schichten von 0–10 cm und von 20–30 cm Tiefe die Monatsmittel der Bodenfeuchte auf den beiden Untersuchungsflächen des Heidelberger Botanischen Gartens dargestellt. Eine Schraffur deutet die Zeiträume an, in denen die Bodenfeuchte unter der Grasdecke höher blieb als auf dem unbewachsenen Boden. Dies war in der obersten Bodenschicht nahezu im gesamten betrachteten Zeitraum der Fall, da die Grasnarbe immer als ein Verdunstungsschutz wirkt und das Wasser lange im Boden festhält. In größeren Tiefen dagegen kehren sich — wie in unserem Beispiel — die Verhältnisse um, da hier dem Boden durch die Pflanzenwurzeln in stärkerem Maße Wasser entzogen wird. Es kommt hinzu, daß der Rasen von den Niederschlägen in schwächerem Maße und bis zu einer geringeren Tiefe durchfeuchtet wird als der unbewachsene Boden, weil die Grasnarbe das Wasser an der Bodenoberfläche zurückhält, wo es rascher wieder verdunstet.

Während der Monate Dezember und Januar war in unserem Beispiel in der obersten Bodenschicht die Verdunstung auf der Rasenfläche größer, so daß hier die Bodenfeuchte-Werte unter jene der unbewachsenen Fläche absanken. Im Februar änderte sich dieses Bild aber schon wieder. Während jetzt die Bodenfeuchte auf dem unbewachsenen Boden — auch in 20–30 cm Tiefe — bereits wieder abnahm, stieg sie auf dem Rasen, der wie ein Schwamm wirkt und daher im Winter viel Wasser aufnimmt und hält, weiter an. Die so geschaffene große Differenz zwischen den obersten Bodenschichten der beiden Untersuchungsflächen blieb auch im März noch erhalten.

Die tieferen Schichten des Rasenbodens wurden nur langsam mit Wasser angereichert; die Bodenfeuchte erreichte erst im März ihren höchsten Monatsmittelwert. Dann fiel die Feuchte auf beiden Böden bis zum April hin ab, wobei die Mittelwerte einander gleich blieben. Während im Mai auf dem unbewachsenen Boden die Feuchte wieder etwas zunahm, sank sie auf dem Rasen weiter ab, was wieder eine Folge des zunehmenden Wasserverbrauchs durch die Pflanzenwurzeln war.

Diese Verhältnisse wird man berücksichtigen müssen, wenn man einmal mangels Untersuchungen auf unbewachsenem Boden die Meßergebnisse eines grasbewachsenen Feldstücks zur regionalen Betrachtung mit unseren Vergleichsflächen heranziehen will.

Auch die Bodentemperaturen, die gleichzeitig mit der Bodenfeuchte beobachtet werden sollen, zeigen auf einem grasbewachsenen Boden einen anderen Gang als auf unbewachsenem, was an Hand der Abb. 8 bewiesen werden kann. Für die Station Weihenstephan

wurden die Monatsmittel der im Jahre 1950 in 5 und 100 cm Tiefe gemessenen Bodentemperaturen unter Rasen und im unbewachsenen Boden dargestellt. Dabei wurden diejenigen Zeiträume durch eine Schraffur

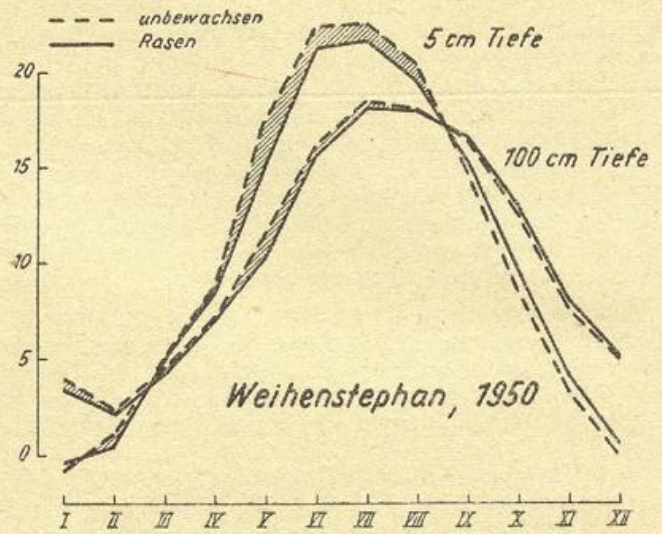


Abb. 8

Monatsmittel der Bodentemperatur in 5 und 100 cm Tiefe unter unbewachsenem Boden und unter Rasen

kennlich gemacht, in denen die Temperaturen unter unbewachsenem Boden höher lagen als unter Rasen.

Zunächst sehen wir, daß sich der Rasenboden im Winter etwas stärker abkühlte. Diese thermische Benachteiligung gegenüber dem unbewachsenen Boden blieb auch in den Folgemonaten erhalten, da die grasbewachsene Fläche bei zunehmender Erwärmung länger braucht, um eine bestimmte Temperaturgrenze zu erreichen. Die Grasnarbe fängt einen Teil der Sonnenstrahlung ab und beschattet einen entsprechenden Teil der nackten Bodenoberfläche. Auch die Extreme wurden unter der Grasfläche stark gemildert. So wirkt der Rasen stark isolierend; der bewachsene Boden nimmt die Wärme langsamer auf, gibt sie dann aber auch nicht so schnell wieder ab wie der unbewachsene Boden. Dies zeigt sich gut an der ab September zu beobachtenden Umkehrung der Verhältnisse. Bis zum Dezember weist jetzt der Rasenboden in jedem Monat ein höheres Temperaturmittel auf als die „Vergleichsfläche“.

2. Die Mittel- und Grenzwerte der Bodenfeuchte.

Entsprechend der allgemeinen klimatologischen Arbeitsweise beginnt die Bearbeitung einer längeren Bodenfeuchte-Meßreihe mit der Feststellung der Mittelwerte und der Grenzen, innerhalb welcher die Einzelwerte schwanken können.

In den Mittelwerten der Bodenfeuchte, die sich für die einzelnen 10-cm-Schichten feststellen lassen, drücken sich vor allem die Unterschiede der Bodenart aus. Trotz der Kürze der bisher vorhandenen Meßreihen kommen die jetzt errechneten Mittelwerte den tatsächlich zu erwartenden wohl schon recht nahe, wie die Abbildung 9 zeigt. Hier wurde für die fünf obersten Bodenschichten des Heidelberger sandigen Lehmbodens die Entwicklung der Mittelwerte in der Zeit von Juni 1949 bis einschließlich Juni 1951 aufgetragen. Am Ende eines jeden Monats wurde der Mittelwert für die gesamte zurückliegende Zeit gebildet, so daß die Anzahl der verwendeten Einzelwerte ständig wuchs. Wir sehen, wie die Mittelwerte in den Anfangsmonaten, d. h. in dem trockenen Sommer 1949, recht tief lagen, dann aber im folgenden Winter kräftig anstiegen, um sich

für den Rest des Beobachtungszeitraums auf ziemlich hohen Werten zu halten. Eine Schwankung machte sich nur in der obersten 10-cm-Schicht im Sommer 1950 bemerkbar. Sonst aber nähert sich die Kurve — wie dies auch schon an anderer Stelle (9) für die Station Gießen gezeigt wurde — allmählich einer Geraden, die dann den wahren Mittelwert repräsentieren wird. Diese Werte geben also an, welche Bodenfeuchte im Mittel in dem betreffenden Boden anzutreffen ist; sie spielen die Rolle von Fixpunkten, welche dann ein Urteil darüber gestatten, ob die mit ihnen verglichenen Einzelbeobachtungen einen relativ hohen oder niedrigen Wassergehalt im Boden anzeigen.

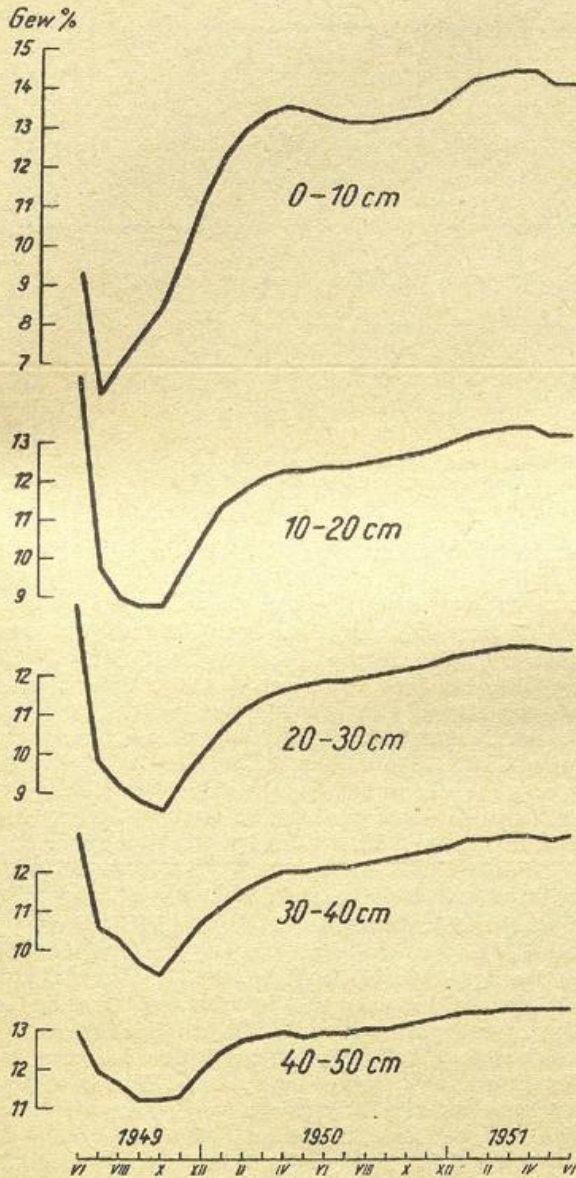


Abb. 9

Die Entwicklung der Bodenfeuchte-Mittelwerte in den fünf obersten Bodenschichten des Heidelberger sand. Lehm. Bodens

Man kann natürlich statt des Mittelwerts auch die Grenzwerte bzw. den zwischen ihnen liegenden Bereich zur Orientierung über die Wasserversorgung des Bodens benutzen. So geht man besonders gut auf die Bodeneigenschaften in den verschiedenen Tiefen ein, wenn man die vorhandene Bodenfeuchte in Prozenten des hier ausschöpfbaren Bodenfeuchte-Gehaltes ausdrückt, den man mit Hilfe von Verteilungskurven ermittelt. Beispielsweise zeigt Abbildung 10 die Verteilung der von Juni 1949 bis Ende April 1951 in den fünf obersten 10-cm-Schichten

des Heidelberger sandigen Lehm. Bodens festgestellten Einzelwerte auf die einzelnen Feuchtestufen. Die dicken senkrechten Striche hinter jeder Verteilungs-

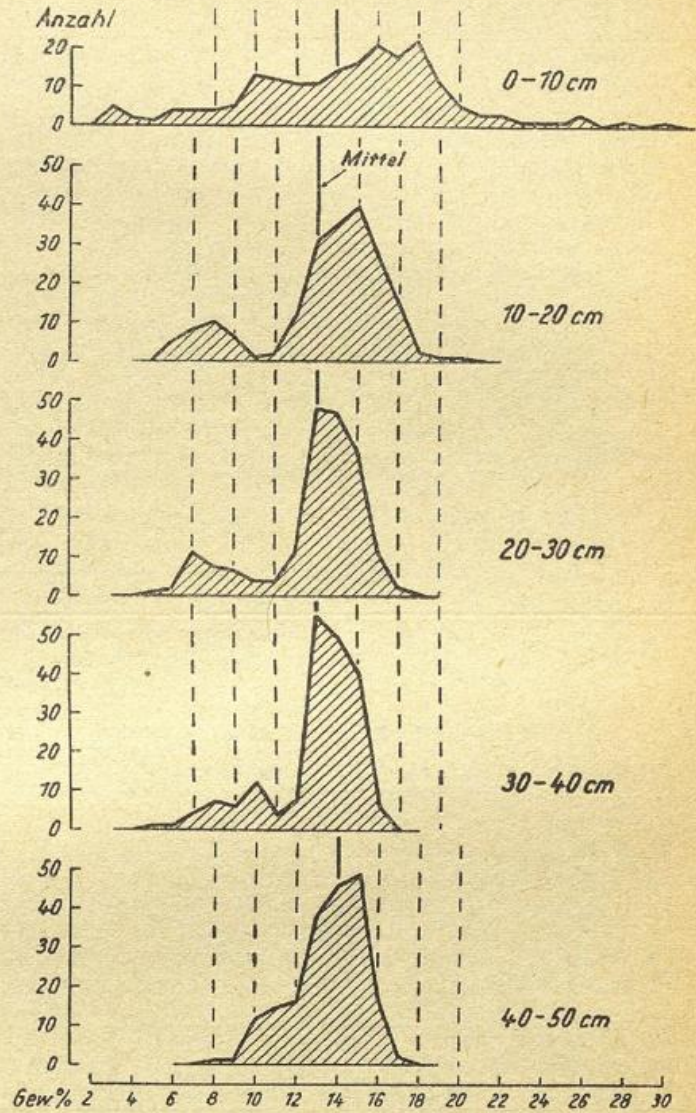


Abb. 10

Die Verteilung der von Juni 1949 bis Ende April 1951 in den fünf obersten 10-cm-Schichten des Heidelberger sandigen Lehm. Bodens gemessenen Bodenfeuchte-Werte auf die einzelnen Feuchtestufen

fläche markieren die Lage des Mittelwertes in den einzelnen Schichten, während die unterbrochenen senkrechten Striche die 2%-Intervalle abgrenzen, die zur Darstellung der Abweichungen vom mittleren Bodenfeuchtegehalt verwandt werden. Darauf wird im Abschnitt E 3 noch näher eingegangen. Es ist interessant, daß in den Schichten unterhalb von 10 cm Tiefe der Mittelwert des Bodenfeuchtegehaltes in der Nähe des Scheitelwertes liegt, daß also der mittlere Wassergehalt auch tatsächlich am häufigsten anzutreffen ist. Die Verteilungskurven lassen erkennen, daß die Schwankungsbreite der Bodenfeuchte mit zunehmender Tiefe kleiner wird, da sich ja auch das Porenvolumen nach der Tiefe hin verringert. Den ausschöpfbaren Bodenfeuchtegehalt bestimmt man nun als das Intervall zwischen den mehrfach aufgetretenen höchsten und niedrigsten Wassergehalten. Auf die Maßgabe „mehrfach“ muß dabei besonderer Wert gelegt werden, weil es sich bei einzelnen Außenseitern auch um Meßfehler handeln kann. Aus den Verteilungsflächen der Abbildung 10 ergeben sich somit folgende Werte (in Gewichtsprozenten) für die Heidelberger Vergleichsfläche:

	untere Grenze	obere Grenze	ausschöpfbarer Bodenfeuchtegehalt
0—10 cm Tiefe:	3	26	23
10—20 " "	6	18	12
20—30 " "	6	17	11
30—40 " "	7	16	9
40—50 " "	10	17	7

Der ausschöpfbare Bodenfeuchtegehalt wäre dann gleich 100% zu setzen, und der augenblicklich im Boden befindliche Feuchtegehalt nach Abzug des stets

vorhandenen Wassers (unterer Grenzwert) in Prozenten dieses ausschöpfbaren Bodenfeuchtegehalts anzugeben. In einem Zeit-Tiefen-Diagramm lassen sich dann nach Eintragen der Einzelwerte Linien gleicher Prozente (etwa für 20, 40, 60 und 80%) ziehen, wie dies in der Abbildung 11 — wieder für Heidelberg — praktisch durchgeführt wurde. Wir erkennen die gute Durchfeuchtung des Bodens in der gewählten Zeitspanne (Dezember 1950 bis April 1951); meist machte der Wassergehalt mehr als 60% des ausschöpfbaren Bodenfeuchtegehalts aus. Am besten schien sich die

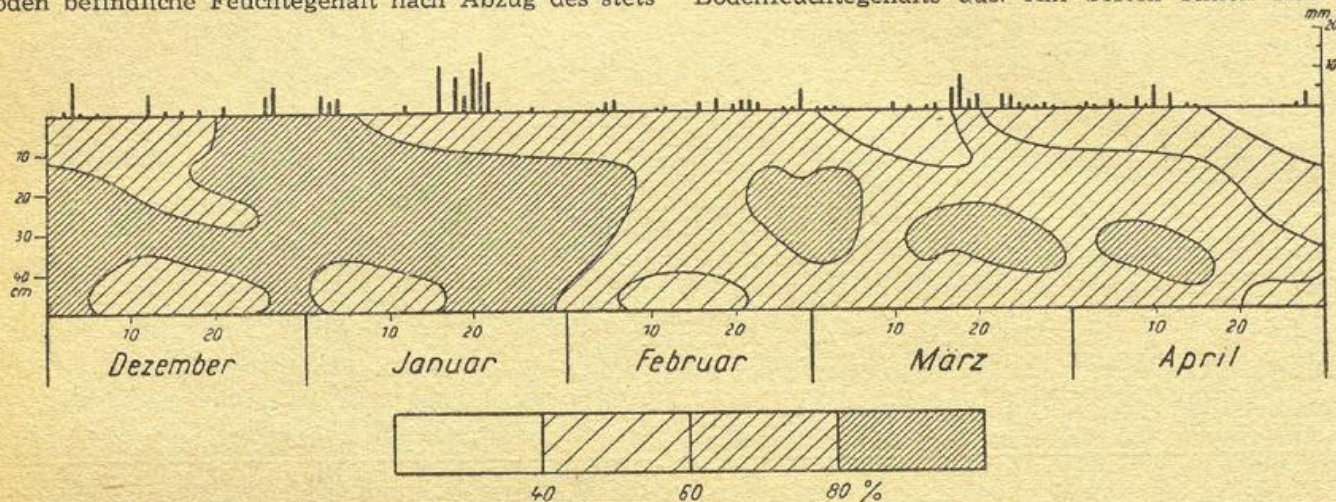


Abb. 11

Darstellung der Bodenfeuchte-Verhältnisse in Heidelberg (unbewachsener sandiger Lehm Boden) in Prozenten des ausschöpfbaren Bodenfeuchte-Gehalts. Zeitraum: Dezember 1950 bis April 1951

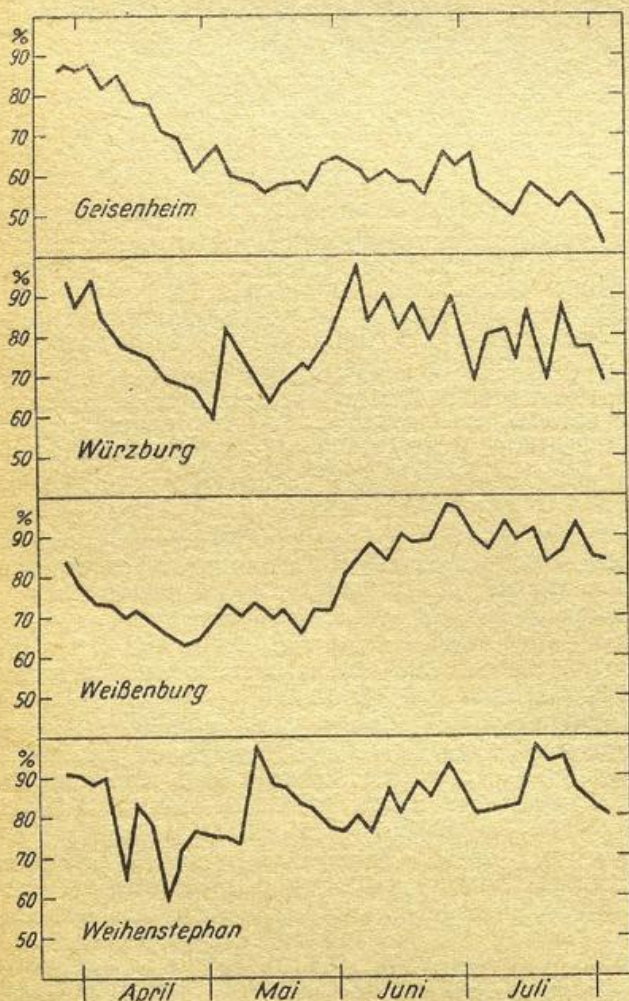


Abb. 12

Verlauf der Bodenfeuchte in 10—20 cm Tiefe im Jahre 1951, ausgedrückt in Prozenten des maximal möglichen Bodenfeuchte-Gehaltes

Feuchte in der Schicht von 20—40 cm Tiefe zu halten. Darüber machte sich die Verdunstung und darunter die Versickerung in stärkerem Maße bemerkbar.

Diese Darstellung der Wasserverhältnisse in Prozenten des ausschöpfbaren Bodenfeuchte-Gehalts entspricht unseren Untersuchungen auf unbewachsenem Boden und eignet sich gut für regionale Übersichten. Man kann allerdings auch auf die untere Grenze verzichten und den Verlauf der Bodenfeuchte in Prozenten des maximal möglichen Bodenfeuchtegehalts darstellen, wie dies in der Abbildung 12 getan wurde. Diese Übersicht zeigt die Verhältnisse an vier Stationen der US-Zone in den für die Pflanzenentwicklung entscheidenden Monaten des Jahres 1951:

Die starke Abnahme des Bodenfeuchte-Gehalts, die sich als Folge der trockenen, sonnenscheinreichen Witterung im April einstellte, ließ die Werte zunächst bis auf 60 Prozent des maximal möglichen Wassergehalts absinken, was auf schweren Böden stellenweise zu Verkrustungen führte. Die Feldarbeiten konnten jetzt — allerdings verspätet — in vollem Umfang durchgeführt werden. Die Kartoffeln kamen in den Boden und die Aussaat des Sommergetreides fand allgemein ihren Abschluß. In der ersten Hälfte des Monats Mai ließen kräftigere Niederschläge die Bodenfeuchte in die Höhe gehen, und zwar besonders stark in Bayern. Die größten Wassermengen nahm dabei der Weihenstephaner Boden auf; hier gingen am 9. Mai 27 Liter Regenwasser pro Quadratmeter nieder, während es in Weihenburg am gleichen Tag und in Würzburg am Vortag nur 9 Liter pro Quadratmeter waren. Wenn auch diese starke Wasseranreicherung nicht gehalten werden konnte, so blieb die Feuchte in Bayern doch höher als 75% des maximal möglichen Wassergehalts, um sich dann Ende Mai und im Verlauf des Monats Juni wieder der 100%-Grenze zu nähern. Der Boden wurde durch die teilweise heftigen Gewitterregen verschlammte. Auch im Rhein-Main-Gebiet wurde der Abfall der Bodenfeuchte gestoppt, die bis Anfang Juli etwa auf 60% des maximal möglichen Wassergehalts stehen blieb und erst dann weiter abnahm.

Die reichliche Bodenfeuchte im betrachteten Zeitraum förderte das Pflanzenwachstum erheblich. Getreide und Ölfrüchte zeigten einen guten Stand, die Kartoffeln liefen gut auf. Die Heuernte fiel sehr reichlich aus; wegen starker Überständigkeit ließ jedoch die Qualität zu wünschen übrig.

Natürlich dürfen die Mittel- und Grenzwerte nur als Fixpunkte für Vergleiche benutzt werden. Die Feuchteverhältnisse eines größeren Zeitabschnitts, etwa eines Monats, mit Hilfe des Mittelwerts für diese Zeit oder mittels der beiden in diesem Intervall gemessenen Extremwerte zu charakterisieren, kann nicht empfohlen werden. Wenigstens kann die Landwirtschaft kaum etwas mit Extrem- und Mittelwerten für längere Zeiträume anfangen, da für die Pflanzenentwicklung der Verlauf der Bodenfeuchte und insbesondere die Geschwindigkeit der Verarmung an Bodenwasser von Bedeutung sind. Bei der Wasserwirtschaft liegt das insofern etwas anders, als hier auch die Abflussumengen für Monate zusammengefaßt werden, zu denen dann die Wasservorratsänderungen in Beziehung gesetzt werden. Für regionale Vergleiche empfiehlt es sich, von der Verwendung der Extrem- und Mittelwerte für längere Zeiträume Abstand zu nehmen, da sie nur dazu angetan sind, die großräumigen Unterschiede zu verwischen.

3. Die Darstellung der Abweichungen vom mittleren Bodenfeuchte-Gehalt

Es war bereits gesagt worden, daß die Untersuchung der Bodenfeuchte für eine Anzahl von Wissensgebieten zu einer vordringlichen Aufgabe geworden ist und daß dabei die Problemstellung jedesmal eine andere ist. Für den Wetterdienst kommt es besonders darauf an, sich einen regionalen Überblick über die Entwicklung der Bodenfeuchte zu verschaffen, den man gut zum Vergleich mit phänologischen Karten oder mit den Verteilungskarten der einzelnen meteorologischen Elemente heranziehen kann. Es ist selbstverständlich, daß man sich, um dieses Ziel zu erreichen, von den absoluten Meßwerten lösen und stattdessen relative Zahlenwerte schaffen muß. Bei einer Wiedergabe der Bodenfeuchtwerte für das Jahr 1949 (10) mußten — da Mittelwerte wegen der Kürze der Meßreihen noch nicht gebildet werden konnten — die absoluten Meßwerte selbst der Darstellung zugrunde gelegt werden. Dies zwang zur Wahl verschiedener Legenden, damit die Diagramme für die einzelnen Stationen überhaupt nebeneinandergestellt werden konnten. Wenn sich auch die unterschiedliche Tendenz der Bodenfeuchte-Entwicklung aus dieser Darstellung ablesen läßt, so wird man dieses Verfahren doch mit Recht als für regionale Übersichten ungeeignet ablehnen müssen.

Zweifellos eignet sich schon die im Abschnitt E 2 erwähnte Darstellung der Wasserverhältnisse in Prozenten des ausschöpfbaren oder des maximal möglichen Bodenfeuchte-Gehalts recht gut für regionale Untersuchungen, wobei es gleichgültig ist, ob man dabei die Isoplethendarstellung in einem Zeit-Tiefen-Diagramm (Abb. 11) oder die Gangliniendarstellung für bestimmte Bodenschichten (Abb. 12) wählt. Zum Herausarbeiten von Feinheiten der Wasserbewegung hat sich die Darstellung der Abweichungen vom mittleren Bodenfeuchte-Gehalt als besonders brauchbar erwiesen, eine Methode, welche für die vom Wetterdienst in der US-Zone herausgegebenen Übersichten angewendet wird. Bei dieser Methode werden für die einzelnen Beobachtungstage und für jede Tiefenstufe laufend die Abweichungen vom mittleren Bodenfeuchte-Gehalt (Abschnitt E 2) errechnet und in ein Diagramm eingetragen. Linien gleicher Abweichung geben dann einen Überblick über Zunahme und Verlust an Bodenfeuchte im betrachteten Zeitraum, beispielsweise für das Jahr

1950 in der Abbildung 13 (Abschnitt E 4). Der Abstand zwischen je zwei dieser Linien beträgt 2 Gewichtsprozent; die helleren Flächen kennzeichnen Perioden mit Bodenfeuchtwerten, die unter dem Mittel liegen, während die dunkleren Flächen Zeiträume mit überdurchschnittlicher Wasserversorgung charakterisieren. In den obersten 5 cm des Bodens ist die Wiedergabe der Verhältnisse unsicher; die hier auftretenden starken Schwankungen werden häufig schon nicht mehr durch die Messung erfaßt und sind noch schwieriger zeichnerisch darzustellen.

Eine Verbesserung dieser Methode würde es noch bedeuten, wenn man als Abstand der Linien gleicher Abweichung (Isoplethen) voneinander nicht einheitlich 2% wählte, sondern jeweils ein Zehntel eines für die ganze Schicht von 0—50 cm Tiefe zu errechnenden Bodenfeuchte-Mittelwertes. Damit träten die Eigenheiten der ausgewählten Untersuchungsböden noch mehr zurück, da ja auch die Stärke der Abweichung eine Funktion der Bodenart ist. In unserer Übersicht für 1950 (Abb. 13) wären dann die Linien gleicher Abweichung nicht von 2 zu 2% zu ziehen, sondern es kämen folgende Abstände in Frage:

Gießen:	2.1%	Hohenheim	2.1%
Geisenheim:	1.7%	Weihenstephan	1.6%
Heidelberg:	1.3%	Weißenburg	1.4%

Für vier der in Abbildung 13 vertretenen Stationen rückten dann die Linien gleicher Abweichung enger aneinander, wodurch das Bild aber nicht grundsätzlich anders werden würde.

4. Die bodenklimatischen Verhältnisse im Jahre 1950 in der US-Zone

Neben der Darstellung der Abweichungen vom mittleren Bodenfeuchte-Gehalt an sechs bodenklimatischen Beobachtungsstationen in der US-Zone (Abb. 13) wird mit der Abb. 14 auch ein Überblick über die 1950 in der Nähe der Bodenfeuchte-Vergleichsflächen dieser Orte auf unbewachsenem Boden mit Hilfe vorschristmäßig eingebauter Quecksilberthermometer festgestellten Bodentemperaturen gegeben. Und zwar wurden an Hand der Tagesmittel für die Tiefen von 5, 10, 20, 50 und 100 cm die Geothermen von 5 zu 5 Grad Celsius gezeichnet; die dunkelsten Flächen bezeichnen die Perioden mit der stärksten Bodenerwärmung.

Es ist hier nicht der Platz, auf alle Einzelheiten des bodenklimatischen Jahresablaufs 1950 einzugehen. Lediglich die wesentlichen Erscheinungen sollen erwähnt und ihre Auswirkungen auf die Landwirtschaft besprochen werden:

Nach geringem Bodenfrost zu Jahresbeginn gestaltete sich die erste Januarhälfte recht mild, so daß im Nordwesten unserer Zone bereits Bodentemperaturen von 5° C erreicht wurden. Im Süden dagegen hielt die Kälte länger an; hier blieben die obersten Bodenschichten nur an wenigen Tagen zwischen dem 10. und 15. Januar frostfrei. Dann setzte überall eine trockene Kälteperiode ein, die in der zweiten Hälfte des Monats Januar sowie in den ersten Februartagen anhielt. Der Frost konnte stellenweise bis zu 50 cm tief in den Boden eindringen, da eine schützende Schneedecke fehlte. Die Schäden an der jungen Wintersaat blieben aber geringfügig, ein Zeichen für deren kräftige Entwicklung.

Wie die Abb. 13 zeigt, verloren während dieser Frostperiode die obersten sowie die unterhalb der Frostzone gelegenen Bodenschichten einen Teil ihres Wassers. Im ersten Falle darf man den Feuchterückgang mit den lebhaften Winden, die in dieser Zeit herrschten, in Verbindung bringen, wobei es von Bedeutung ist, daß ja die obersten Bodenschichten tagsüber zeitweise auf-

tauten. Im zweiten Fall aber ist der Feuchterückgang eine Folge des unablässigen Versickerns von Bodenwasser nach tieferen Schichten bei fehlendem Nachschub von oben. Es kommt hinzu, daß die tieferen Schichten nach den vorangegangenen Trockenjahren noch längst nicht mit Bodenwasser aufgefüllt waren und somit eine Saugwirkung auf die höher liegenden Bodenhorizonte ausübten.

und als „Frostrest“ unterhalb von 10 cm Tiefe sogar noch länger nachzuweisen war. Am Monatsende traten verbreitet noch einmal schwache Bodenfröste auf; ansonsten aber setzte im Februar bereits ein Erwärmungsprozeß ein, der in den klimatisch begünstigten Gebieten der US-Zone die Bodentemperaturen bereits die 5° C-Grenze überschreiten ließ. In Bayern und in Württemberg-Baden war eine wesentliche Erwärmung

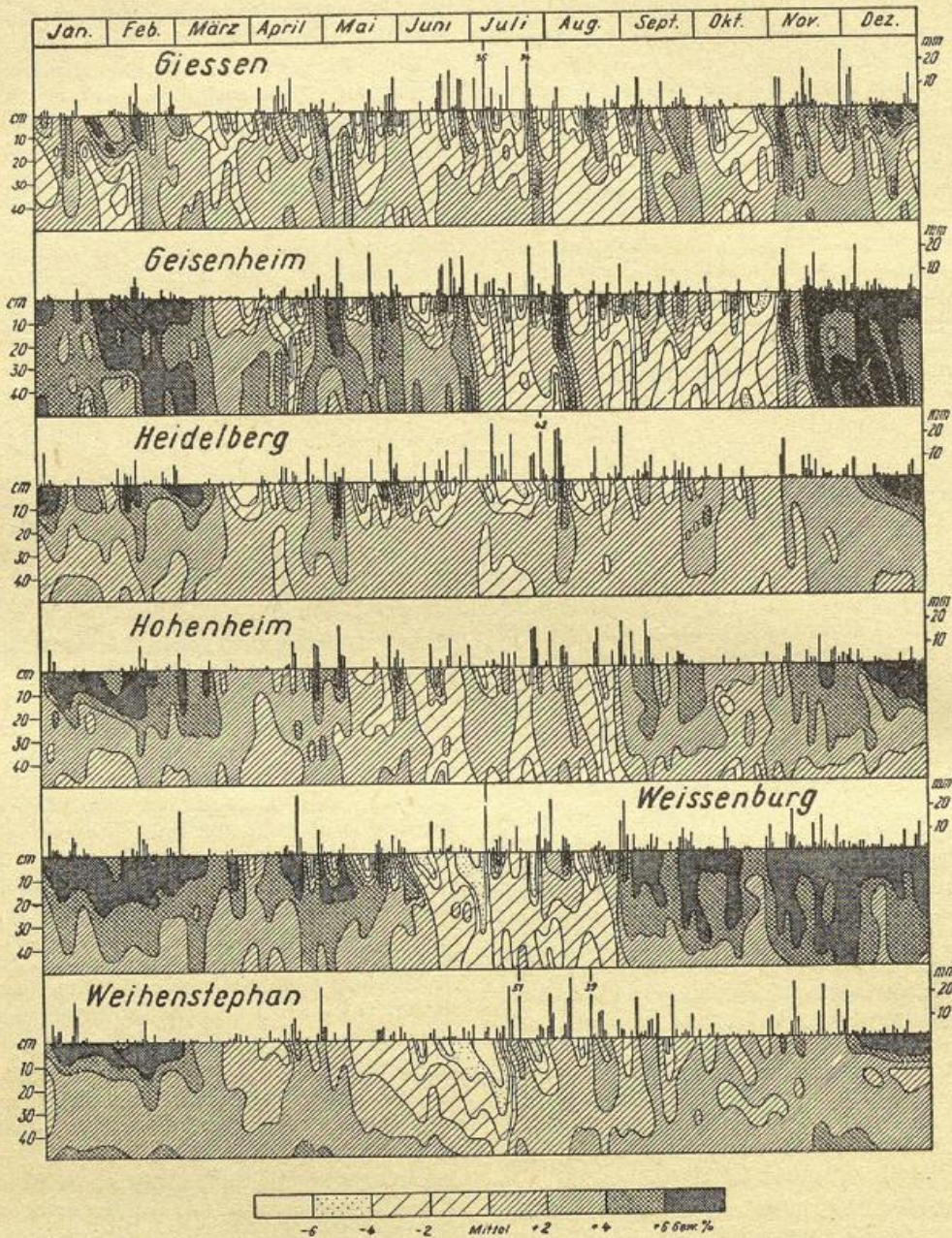


Abb. 13

Die Abweichungen vom mittleren Bodenfeuchte-Gehalt im Jahre 1950 in der US-Zone

In der schmalen gefrorenen Zwischenschicht blieb der Feuchtegehalt hoch. Diese Anordnung ging aber nach Aufhören des Frostes und als Folge der starken Niederschläge um den 10. Februar herum verloren. Weitere Niederschläge ließen die Bodenfeuchte im Februar die höchsten Werte dieses Winters erreichen, steigerten die Sickerwasserabgaben nach der Tiefe und ließen sowohl die Grundwasser- als auch die Flußspiegel erheblich ansteigen. Der Saat erwachsen durch die Nässe kaum Schäden.

In Gießen und Heidelberg verschwand der Bodenfrost etwa am 5. Februar in allen Tiefen gleichzeitig, während er an den anderen Stationen länger — teilweise bis in die 2. Februardekade hinein — anhielt

aber erst im März zu beobachten. Die 5° C-Grenze wurde in Geisenheim am frühesten endgültig überschritten, und zwar um etwa 10 Tage früher als im südlichen Bayern. Mit dieser Erwärmung war auch ein rasches Abtrocknen des Bodens verbunden, so daß mit den Feldarbeiten überall beizeiten begonnen werden konnte.

Mit der Annäherung an die 5° C-Grenze wurde auch das allgemeine Wachstum eingeleitet; der Vorfrühling hatte bis Mitte März mit der Blüte der Salweide, des Huflattichs u. a. m. überall begonnen. Die Sommerung wurde verhältnismäßig früh bestellt und lief ohne Verzögerung gleichmäßig auf. In der zweiten Märzhälfte wurden stellenweise schon 10° C überschritten, was zur

Folge hatte, daß in der Pflanzenentwicklung bis Ende März allgemein ein Vorsprung von 10 Tagen erreicht war. Diese hohen Temperaturen, der Sonnenschein-Reichtum, trockene Winde und geringe relative Luftfeuchte steigerten die Verdunstung und ließen, da auch nur geringe Niederschläge fielen, die Bodenfeuchte an allen Beobachtungsstellen absinken. So erreichten die Feuchtwerte im Boden — trotz der stärkeren voran-

arbeiten beträchtlich, besonders auf schweren Böden. Vielerorts konnten die Kartoffeln nicht rechtzeitig gelegt werden.

Die Bodentemperaturen gingen bei der kühlen Witterung im April etwas zurück; nach den neueren Erkenntnissen der Landbauwissenschaften war dies aber als Vorbedingung für hohe Getreideerträge nur zu begrüßen. Während der Nächte traten sogar mehrmals

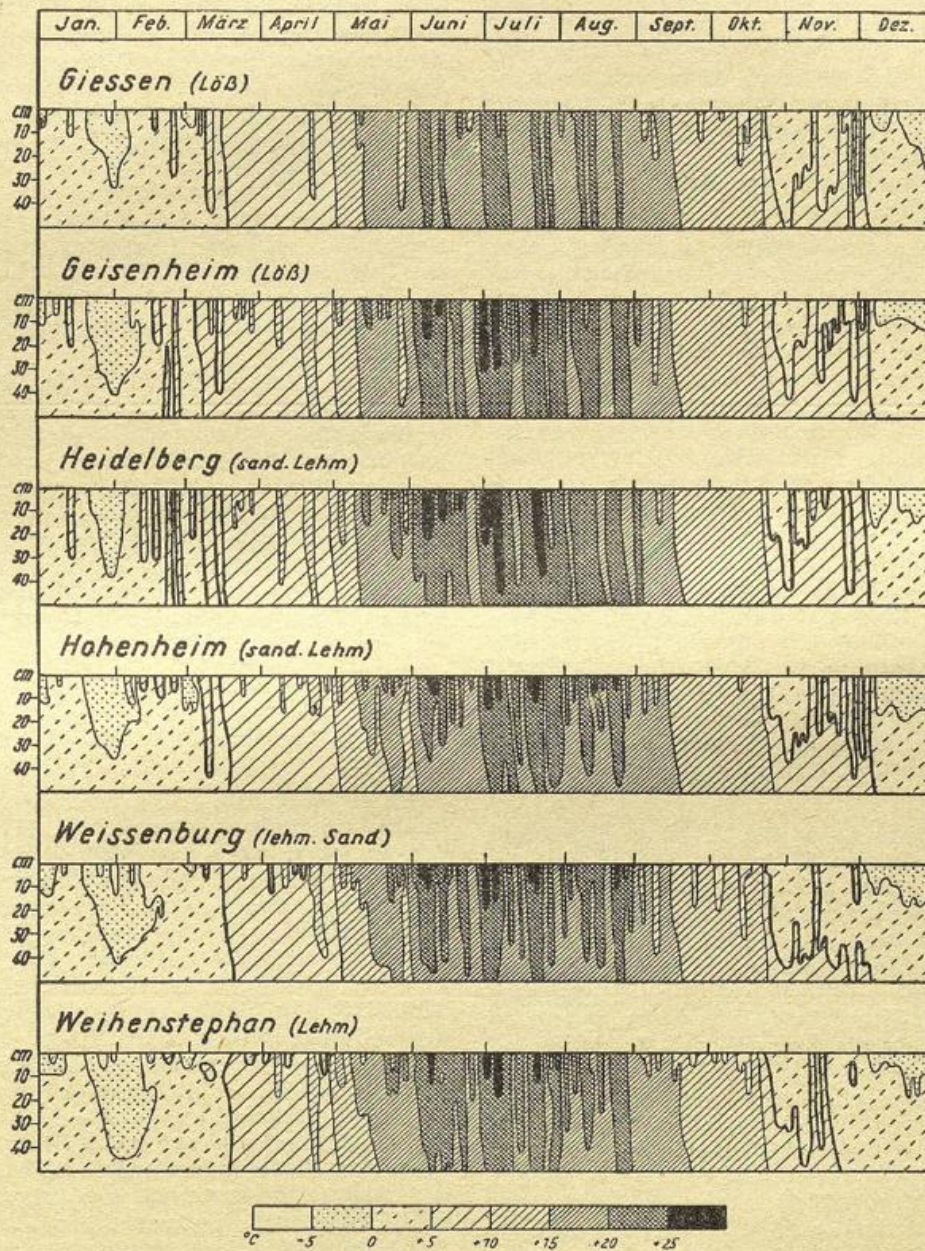


Abb. 14
Die Bodentemperaturen im Jahre 1950 in der US-Zone

gegangenen Winterniederschläge — bald dieselben Werte, die zur gleichen Zeit des Vorjahres beobachtet wurden. Im April wurden die Wasserverluste des Vormonats jedoch zum großen Teil wieder ausgeglichen, wenigstens in den hier betrachteten Bodenhorizonten. Größere Tiefen zeigten zum Teil weiterhin eine Abnahme; so sank beispielsweise in Heidelberg in der 80—90 cm-Schicht die Bodenfeuchte vom 31. 3. bis zum 28. 4. von 15.2% auf 13.8%. Als Folge davon wurde Feuchte aus den darüber liegenden Schichten nach unten gesogen und es bildete sich eine bis zu 20 cm an die Oberfläche heranreichende „Nase“ mit unternormalen Werten, die aber nicht lange bestehen blieb. Die relativ feuchte Ackerkrume erschwerte die Feld-

Bodenfröste auf, die der Landwirtschaft aber kaum Schaden brachten. Erst in der letzten Dekade des April stiegen die Temperaturen wieder stärker an; die 10° C-Grenze wurde im Boden zunächst kurzfristig, Anfang Mai aber endültig überschritten. Die Monatsmittel der Bodentemperatur stiegen bis Ende Mai um weitere 7—9° C in den oberen Schichten, um 4—5° C in 1 m Tiefe an. Eine solche Erwärmung, verbunden mit ausreichender Wasserversorgung, förderte eine schnelle Entwicklung des Getreides. Das Ährenschieben setzte beim Winterroggen ein, nachdem die Mittelwerte der Bodentemperatur einige Tage lang höhere Werte als 15° C erreichten.

In Südbayern wurde im Mai eine bis in den Juli hinein anhaltende Trockenperiode eingeleitet. Ein Vergleich etwa zwischen Weihenstephan und Heidelberg zeigt die starke Benachteiligung des Südostens unserer Zone in Bezug auf die Wasserversorgung, die — vor allem für die Futterflächen — ungünstige Wachstumsbedingungen schuf. Die Armut an Bodenfeuchte wurde infolge des intensiveren Wasserzuges durch die Wurzeln noch verschärft. Im Juni setzte auch in den weiter nördlich gelegenen Landesteilen (Weißenburg) noch eine längere Zeit mit unternormalen Bodenfeuchteverhältnissen ein. Dabei stieg die Temperatur weiter an, wie die Abb. 14 zeigt. Hitze und Trockenheit gaben somit der Sommerwitterung in Süddeutschland ihr Gepräge, der Wasserbedarf der Pflanzen konnte nicht mehr gedeckt werden und es stellten sich beträchtliche Wachstumsstockungen ein, die sich stellenweise zu Dürreschäden steigerten.

In den von den anderen Stationen repräsentierten Landschaften war bei ebenfalls ansteigenden Temperaturen sowohl im Mai als auch im Juni immer nur ein kurzes und wenig tief reichendes Austrocknen der Böden zu beobachten; ansonsten bedingte die ausreichende Wasserversorgung einen guten Wachstumsstand. Auch im Juli und August war an keiner dieser Stationen eine für die Pflanzenentwicklung gefährliche Austrocknung festzustellen. Selbst in Südbayern fand die nunmehr 9 Wochen dauernde Trockenperiode mit den starken Niederschlägen um die Julimitte ihren Abschluß, was vor allem den Kartoffeln und Rüben, den Wiesen und den Sommerzwischenfrüchten zugute kam. In Weißenburg erreichten diese Hochsommer-Niederschläge zunächst nur Bodentiefen bis zu 30 cm, und es dauerte bis Ende August, ehe ein vollständiger Abschluß der Austrocknung erreicht wurde. Es darf übrigens als eine Besonderheit vermerkt werden, daß 1950 hier in Süddeutschland mitten im Hochsommer die Böden mit Wasser aufgefüllt wurden und dieses auch für den Rest des Jahres zum größten Teil halten konnten.

Die Bodentemperaturen hielten sich im Juni und Juli fast auf der gleichen Höhe und sanken erst im August um etwa 2° C ab. Im September wurde die 10° C-Grenze wieder unterschritten, was auch eine Abnahme der Verdunstung von Bodenwasser zur Folge hatte. So stieg die Bodenfeuchte bei starken Niederschlägen im September überall an, was sich teilweise für die Landwirtschaft ungünstig auswirkte, wenn man von den reinen Weidebetrieben und den Betrieben auf leichteren Böden absieht. Die reichliche Feuchte leistete der Entwicklung von Schädlingen und Pflanzenkrankheiten Vorschub. Das Kartoffelroten und die Herbstsaat des Wintergetreides wurden verzögert, besonders auf schweren Böden. Im Oktober gingen bei niederschlagsarmer Witterung die Werte der Bodenfeuchte noch einmal zurück. Längere ungestörte Perioden des Abtrocknens erlebten Gießen ab 5. Oktober und Geisenheim sowie Heidelberg in der dritten Dekade. Im Süden der US-Zone gestatteten die etwas häufigeren Regenfälle nur ein kurzfristiges Abtrocknen, das sich aber auch — wie im Norden — sehr segensreich auswirkte, da es die Bearbeitung der Felder und die Bergung der restlichen Hackfrüchte ermöglichte.

Die Temperatur ging im Oktober stark zurück, namentlich in der dritten Dekade, die uns die ersten Bodenfröste in diesem Herbst brachte. Die obersten Bodenschichten kühlten sich bis zum Monatsende um 9—10° C ab. Im November waren vor allem in Bayern die Böden kälter als in der übrigen US-Zone, was aus der Abb. 14 eindeutig hervorgeht. Der Dezember schließlich brachte dem Boden eine zusammenhängende Frostperiode. Eindringgeschwindigkeit und -tiefe waren jedoch wesentlich geringer als

während der Frostperiode zu Beginn dieses Jahres, was auf das Vorhandensein einer schützenden Schneedecke zurückgeführt werden muß.

Infolge der sehr reichlichen Niederschläge im November stieg die Bodenfeuchte in allen von uns untersuchten Schichten an, zumal die Verdunstung nur mehr sehr gering war. Wir gingen mit einem wesentlich höheren Wasservorrat in den Winter als im Vorjahr. Infolge der guten Durchfeuchtung reagierten die Böden dann aber auf weitere Niederschläge durch größeren oberflächlichen Abfluß und stärkere Sickerwasserabgaben an tiefere Bodenschichten. Der Grundwasserspiegel stieg stark an und die Flüsse zeigten hohe Pegelstände. Während der Frostperiode sickerte — genau wie dies für den Januar 1950 schon besprochen wurde — unterhalb der gefrorenen Bodenhorizonte das Wasser ab, ohne daß von oben her für Ersatz gesorgt war. Die daraus resultierende Bodenfeuchteabnahme war aber sehr gering. Der zu Beginn des Jahres festgestellte Wasserverlust blieb jetzt aus, da dem Boden eine Schneeschicht auflag, welche durch ihr Schmelzwasser die Bodenfeuchte sogar noch erhöhte.

Dieser Überblick für das Jahr 1950 zeigt uns, daß man in der Abweichung des Bodenfeuchtegehaltes von einem Mittelwert eine gute Maßgabe für den Nachweis hat, ob den Pflanzen in den Hauptbedarfszeiten ausreichend Wasser zur Verfügung steht. Wenigstens ist diese Methode bei kurzen Beobachtungsreihen zu empfehlen, während man beim Vorliegen umfangreichen Zahlenmaterials besser die Abweichungen vom mittleren Bodenfeuchte-Verlauf auf den Vergleichsflächen bzw. vom optimalen Bodenfeuchte-Verlauf unter Kulturwerten betrachtet.

5. Die Feuchte in verschiedenen Böden

Die Bodenfeuchte soll grundsätzlich auf natürlichem Boden ermittelt werden. Zur Klärung besonderer Fragen ist es aber von Vorteil, daß an der Agrarmeteorologischen Forschungsstelle in Gießen Bohrungen auf extremen, direkt nebeneinander in Betonkästen von 4 Quadratmeter Oberfläche und 1,75 Meter Tiefe eingebetteten Lysimeterböden durchgeführt werden. Die Abbildung 15 zeigt uns an Hand der für die Schicht von 10 bis 20 cm Tiefe im Sand, Löß und humosen Boden festgestellten Werte der Jahre 1948 bis 1951, daß die Bodenfeuchte der einzelnen Böden in ganz verschiedenen Grenzen schwankt. Der humose Boden ist weitaus am feuchtesten, was er besonders seiner Eigenschaft verdankt, das Wasser wie ein Schwamm aufzusaugen und festzuhalten. Obwohl auch der Löß gute wasserhaltende Kräfte besitzt, liegen seine Werte durchgehend wesentlich niedriger. Der Sand schließlich weist infolge der durch seine gröbere Struktur bedingten größeren Durchlässigkeit die niedrigsten Werte auf.

Die zu den drei Zackenkurven gehörenden punktierten Linien zeigen, wo der mittlere Bodenfeuchtegehalt in den drei Böden liegt. Man sieht sofort, daß auch die Schwankungen der Einzelwerte um dieses Mittel in jedem Boden ganz erhebliche Unterschiede voneinander aufweisen. Sehr starken Schwankungen beim humosen Boden stehen geringe Schwankungen im Sandboden gegenüber. Auch hierin drücken sich die Unterschiede der Böden in Textur und Struktur sehr augenfällig aus.

Die Schwankungen nehmen allgemein mit der Tiefe ab, sind aber dafür in der Schicht von 0 bis 10 cm Tiefe noch weit stärker als in der Abbildung 15. Tägliche Untersuchungen würden noch eine bedeutend unruhigere Bodenfeuchte-Linie liefern; bei dem relativ gro-

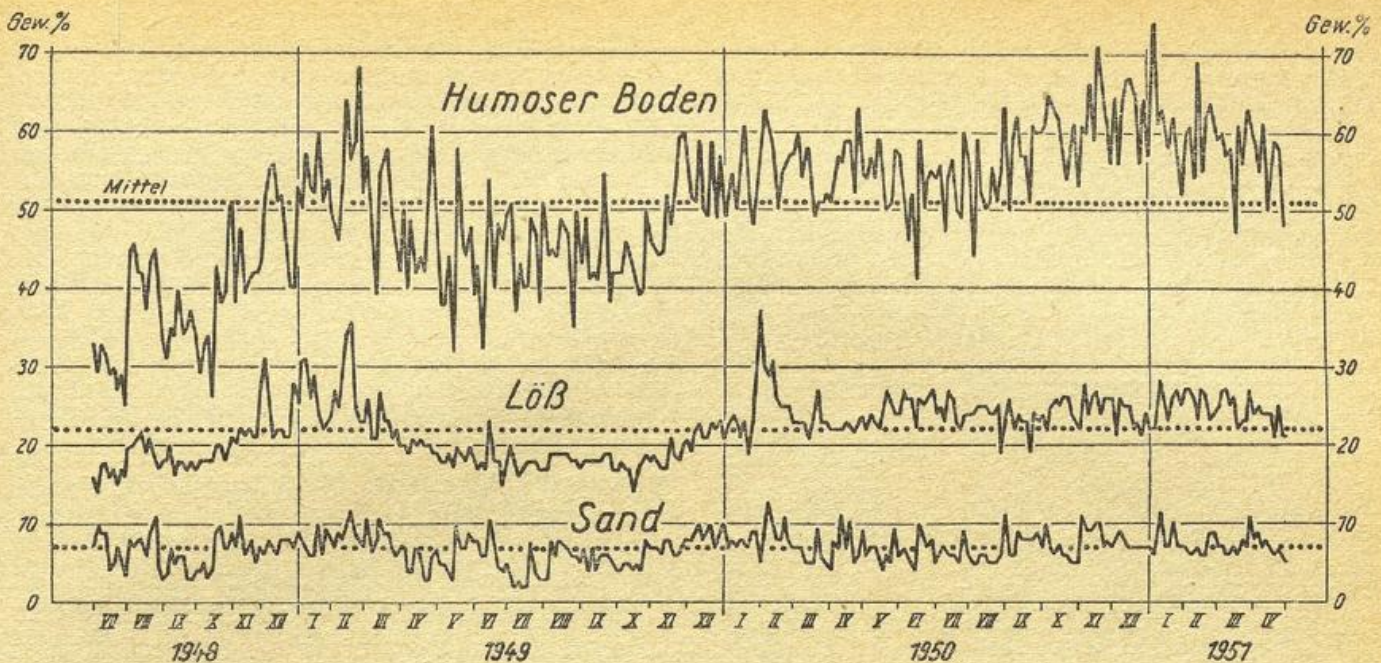


Abb. 15

Der Gang der Bodenfeuchte in der Schicht von 10–20 cm Tiefe
in drei extremen Böden der Gießener Lysimeteranlage

ßen zeitlichen Abstand der Bestimmungen (3–4 Tage) werden aber die Feuchtespitzen nach den Regenfällen häufig nicht erfaßt. Trotzdem behalten aber die Kurven für die Wiedergabe der mittleren Verhältnisse und der allgemeinen Tendenz der Feuchteänderungen ihren Wert.

Auch der Jahresgang in den betrachteten Jahren wird durch die Abbildung 15 veranschaulicht. Die Messungen begannen in dem trockenen Sommer 1948, stiegen dann zum Winter hin an, erreichten ihr Maximum im Februar und fielen im Sommer 1949 wieder ab. Das Jahr 1950 ließ die Werte kaum unter den mittleren Bodenfeuchtegehalt absinken und die erste Hälfte des Jahres 1951 war ebenfalls sehr feucht. Die Stärke der Jahresschwankung in den einzelnen Böden ist wieder ganz verschieden, man muß sie mit den Grenzwerten vergleichen, um sich über Gunst oder Ungunst der Wasserversorgung ins richtige Bild zu setzen. Beim Sand ist der Jahresgang nur schwach angedeutet, da die Durchlässigkeit dieses Bodens eine wesentliche winterliche Wasserspeicherung nicht ermöglicht.

Diese unterschiedlichen Verhältnisse in den einzelnen Bodenarten erschweren eine regionale Betrachtung der Bodenfeuchte ganz ungemein. Wie schon angedeutet, kann man diese Schwierigkeiten aber wenigstens teilweise dadurch meistern, daß man die Abweichungen vom mittleren Bodenfeuchte-Gehalt darstellt. Man denke sich in Abbildung 15 die Mittelwertslinien übereinandergeschoben! Dann kommen sich die Kurvenzüge, welche nunmehr die Abweichungen vom Mittel, also relative Werte, widerspiegeln, schon erheblich näher, obwohl es sich hier um ganz extreme Lysimeterböden handelt, mit denen man in der Natur kaum zu rechnen braucht. Vielmehr wird sich in den meisten Fällen der Gang der Abweichungen vom mittleren Bodenfeuchte-Gehalt in den verschiedenen natürlichen Böden einer Landschaft stark nähern, besonders dann, wenn man die kurzperiodischen Schwankungen noch durch ein Glättungsverfahren ausgleicht.

Vielleicht ist es möglich, auf dieser Tatsache eine Methode zur Bestimmung der Wasservorratsänderung in einem Flußgebiet aufzubauen. Kann man für ein solches Gebiet den mittleren Wassergehalt für die obersten 100 cm des Bodens abschätzen, dann genügt die laufende Bodenfeuchtemessung an nur einem

Punkt dieses Gebietes zum Festlegen der gesamten Wasservorratsänderung. Aber dies bedarf noch einer gründlichen Untersuchung. Vor allem müssen die Korrekturglieder für die Geländeneigung und den Bewuchs festgelegt werden.

6. Die Schaffung homogener Bodenfeuchte-Meßreihen

Der bei den Bodenfeuchte-Untersuchungen von Zeit zu Zeit notwendig werdende Feldwechsel bringt es mit sich, daß die nach Jahren vorliegenden Beobachtungsreihen inhomogen sind. So zeigt beispielsweise die im Anhang veröffentlichte Heidelberger Meßreihe im Juni 1949 beim Überwechseln vom Botanischen Garten auf das Versuchsfeld am Grenzhof einen scharfen Sprung. Dies wirkt sich insofern unangenehm aus, als man aus diesem Gelände immer nur die auf einunddemselben Bodenstück gewonnenen Werte zur Beantwortung irgendwelcher bodenklimatischer Fragen heranziehen kann. Nach 10 oder 20 Jahren wird man dann auf eine Kette solcher Teil-Meßreihen zurückblicken und, wenn man etwa eine jährliche „Normalkurve“ des Bodenfeuchte-Verlaufes (siehe Abschnitt E 7) konstruieren oder eine andere, ähnliche Aufgabe lösen will, versuchen müssen, eine homogene Reihe zu schaffen. Dies zu erreichen, ist aber im allgemeinen gar nicht so schwierig.

Die zu den Messungen während verschiedener Zeitspannen herangezogenen Felder liegen immer noch so dicht beieinander, daß sie fast den gleichen Witterungsbedingungen ausgesetzt sind. Deshalb würden auch gleichzeitige Messungen auf den betrachteten Feldern einen parallelen Gang der Bodenfeuchte aufzeigen. Es erscheint daher ohne weiteres möglich, zwei auf verschiedenen Feldstücken gewonnene Meßreihen aneinanderzuschließen, sofern diese Beobachtungsreihen für eine Bestimmung des mittleren Bodenfeuchte-Gehaltes auf beiden Flächen lang genug sind. Dies sei an Abbildung 16 demonstriert.

Hier gibt die punktierte Linie die monatlichen Mittel in 10 bis 20 cm Tiefe der an den einzelnen (meist neun) Beobachtungstagen festgestellten Bodenfeuchte-Werte in Heidelberg und die ausgezogene Linie jene vom Gießener lehmigen Sandboden wieder. Die mo-

natlichen Mittel der beiden Stationen sind gut miteinander vergleichbar, da hier an denselben Tagen und deshalb auch gleich häufig beobachtet wurde.

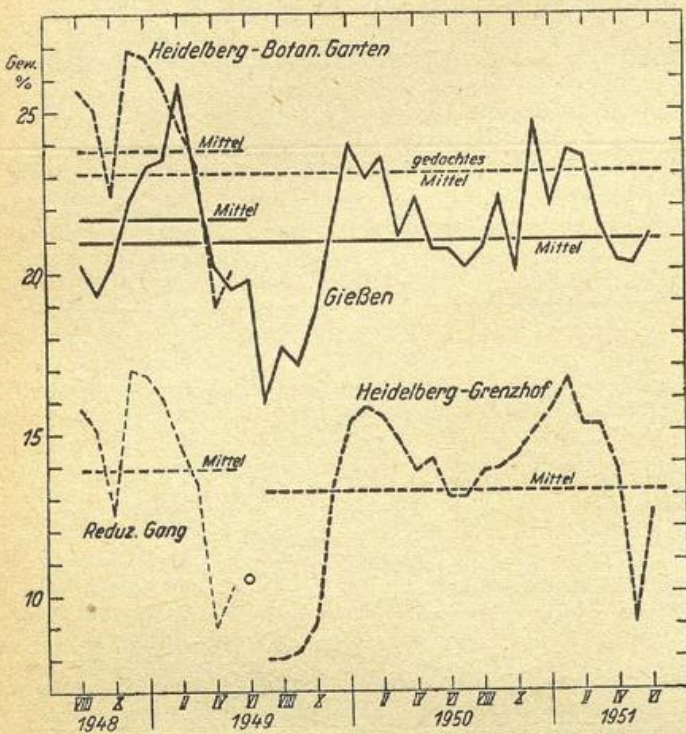


Abb. 16

Monatsmittel der Bodenfeuchte und mittlerer Bodenfeuchte-Gehalt in Heidelberg und Gießen in 10–20 cm Tiefe

Die Kurven beider Stationen verlaufen einander ziemlich parallel, nur liegen im Heidelberger Botanischen Garten die monatlichen Bodenfeuchte-Mittelwerte — und damit auch die Einzelwerte — wesentlich höher als auf dem Versuchsfeld am Grenzhof. Dies wird besonders durch einen Vergleich mit der Gießener Kurve verdeutlicht. Die waagerechten Linien geben für die beiden Stationen Heidelberg und Gießen die aus den gesamten Einzelwerten der betreffenden Intervalle errechneten Mittelwerte an; dabei ersieht man die Größe dieser Intervalle aus der Länge der Linien.

Betrachten wir zunächst die Zeit, während welcher im Heidelberger Botanischen Garten beobachtet wurde, d. h. die Monate August 1948 bis Mai 1949! Dann sehen wir, daß der in Gießen für diesen Zeitraum errechnete Mittelwert höher lag als der für den gesamten Zeitraum von August 1948 bis mit Juni 1951. Die Differenz — welche darauf zurückzuführen ist — daß der kurze Zeitabschnitt auf das feuchtere Winterhalbjahr fiel, beträgt 0.7 Gewichtsprozente. Man kann also annehmen, daß der Mittelwert für den Botanischen Garten Heidelberg bei einer längeren Beobachtungsreihe auch um einige Zehntelprozente tiefer liegen würde, als in dem kurzen Intervall, etwa bei 23.1 %, anstatt bei 23.8%. Dieses gedachte Mittel wurde in der Abb. 16 eingezeichnet. Der Boden im Botanischen Garten Heidelberg ist also im Mittel um 2.1% feuchter als der Gießener lehmige Sand.

Für den Zeitraum von Juni 1949 bis Juni 1951 errechnet sich aus den Gießener Beobachtungen ein Mittelwert von 21.0% (also der gleiche wie für den Gesamtzeitraum) und aus den Heidelberger Daten ein Mittelwert von 13.2%. Der Boden auf dem Versuchsfeld am Grenzhof ist also im Mittel um 7.8% trockener als der Gießener lehmige Sand. Der Unterschied zwischen dem Botanischen Garten und dem Versuchsfeld macht also 9.9% aus.

Um nun die im Botanischen Garten gewonnene Reihe an die des Grenzhofes anschließen zu können, muß man den gedachten langjährigen Mittelwert (23.1%) für den Botanischen Garten so verschieben, daß er mit dem langjährigen Mittelwert für das Versuchsfeld zusammenfällt. Dann kann man den reduzierten Bodenfeuchte-Gang für Heidelberg ohne weiteres in das Diagramm einzeichnen; er zeigt an, wo die Monatsmittel auf dem Versuchsfeld am Grenzhof etwa gelegen hätten, wenn hier zu jener Zeit Messungen durchgeführt worden wären. In gleicher Weise kann man auch mit den Einzelwerten verfahren und die auf verschiedenen Feldstücken gewonnenen Reihen durch Übereinanderschleiben der Mittelwertlinien aneinander anschließen, wie dies in Abb. 17 getan wurde. Es ist

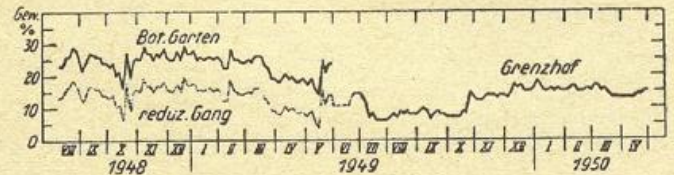


Abb. 17

Verlauf der Bodenfeuchte in Heidelberg in 10–20 cm Tiefe

durchaus glaubwürdig, daß sich die Bodenfeuchte auf dem Versuchsfeld in gleicher Weise entwickelte, wie dies der reduzierte Gang (punktirierte Linie) angibt. Auf diese Weise ermittelt man neue Werte für die einzelnen Bodenschichten und schafft so homogene Reihen. Nur muß man darauf achten, daß man als Ersatz für eine aufzugebende Untersuchungsfläche wieder ein Feldstück der gleichen Bodenart sucht, damit nicht ein Aneinanderschließen der Meßreihen durch die unterschiedlichen Schwankungen der Einzelwerte auf verschiedenen Böden in Frage gestellt wird. Die Tendenz der Schwankungen wäre allerdings auch in diesem Falle auf den Flächen gleich, so daß man durch ein Glätten der Teilreihen immer noch wenigstens einen homogenen Kurvenzug schaffen kann, der den Verlauf der Bodenfeuchte erkennen läßt, wenn auch eine aus Einzelwerten bestehende homogene Reihe auf diese Weise nicht zu erzielen ist. Nahtstellen, wie im Juni bei dem Heidelberger Beispiel, überbrückt man — wenn notwendig — am besten dadurch, daß man an Hand eines Vergleiches der Mittelwertkurven von zwei Stationen das Monatsmittel der Bodenfeuchte in dem betreffenden Monat abschätzt (kleiner Kreis in Abbildung 16) und durch eine horizontale Linie, die bei diesem Monatsmittel liegt, die beiden Kurvenzüge (Abb. 17) miteinander verbindet.

Bei längeren Meßreihen ist die Realität der verwandten Mittelwerte kaum anzuzweifeln. Aber bei kürzeren Reihen ist die Untersuchung, ob der für eine kurze Zeitspanne errechnete mittlere Bodenfeuchte-Gehalt eines bestimmten Feldstückes mit dem wirklichen indentisch sein könnte, unerlässlich. Dies kann man natürlich nur durch einen Vergleich klären, wie er in unserem Beispiel angestellt wurde. Dabei ist es etwas unglücklich, daß zwei so weit voneinander entfernt liegende Orte miteinander verglichen werden mußten. Es ist besser, wenn man zum Vergleich die Messungen auf anderen Flächen der gleichen Station — etwa die unter Rasen — heranziehen kann. Man sollte, um dies zu ermöglichen, niemals alle Untersuchungsflächen zu gleicher Zeit wechseln, sondern die Vergleichsfläche vielleicht ein Jahr später als den Rasen und umgekehrt. Ein gutes Hilfsmittel zum möglichst fehlerfreien Aneinanderschließen von Teil-Meßreihen erhält man auch dadurch, daß man beim Feldwechsel noch 1–2 Monate hindurch Parallelmessungen auf der alten Untersuchungsfläche durchführt.

Ganz allgemein sei zu diesem Punkt gesagt, daß man mit etwas Fingerspitzengefühl ganz gut zu „quasihomogenen“ Reihen kommen kann. Man darf bei der Bearbeitung der Bodenfeuchte-Meßwerte auch nicht zu genau sein wollen, wenigstens nicht genauer, als man bei der Messung selbst sein kann.

7. Die Abweichungen vom mittleren Bodenfeuchte-Verlauf

Während der mittlere Bodenfeuchte-Gehalt schon nach verhältnismäßig kurzer Zeit so bestimmt werden kann, daß man mit wesentlichen Änderungen nicht mehr zu rechnen braucht, benötigt man zum Festlegen des mittleren Bodenfeuchte-Verlaufs bedeutend längere Reihen von Beobachtungen, die aber bis heute leider noch nicht vorliegen. Um jedoch zu zeigen, wie man sich durch eine Darstellung der Abweichungen vom mittleren Bodenfeuchte-Verlauf ein wertvolles Hilfsmittel für den großräumigen Vergleich der Bodenfeuchte verschaffen kann, sei es erlaubt, in der Abbildung 18 den auf Grund dreijähriger Messungen im sandigen Lehm Boden des Versuchsfeldes *Heidelberg-Grenzhof*, einschließlich der reduzierten Beobachtungsreihe (siehe Abschnitt E 6), für die Schicht von 10 bis 20 cm Tiefe festgelegten mittleren Bodenfeuchte-Verlauf (gestrichelter Linienzug) als „Normalkurve“ zu deklarieren. Sicher sind die wesentlichen Züge des endgültigen mittleren Bodenfeuchte-Verlaufs in diesem

und läßt die vom Normalverlauf abweichenden Verhältnisse in diesem Jahre erkennen. Zur Unterstützung des Beschauers wurden die positiven Abweichungen, d. h. die Zeiten mit übernormalem Bodenfeuchtegehalt, stark schraffiert. Die horizontale punktierte Linie bei 13,4 Gewichtsprozent charakterisiert den mittleren Bodenfeuchte-Gehalt im betrachteten Boden. Man sieht, daß bei einem Vergleich mit der Normalkurve auch im Winter unternormale Bodenfeuchten festgestellt werden, während dies bei der Darstellung der Abweichungen vom mittleren Bodenfeuchte-Gehalt (hier punktierte Waagerechte) nicht zu erwarten ist. Wie sich die sommerlichen Nässeperioden bei beiden Darstellungs-Methoden im Stärkegrad voneinander unterscheiden, wird an den verschieden stark schraffierten Flächen deutlich, die einmal die Abweichungen vom mittleren Gehalt an Bodenfeuchte und zum anderen von deren mittleren Verlauf deutlich machen. Gegenüber dem normalen Bodenfeuchte-Verlauf hebt sich für Heidelberg der Sommer 1950 besser als besonders feucht hervor als gegenüber dem mittleren Bodenfeuchte-Gehalt.

Es steht außer Zweifel, daß die Darstellung der Abweichungen vom normalen Bodenfeuchte-Verlauf im Laufe der Jahre an Bedeutung gewinnen wird, und zwar in dem gleichen Maße, in dem sich die jährlich neu zu errechnende „Normalkurve“ ihrer endgültigen Form nähert. Dabei ist es gleichgültig, ob man diese Abweichungen in der Form von Ganglinien oder in einem Zeit-Tiefen-Diagramm mit Isoplethen darstellt.

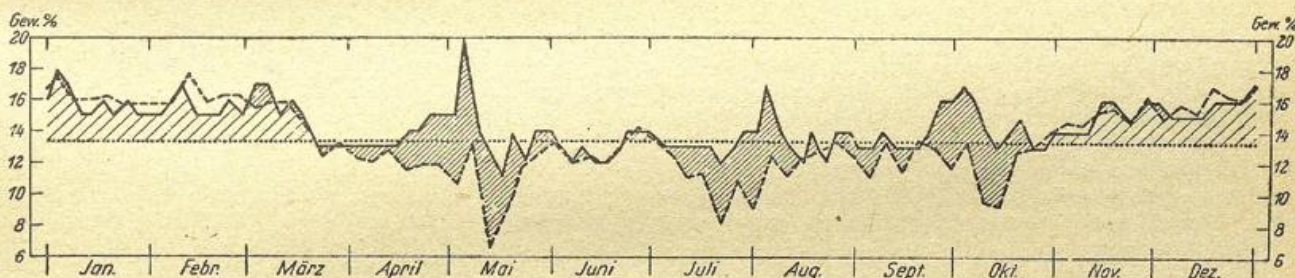


Abb. 18
Verlauf der Bodenfeuchte im Jahre 1950 in Heidelberg, verglichen mit den hier herrschenden mittleren Verhältnissen (sandiger Lehm, 10–20 cm Tiefe)
..... Mittlerer Bodenfeuchte-Gehalt
- - - - - Mittlerer Bodenfeuchte-Verlauf
— Bodenfeuchte-Verlauf 1950

Behelf auch schon zu erkennen, der mit Hilfe von Pentadenmitteln konstruiert wurde. Das ganze Jahr wurde in Pentaden eingeteilt und dann die jeweils in diese kleinen Intervalle fallenden Werte zu einem Mittel zusammengefaßt. Jede Jahreskurve der Bodenfeuchte wird in groben Zügen dieser „Normalkurve“ ähneln und im Winter ein Maximum, im Sommer ein Minimum an Bodenwasser aufzeigen. Bei der Darstellung der Abweichungen vom Bodenfeuchte-Gehalt wird dieser Grundtatsache Rechnung getragen; die Wintermonate haben auf alle Fälle positive und die Sommermonate meist negative Abweichungen, und man erkennt nur an deren Stärke, ob es sich um einen besonders nassen Winter bzw. um einen außergewöhnlich trockenen Sommer handelt.

Nun ist es aber für viele Fragen wichtig, die Abweichungen vom normalen Bodenfeuchte-Verlauf zu kennen. Beispielsweise wäre nachzuprüfen, ob und wie stark anormal nasse Winter die Ernteerträge herabsetzen. Dann muß man eben den Bodenfeuchte-Verlauf des zu untersuchenden Jahres mit den Normalkurven vergleichen, wie das beispielsweise in Abbildung 18 durchgeführt wurde. Hier spiegelt die ausgezogene Kurve den Verlauf der Bodenfeuchte — ebenfalls im Heidelberger sandigen Lehm — im Jahre 1950 wider

Hauptsache bleibt, daß man Aussagen darüber machen kann, wie sich innerhalb eines bestimmten Zeitraumes die Bodenfeuchte-Verhältnisse in den verschiedenen Landschaften im Vergleich zu Normaljahren entwickelt haben.

8. Die Umrechnung der Bodenfeuchte-Werte in Volumenprozent

Es ist meist üblich, die Bodenfeuchte in Gewichtsprozenten anzugeben, d. h. den Wassergehalt des Bodens (in Gramm) auf 100 Gramm getrockneten Bodens zu beziehen. Für viele praktische Zwecke rechnet man aber diese Gewichtsprozent-Angaben für die 10-cm-Schichten durch Multiplikation mit dem für die gleichen Schichten festgestellten Volumengewicht in Volumenprozenten um. Diese Volumenprozent sind zahlenmäßig gleich der Wassermenge in Litern je Quadratmeter, die in einer 10 cm hohen Schicht enthalten ist. Auf diese Weise kann man die Bodenfeuchte-Werte direkt mit der Niederschlagsmenge vergleichen, die ja auch in Litern je Quadratmeter bzw. in Millimetern angegeben werden. Diese Millimeter-Angaben für die einzelnen 10 cm dicken Schichten lassen sich auch für beliebige dicke Bodenschichten addieren, und man gibt

dann beispielsweise das Bodenwasser auf 100 cm Tiefe in Millimetern an. Eine solche Summation bietet vor allem bei Bilanzrechnungen gewisse Vorteile. Dagegen warnt *Gliemeroth* (11) vor falschen Schlüssen bei einer volumprozentigen Betrachtung der bearbeiteten Ackerkrume. Während nämlich mit zunehmender Bodenlockerung ein Absinken des volumprozentigen Wasserhaltevermögens beobachtet wird, bleibt das gewichtsprozentige gleich (erst bei starker Bodenverfestigung sinkt auch das gewichtsprozentige Wasserhaltevermögen ab). Die Bodenfeuchte-Werte in Gewichtsprozenten sind also u. U. für den Praktiker bedeutungsvoller, da ihr Gleichbleiben der Tatsache Rechnung trägt, daß auch die Gesamtwassermenge bei der Bodenlockerung gleich bleibt, d. h. daß den Pflanzen gleich viel Wasser zur Verfügung steht. Die Auflockerung auf ein größeres Porenvolumen schafft eine dickere Bodenschicht und somit verteilt sich die vorhandene Wassermenge über einen größeren Raum, wodurch aber die Pflanzen nicht schlechter gestellt werden. Vergleichbare Werte für das Wasserhaltevermögen in der Ackerkrume bei unterschiedlicher Struktur sind also nach *Gliemeroth* nur dann zu erhalten, wenn entweder nur der Wassergehalt der Ackerkrume oberhalb der Bearbeitungszone insgesamt erfaßt oder der Wassergehalt auf die Gewichtseinheit trockenen Bodens bezogen wird. Erstrecken sich dagegen die Untersuchungen auf die gesamte durchwurzelte Schicht, so können die durch wechselnde Struktur in der Bearbeitungszone entstehenden Fehler entweder vernachlässigt oder der Wassergehalt oberhalb der Bearbeitungsgrenze insgesamt gesondert in Millimetern betrachtet werden.

Das zur Umrechnung der Bodenfeuchte-Werte in Volumenprozent benötigte Volumengewicht muß durch besondere Bodenuntersuchungen ermittelt werden. Die im Anhang veröffentlichten Volumengewichte für die Station Heidelberg-Grenzhof wurden von der Agrarmeteorologischen Forschungsstelle in *Geisenheim* (Leiter: Dr. *Weger*) nach der im folgenden beschriebenen Methode bestimmt:

Das Volumengewicht r ist durch folgende Formel festgelegt:

$$r = s \left(1 - \frac{PV}{100} \right)$$

worin s das spezifische Gewicht und PV das Porenvolumen darstellen. Diese beiden Größen (s und PV) sind also zu ermitteln.

1. Bestimmung des spezifischen Gewichts (nach dem „Methodenbuch“ von *R. Herrmann*, Verlag Neumann, Neudamm und Berlin, 1941, Seite 30).

Das spezifische Gewicht ist das Gewicht der Raumeinheit der festen Bodenmasse.

$$s = \frac{G}{V_0}$$

wobei G das Gewicht in Gramm und V_0 den Rauminhalt der wasserfreien festen Bodenmasse in cm^3 bedeuten. Ein 50cm^3 -Pyknometer wird mit gut zerriebener, lufttrockener Feinerde auf $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ angefüllt, im Trockenschrank bei 105°C mindestens 8 Stunden lang getrocknet und nach dem Auskühlen im Exsikator zur Bestimmung der Gewichtsmenge des Bodens gewogen. Hierauf wird das Pyknometer aus einer bei gleicher Temperatur wie dieses geeichten automatischen 50cm^3 -Bürette mit reinem Xylol (oder Brennspritus) längs der Gefäßwand bis etwa unter den Hals angefüllt und nach Aufsetzen des Stöpsels gut geschüttelt (schiefes Rollen), um die Luft auszutreiben. Nach dem Schütteln bleibt das Pyknometer zwecks Temperatenausgleichs kurz stehen und wird dann aus der Bürette bis zur Marke aufgefüllt. An der Büretteneinteilung wird das

Bodenvolumen in cm^3 abgelesen (der Rest in der Bürette ist gleich dem Volumen des eingefüllten Bodens) und das spezifische Gewicht nach der obenstehenden Formel berechnet.

2. Bestimmung des Porenvolumens.

a) Die Probeentnahme mit 100cm^3 -Stechzylindern.

Bis zur gewünschten Tiefe wird eine Grube ausgehoben. Bei Untersuchungen bis 1 m Tiefe muß sie so groß sein, daß ein Mann bequem darin stehen bzw. sich bewegen kann, um noch an der Sohle der Grube die unterste Probe entnehmen zu können. Es müssen je Tiefenstufe mindestens 4 Proben entnommen werden, da die Ergebnisse stark streuen. Ob man nun 4 gesonderte Gruben aushebt oder sich auf eine beschränkt, hängt von den örtlichen Verhältnissen ab bzw. davon, ob der Boden bestellt ist oder nicht. Im ersteren Falle wird man sich auf eine Grube beschränken müssen, um den entstehenden Schaden möglichst klein zu halten. Die Proben werden dann an den 4 Seiten der Grube entnommen. Bestehen keine Bedenken wegen des verursachten Schadens bei bestellten Feldern, so sind 4 Gruben gleichmäßig verteilt vorzuziehen, um ein repräsentatives Mittel für den zu untersuchenden Boden zu erhalten. Die Wand (oder Wände), in welche die Zylinder eingestochen werden, müssen mit dem Spaten glatt abgestochen werden. Zum Messen der Tiefe verwendet man einen festen Zollstock. Gut bewährt hat sich der Wanderschneepegel. Es ist dabei darauf zu achten, daß nach dem Ausheben der Grube auch tatsächlich von der Oberfläche aus gemessen wird und nicht von der Sohle der Grube, die sich leicht durch hereinfallenden Boden ändert, nachdem die untersten Zylinder eingedrückt worden sind. Die Zylinder sollen mit dem Aufsatzrohr durch einen gleichmäßigen Druck in der Mitte der einzelnen Tiefenstufen (bei 10 cm Abstand also bei 5, 15, 25 usw. cm) in den Boden gedrückt werden. Ist der Boden so fest, daß dies mit der Hand nicht möglich ist, dann steche man mit dem Spaten dicht am Aufsatzrohr vorbei in die Sohle der Grube und benutze den oberen Teil des Spatens als Hebelarm. Man sollte nur im äußersten Notfall zum Hammer greifen. Der Stechzylinder ist mit dem Aufsatzrohr so weit in den Boden zu drücken, daß das Aufsatzrohr etwa 2–3 cm vom Boden bedeckt ist. Das Aufsatzrohr muß dann mit äußerster Vorsicht durch langsames, millimeterweises Drehen ohne es zu verkanten vom Stechzylinder gelöst werden. Macht man dieses nicht vorsichtig genug, dann wird ein Teil der Probe aus dem Stechzylinder herausgebrochen und die Probenentnahme dieser Tiefenstufe muß wiederholt werden. Der letzte Arbeitsgang erfordert einige Übung; man darf sich durch die ersten Mißerfolge nicht verdrießen lassen. Ein nachträgliches Eindringen des herausgefallenen Teiles der Probe ist als Fälschung der natürlichen Struktur des Bodens abzulehnen. Sie würde die gesamte Untersuchung des Porenvolumens in Frage stellen. Nachdem alle Tiefenstufen mit Zylindern versehen worden sind, werden sie vorsichtig ausgegraben. Dabei muß bei jedem Zylinder auf beiden Seiten noch Boden überstehen, der nun mit einem scharfen Messer oder besser noch mit einem an den beiden Enden eines Bügels aufgespannten dünnen Stahldraht abgeschnitten wird. Die Zylinder werden dann mit den dazugehörigen Deckeln verschlossen.

b) Die experimentelle Bestimmung des Porenvolumens:

Gerät: 40 Stülpedeckeldosen (ϕ 10 cm, Höhe 3 cm; nicht kleiner, eher größer), 1 Mörser, mindestens 4 Meßkolben 200—250 ccm für 20° C (besser ist es, wenn 10 Kolben zur Verfügung stehen), 1 kleiner Glastrichter zum Einfüllen des Petroleums, 1 Bürette 50 oder 100 ccm für 20° C, 1 Stativ und 1 Bürettenhalter.

Bestimmung: Die Proben werden aus den Stechzylindern in die nummerierten Stülpedeckeldosen gebracht. (Dies wird meistens schon im Gelände geschehen müssen, da nicht genügend Stechzylinder zur Verfügung stehen.) Es ist zweckmäßig, ein genaues Protokoll zu führen, um Irrtümer zu vermeiden. Die Dosen mit den Proben bleiben 5—6 Tage offen im Zimmer stehen, bis sie vollständig lufttrocken sind. Danach wird der Boden mit einem Mörser fein zerkleinert und die Restfeuchtigkeit nach der üblichen Methode (im Trockenschrank) bestimmt. Der zur Feuchtebestimmung verwandte Boden muß in die entsprechenden Dosen vollständig zurückgegeben werden. Der Boden bleibt dann noch einmal unter öfterem Umwenden 24 Stunden stehen, damit der getrocknete Teil wieder die Feuchte des lufttrockenen Bodens annehmen kann. Nun läßt man in die Kolben (numerieren!) je nach Größe 100 bis 150 ccm Petroleum vorkommen, so daß für die Probe noch 100 ccm übrigbleiben. Danach wird der Boden unter öfterem Schütteln dazugegeben, wiederholt mit Petroleum bis zum Eichstrich nachgefüllt, bis keine Luftbläschen mehr aufsteigen und an der Bürette die ccm des eingefüllten Petroleum abgelesen, die zusammen mit dem ermittelten Was-

sergehalt des lufttrockenen Bodens das Porenvolumen angeben. Nach der Messung kann das überstehende Petroleum im Kolben vorsichtig abgegossen und wieder verwandt werden.

Die bei der Proben-Entnahme mit herausgestochenen Steine und sonstigen Bestandteile werden mit in die Bestimmung des Porenvolumens hereingenommen. Zu diesem Zwecke müssen sie unter Umständen so zerkleinert werden, daß sie in den Meßkolben hineingehen. Es soll ja nicht das Porenvolumen der Feinerde, sondern das des natürlichen Bodens mit seinen Bestandteilen, auch den nicht porösen, bestimmt werden. Proben mit größeren Steinen, die zum Teil in den Stechzylinder nicht hineinpasse, werden allerdings ausgeschlossen. Der bessere Weg wäre der, Austechzylinder mit einem größeren Volumen, z. B. 1000 cm³, zu verwenden. Aber für unsere Zwecke reicht die beschriebene Methode bei nicht allzu steinigem Böden schon aus, sofern mehrere Wiederholungen angestellt werden.

Es empfiehlt sich, nach jeder Meßserie die Kolben mit Benzin auszuspülen, welches die geringen Petroleumreste auflöst und schnell verdunstet. Wasser wird man zweckmäßigerweise nicht verwenden.

Als Beispiel soll nun die Bestimmung des Volumengewichtes in Heidelberg angeführt werden, für die Meßkolben von 200 ccm Inhalt zur Verfügung standen. Die vorausgehende Feuchtebestimmung nach 7tägiger Lufttrocknung ergab die unter f stehenden Werte (Gewichtsprozente), welche aus je 4 Proben gemittelt wurden. Die insgesamt zugeführten Petroleummengen — ebenfalls wieder Mittel aus je 4 Proben — stehen unter p, während die Spalte PV das Porenvolumen und s die spezifischen Gewichte der einzelnen Schichten angibt.

Tiefe in cm	f in Gew. %	p in ccm	PV in ccm	s	$1 - \frac{PV}{100}$	r
0—10	1.2	100+43.9	45.1	2.44	0.55	1.34
10—20	1.5	100+36.6	38.1	2.50	0.62	1.55
20—30	1.4	100+32.8	34.2	2.38	0.66	1.57
30—40	1.2	100+37.9	39.1	2.44	0.61	1.49
40—50	1.2	100+33.5	34.7	2.50	0.65	1.63
50—60	1.3	100+35.2	36.5	2.44	0.63	1.54
60—70	1.3	100+38.1	39.4	2.57	0.61	1.57
70—80	1.3	100+36.9	38.2	2.57	0.62	1.59
80—90	1.5	100+36.6	38.1	2.44	0.62	1.51
90—100	2.5	100+33.2	35.7	2.44	0.64	1.56

Mit dem Volumengewicht r werden die Gewichtsprozentangaben multipliziert, wodurch man auf die Volumenprozente kommt. An der Größe von r erkennt man die lockere Lagerung der Ackerkrume und die dichtere des Untergrundes. Außer durch die Bearbeitung wird das Volumengewicht an der Oberfläche durch die Witterung beeinflusst: Trockenperioden und Frost bewirken eine Auflockerung, stärkere Niederschläge ein Verschlämmen und damit eine Verdichtung des Bodens. Die Schwankungen sind aber nicht erheblich, namentlich nicht bei bewachsenen Flächen. Es ist aber trotzdem notwendig, die Volumengewichte jährlich neu zu bestimmen.

F. Die Bodenfeuchte unter verschiedenen Kulturen.

1. Notwendigkeit und Ziel der Untersuchungen unter Kulturen

Gegenüber den anderen Meßfeldern ist auf den bisher besprochenen Vergleichsflächen, d. h. auf dem unbewachsenen und unbearbeiteten Feldstücken, die Bodenfeuchte im allgemeinen am höchsten, und man wird

immer in Gedanken Abstriche machen müssen, wenn man von den hier gewonnenen Werten auf jene schließen will, die unter den Pflanzenbeständen zu erwarten wären.

Aber bei einer solchen Abschätzung kommt man natürlich zu sehr ungenauen Ergebnissen, da sowohl die Auffüllung des Bodens mit Wasser als auch seine Austrocknung unter Kulturen ganz anders verlaufen als auf der wasserspeichernden Brache. Für die Ausschöpfung des bestandenen Bodens ist ja die Wurzelverteilung der Pflanzen ausschlaggebend, so daß sich auch der Hauptwasserbedarf der einzelnen Kulturen auf verschiedene Bodenhorizonte erstreckt. Diese Tatsache läßt den Gedanken aufkommen, unter den Kulturen selbst Untersuchungen durchzuführen und so von hier direkte Werte zu erhalten. Derartige Untersuchungen liegen natürlich schon lange vor; mit ihnen versuchten die Landbauwissenschaftler die mannigfaltigsten Probleme zu klären, die sich ihnen bei ihren täglichen Arbeiten aufdrängten. Dabei steht die Frage nach dem Wasserbedarf der Kulturpflanzen im Vordergrund; man hat herausgefunden, daß der Hafer besonders viel Wasser beansprucht, die Kartoffel dagegen verhältnismäßig wenig usw. Solche Ergebnisse interessie-

ren besonders im Hinblick auf die Fruchtfolge, denn es ist doch für die nachfolgende Kultur sehr wichtig, in welchem Zustand die vorangegangene den Acker verlassen hat. Andere Überlegungen beziehen sich auf das Zusammenwirken von Düngung und Wassergehalt, da ja für die Pflanzen nicht allein die zur Verfügung stehende Wassermenge, sondern vielmehr auch die im Wasser gelösten Nährstoffe von Bedeutung sind. Solche und ähnliche spezielle Fragen interessieren aber — wie schon gesagt — vor allem den Landwirt, während es dem Wetterdienst bei den Untersuchungen unter Kulturen wiederum um großräumige Betrachtungen geht, um eine Beurteilung des bodenklimatischen Einflusses auf die unterschiedlichen Ernteergebnisse in den verschiedenen Landschaften, um die Abschätzung der Verdunstung vom bewachsenen Boden usw. Beide Fachrichtungen sind also sehr interessiert an den Messungen unter Kulturen. Während aber der Landwirt im allgemeinen mit der Beobachtungsreihe einer Station, nämlich der seinem Versuchsfeld am nächsten gelegenen, zufrieden ist, benötigt der Wetterdienst wieder netzmäßige Beobachtungen.

Genau wie bei den Vergleichsflächen ist selbstverständlich auch bei einer solchen regionalen Betrachtung der Bodenfeuchte unter verschiedenen Kulturen die Einheitlichkeit der Beobachtungen eine unerläßliche Voraussetzung. Im Abschnitt D war schon dargelegt worden, daß Untersuchungen unter Spätkartoffeln und unter Winterroggen zum Beobachtungsprogramm des Wetterdienstes gehören, da diese beiden Kulturpflanzen auf fast allen Böden vorkommen und im Wasserbedarf während des Jahres charakteristische Unterschiede zeigen. Diese Tatsache läßt sich mit Hilfe der Abbildung 19 belegen, die auf Grund der Geisenheimer Untersuchungen von Weger (12) entworfen wurde. In

gleich feucht (15—20%) war, im Juni das Winterroggenfeld schnell austrocknete, während der Spätkartoffelacker seine Feuchte beibehielt. Man sieht auch, daß die Austrocknung beim Roggen nicht nur von oben nach unten, durch die Verdunstung an der Oberfläche, sondern auch von den tieferen Schichten her vor sich ging — eine Folge des im Juni, von der Zeit des Ährenschiebens an, erhöhten Wasserbedarfes des Roggens; letzterer kann sich ja mit Hilfe seiner bis 1.5 m langen Wurzeln das Wasser aus der Tiefe holen. Erst in der 2. Julihälfte, als nach der Ernte der Wasserverbrauch des Roggens wegfiel, drang das Niederschlagswasser immer tiefer ein und brachte die Bodenfeuchte Anfang August auf einen noch höheren Stand als dies Ende Mai der Fall war.

Bei den Spätkartoffeln war es umgekehrt: die Abnahme der Bodenfeuchte setzte später, im Juli, ein und hielt in zunehmendem Maße im August an, so daß es nunmehr unter dem Kartoffelbestand trockener wurde als im abgeernteten Roggenfeld; bekanntlich haben die Spätkartoffeln ihren größten Wasserbedarf im Juli und August. Bemerkenswert ist noch, daß die Regenfälle Anfang August im Spätkartoffelacker eine geringere Durchfeuchtung des Bodens bewirkten; aus diesem Unterschiede sieht man, welche Wassermengen die Kartoffeln im Vergleich zum leeren Roggenfeld mehr verbraucht haben. Unter Kulturen wird — genau wie unter Rasenflächen — der Wasservorrat noch angegriffen, wenn im unbewachsenen Boden schon die Auffüllung beginnt.

Mit den bereits angelaufenen Untersuchungen unter diesen beiden Kulturen schafft der Wetterdienst die Möglichkeit, eine regionale Betrachtung der Bodenfeuchte unter Kulturen neben jene unter dem unbewachsenen Boden zu stellen. Zur Ergänzung, namentlich für die mit den agrarmeteorologischen Forschungsstellen zusammenarbeitenden Landwirte, werden an den einzelnen Stationen noch andere Kulturen in das Beobachtungsprogramm mit einbezogen. Besonders umfangreiche Untersuchungen verdanken wir dabei der Agrarmeteorologischen Station in Stuttgart-Hohenheim, über die Baier (13) berichtet, und der Agrarmeteorologischen Forschungsstelle in Geisenheim, die vor allem auch Messungen in einem Weinberg durchführt, und deren Beobachtungsergebnisse im Anhang veröffentlicht werden.

2. Die Mittel- und Grenzwerte der Bodenfeuchte unter Kulturen

Die unter den Kulturen ermittelten Werte lassen sich grundsätzlich genau so behandeln wie die Meßergebnisse der Vergleichsflächen. Man kann also auch hier die Mittelwerte errechnen und die Abweichungen davon so darstellen, wie dies im Abschnitt E 3 gezeigt wurde. Ebenso sind auch hier die Grenzen zu berechnen, innerhalb deren die Meßergebnisse schwanken können. Während aber bei den Vergleichsflächen der ausschöpfbare bzw. der maximal mögliche Bodenfeuchte-Gehalt als Bezugsgrößen festgelegt wurden, wird man bei den Untersuchungen unter Kulturen andere Grenzwerte festlegen, die in einem engeren Verhältnis zu den Pflanzen stehen.

Von Ramsauer (8) wurde die „nutzbare Speicherfeuchte“ als Bezugsgröße vorgeschlagen, das ist der um die „nicht nutzbare Bodenfeuchte“ verminderte Wassergehalt, den der Boden in seiner naturgemäßen Ausformung (Bodentypus) und bei der ihm entsprechenden natürlichen Vegetation im Normaljahr vor Vegetationsbeginn aufweist. Es geht also hierbei die „nicht nutzbare Bodenfeuchte“ — auch „Totwasser“ genannt — mit in die Betrachtung ein, die

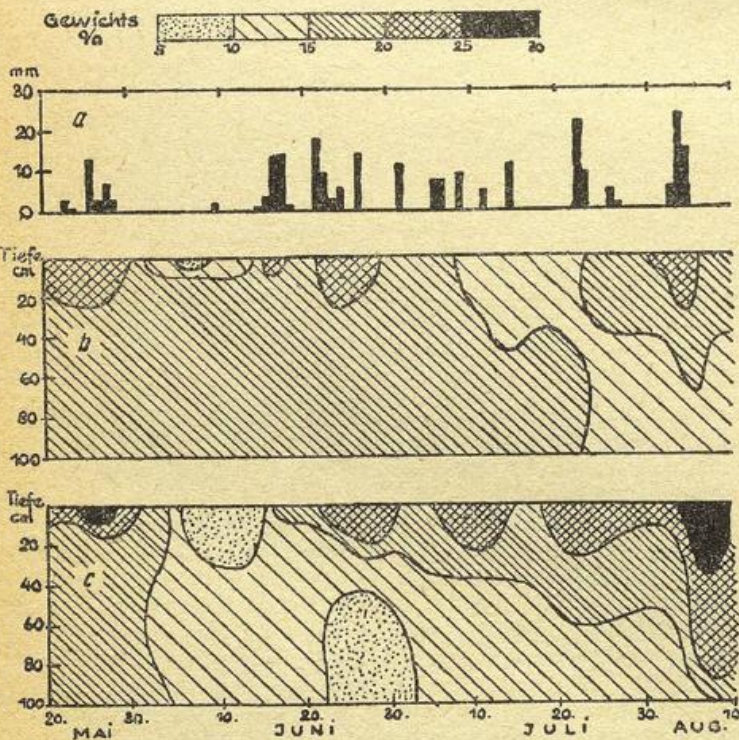


Abb. 19

Die Bodenfeuchte im bewachs. Lößboden in Geisenheim (1950) a Niederschlag, b unter Spätkartoffeln, c unter Winterroggen (nach Weger)

dieser Abbildung wurden wieder die Linien gleicher Bodenfeuchte gezeichnet, welche die Veränderungen sowohl von Tag zu Tag als auch mit der Tiefe erkennen lassen.

Da fällt zunächst auf, daß, nachdem im letzten Mairdrittel der Boden in beiden Feldern unterhalb 20 cm

vom Saugdruck der Wurzeln abhängt und infolgedessen mit den Pflanzen wechselt. Im allgemeinen kann man rechnen, daß nur dasjenige Wasser für die Pflanzen nutzbar ist, das mit weniger als 20 Atm. festgehalten wird. Diese „nicht nutzbare Bodenfeuchte“ läßt sich im Laboratorium als das 2- bis 2½fache der Hygroskopizität oder als jene Feuchte bestimmen, bei der bestimmte Testpflanzen, meist Senfpflanzen, in eigens durchgeführten Versuchen zu welken beginnen.

Baumann (14) warnt aber davor, die Zustandsgrößen des Wassers im Boden laboratoriumsmäßig zu ermitteln und vertritt statt dessen den Standpunkt, daß man die zur Bestimmung der von ihm als Bezugsgröße vorgeschlagenen „nutzbaren Wasserkapazität“ notwendigen Größen im natürlich gelagerten Boden selbst beobachten muß. Er definiert den wiederholt beobachteten Höchstwert der Bodenfeuchte, wie er bald nach Niederschlägen oder besonders im Frühjahr nach Abzug des Senkwassers auftritt, als Frühjahrsbestand und den in trockenen Sommern unter Getreide wiederholt beobachteten Tiefstwert als Verarmungsgrenze. Die Differenz beider Größen ist die nutzbare Wasserkapazität. Verfasser möchte der von Baumann vorgeschlagenen Methode den Vorzug geben.

Die Verarmungsgrenze liegt unter Getreide etwa bei 2 Gewichtsprozenten, also wesentlich niedriger als die unteren Grenzwerte im unbewachsenen Boden, die zur Bestimmung des ausschöpfbaren Wassergehalts herangezogen werden. Das heißt, daß im unbewachsenen Boden niemals die Verarmungsgrenze erreicht wird, was jedoch bei diesen relativen Betrachtungen keine Rolle spielt. Rückt der Bodenfeuchtegehalt auf unbewachsenem Boden in die Nähe des unteren Grenzwertes, etwa unter 20% des ausschöpfbaren Wassergehalts, so ist auch auf dem Getreideacker Gefahr in Verzug, da dann sicher die 20%-Grenze der nutzbaren Wasserkapazität ebenfalls unterschritten wurde.

Man sieht also, daß man die Methoden zur Bearbeitung der auf den Vergleichsflächen gewonnenen Bodenfeuchte-Meßergebnisse durch kleine Abänderungen den Verhältnissen bewachsener Bodenflächen gut anpassen kann.

3. Die Abweichungen vom optimalen Bodenfeuchte-Verlauf unter Kulturen

Im Abschnitt E 7 wurde gezeigt, wie sich die Abweichungen vom mittleren Verlauf der Feuchte in einem unbewachsenen Boden darstellen lassen. Für den Landwirt ist es aber noch wertvoller, die Abweichungen der Bodenfeuchte unter den verschiedenen Kulturen vom optimalen Verlauf zu kennen, wie er in Rekorderntejahren beobachtet wird, da er nach ihnen die Ernteaussichten ungefähr abschätzen kann. Es bedarf allerdings vieljähriger Beobachtungen, wenn man die Linien des optimalen Bodenfeuchteverlaufs unter Kulturen zeichnen will, so daß es nicht verwunderlich ist, daß man in der Literatur kaum auf derartige „Norm-Linien“ trifft. Baumann (14) hat auf Grund sechsjähriger Untersuchungen schematisch die Bodenfeuchte unter Getreide und Kartoffeln in Jahren mit guten und geringen Erträgen dargestellt (Abb. 20). Man sieht, daß bei beiden Kulturen die Bodenfeuchte in der Jugend der Pflanzen nicht zu hoch sein darf, in guten Jahren liegt sie im Mai tiefer als in Jahren mit mäßigen Ernten. Ist dieser Sachverhalt gegeben, so wird der Garezustand des Bodens im günstigen Sinne beeinflusst und das Wurzelwachstum ist besser. Dann fällt beim Getreide die Feuchte in guten Jahren allmählich und während eines relativ langen Zeitraumes ab, vor allem während des Ährenschiebens und der Blüte. In schlechten Jahren dagegen trocknet der Bo-

den rasch aus; die Kurve fällt steil ab und zwar meist schon vor dem Ährenschieben, so daß während der Hauptbedarfszeit (während des Ährenschiebens und der Blüte) nicht mehr genügend Wasser im Boden vorhanden ist.

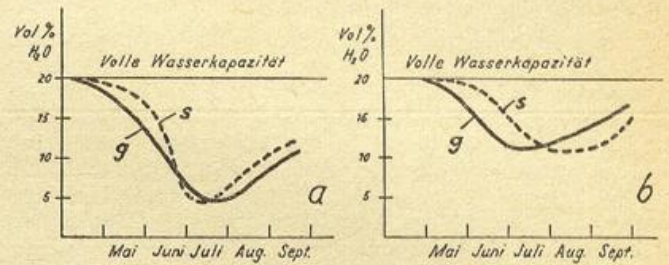


Abb. 20
Wassergehalt in guten (g) und schlechten (s) Jahren (nach Baumann)
a unter Getreide (schemat.), b unter Kartoffeln (schemat.)

Den Kartoffeln, die etwa vier Wochen später blühen als das Getreide, macht die Austrocknung des Bodens vor der Blüte nichts aus, sie wünschen im Gegenteil während dieser Zeit Wärme und Trockenheit und verlangen erst nach der Blüte eine reichliche Wasserversorgung, was durch das Ansteigen der Optimal-Ganglinie im Juli und August versinnbildlicht wird. So stellt die Kartoffel — gegenüber dem Getreide — geradezu gegensätzliche Ansprüche an die Bodenfeuchte.

Wahrscheinlich wird sich die Baumann'sche Optimal-Ganglinie noch manche Kritik und Korrektur gefallen lassen müssen; aber das schmälert ihren Wert als vorläufige Orientierung nicht. Es muß das Ziel sein, den optimalen Bodenfeuchte-Gang für alle Kulturen festzulegen, den wir kennen müssen, um die Ernteaussichten abschätzen und die Bodenfeuchte rationell regulieren zu können. Man muß allerdings neben der Bodenfeuchte-Ganglinie auch den Verlauf der Bodentemperatur beachten, um sich ein umfassendes Urteil bilden zu können. Die Brauchbarkeit der provisorischen Optimal-Kurven zum Nachweis einer „ungesunden“ bzw. günstigen Wasserversorgung der Kulturpflanzen in Jahren mit schlechten bzw. guten Erntergebnissen wird auch vom Wetterdienst geprüft (15).

Die in der Abb. 20 mit g gekennzeichnete Ganglinie der Bodenfeuchte unter Getreide wurde nun als Optimal-Kurve in die Abbildung 21 übernommen und zwar umgerechnet in Prozente der vollen Wasserkapazität. Zum Vergleich enthält diese Abbildung dann

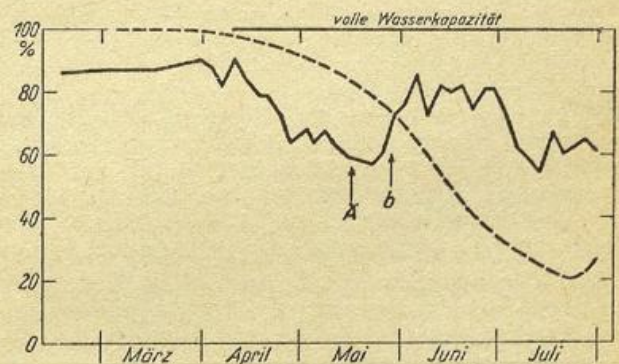


Abb. 21
Der optimale Gang der Bodenfeuchte und jener im Jahre 1951 unter Winterroggen (% der vollen Wasserkapazität) im Geisenheimer Lössboden
--- optimaler Bodenfeuchte-Verlauf
— Verlauf 1951

noch den Verlauf der Bodenfeuchte unter Winterroggen im Geisenheimer Löss in der Schicht von 0—50 cm Tiefe. Die in Gewichtsprozenten ausgedrückten Werte

für die einzelnen 10 cm-Schichten wurden in Volumenprozenten bzw. Millimeter umgerechnet, addiert und dann in Prozenten der vollen Wasserkapazität ausgedrückt. Die phänologischen Phasen „Beginn des Ährenschiebens“ und „Beginn der Blüte“ wurden in der Zeichnung mit festgelegt.

Der Winterroggen brachte im Jahre 1951 gute Erträge, aber keine Rekordernte. Trotzdem hätte man einen der Optimal-Kurve ähnlicheren Verlauf erwarten können, als ihn die Abbildung 21 zeigt. Immerhin stand den Pflanzen aber in der Hauptbedarfszeit eine Wassermenge zur Verfügung, die etwa 60 bis 70% der vollen Kapazität ausmachte. Ertragsmindernd wirkte wahrscheinlich die zu hohe Feuchte nach der Blüte, die sich auch dadurch unangenehm bemerkbar machte, daß sie der Entwicklung von Unkraut und Schädlingen Vorschub leistete.

Bei dieser Gelegenheit muß vor einem bei den Untersuchungen unter Kulturen immer wieder gemachten Fehler gewarnt werden, nämlich davor, die Messungen in zu großen zeitlichen Abständen durchzuführen. Die Bodenproben müssen — mindestens in den Zeiten des Hauptwasserbedarfs — häufiger entnommen werden, in den obersten Bodenhorizonten wenigstens alle vier Tage. Unterhalb der Haupteindringtiefe des Regenwassers, die je nach Bodenart zwischen 20 und 30 cm liegt, genügt eine vierzehntägige Probenahme zur Feststellung der Ganglinien, ohne daß nennenswerte Fehler gemacht werden.

Die Darstellung der Abweichungen vom optimalen Bodenfeuchte-Verlauf ist jedenfalls für eine regionale Betrachtung geeignet, wenn man sich an allen Meßstellen an die gleiche Methode hält, denn dann sind diese Abweichungen über verhältnismäßig große Gebiete hinweg einheitlich.

4. Der Wasserverbrauch der Kulturpflanzen

Die landwirtschaftlichen und forstlichen Kulturen verbrauchen bei der Transpiration große Mengen an Bodenwasser und so ist man natürlich bemüht, in zahlreichen Versuchen verschiedenster Art diesen Wasserverbrauch zahlenmäßig zu erfassen. Bei einer dieser Methoden geht man von der Höhe der Ernten aus bzw. von der erzeugten Trockensubstanz und nimmt an, daß zur Erzeugung eines Kilogramms Trockensubstanz eine bestimmte Wassermenge notwendig ist. Dann kann man aus diesen Größen den ungefähren Wasserbedarf der Landwirtschaft errechnen. Nach *Baumann* (16) werden aber mit dieser Methode zu geringe Mengen transpirierten Wassers ermittelt, so daß sich für die unproduktive Bodenverdunstung unwahrscheinlich hohe Werte ergeben. Weiterhin bezweifelt *Baumann*, daß zwischen dem Wasserverbrauch und der Pflanzenerzeugung überhaupt eine einigermaßen konstante Beziehung besteht, wobei er sich auf Lysimeterversuche stützt, welche ergaben, daß die natürliche Wachstumsintensität der Pflanzen auf deren Wasserverbrauch einen entscheidenden Einfluß ausübt.

Diese eben erwähnten Lysimeterversuche stellen eine zweite, häufig angewandte Methode zur Bestimmung der Verdunstung bewachsener Flächen dar. Besonders bekannt geworden sind dabei die in Eberswalde durchgeführten Versuche, über die u. a. *Friedrich* (6) berichtete. Bei diesen Versuchen lassen sich produktive und unproduktive Verdunstung aber nicht trennen. Durch Vergleichsmessungen auf bewachsenen und unbewachsenen Flächen versucht man, den Anteil der unproduktiven Verdunstung zahlenmäßig festzulegen, aber die durch eine solche Differenzbildung gefundenen Werte sind auch nicht reell, da der unproduktive Wasserverlust auf der unbewachsenen Bodenfläche weitaus größer ist als auf der bewachsenen.

Die Kosten einer wägbaren Lysimeteranlage und die Schwierigkeiten ihrer Wartung bedingen deren Seltenheit, so daß man nicht erwarten darf, umfangreiche Meßergebnisse über den Wasserverbrauch der Kulturpflanzen mit Hilfe von Lysimeterversuchen zu erhalten.

Huber (17) versuchte, die Wasserabgabe durch eine Bestimmung des Gasaustausches, also durch die Messung des Wasserdampfgefälles, das sich über transpirierenden Pflanzenbeständen einstellt, und des Austauschkoefizienten zu ermitteln. Es gelang ihm jedoch nur, für die Vormittagsstunden zahlenmäßig brauchbare Messungen zu erhalten, während die Werte für die übrigen Tagesstunden lediglich orientierenden Charakter haben. *Albrecht* hat schon mehrfach auf die Möglichkeit der Berechnung der Bodenverdunstung aus dem Wärmehaushalt hingewiesen und beschrieb bereits im Jahre 1940 (18) den Gang der Berechnungen und die Ableitung der notwendigen Formeln. Auf diesen *Albrecht'schen* Arbeiten beruhen auch die Untersuchungen von *Horney* (19) und *Berger-Landefeldt* (20).

Alle diese genannten Methoden sind aber noch so sehr mit Fehlern behaftet, daß es durchaus berechtigt ist, daran zu denken, wie man die bereits seit Jahren und zur Zeit an wenigstens 30 Stellen in Deutschland regelmäßig durchgeführten Bodenfeuchte-Untersuchungen zur Abschätzung des Wasserverbrauchs der Kulturpflanzen heranziehen könnte, obwohl man von vornherein weiß, daß die ermittelten Werte mit einem Unsicherheitsfaktor behaftet sein werden.

Es liegt nahe, dem in Millimetern ausgedrückten Wassergehalt einer Bodenmasse von bestimmter Dicke und Oberfläche die ebenfalls in Millimetern ausgedrückten Wassermengen gegenüberzustellen, welche dieser Bodenmasse zugeführt werden. Dabei lassen sich Tauniederschlag, nässender Nebel und Reif nur sehr schwierig messen; die auf diese Weise zugeführten Wassermengen fallen aber nicht so sehr ins Gewicht. Der auftreffende Regen sowie die Niederschläge in fester Form (Schnee, Hagel, Graupel usw.) lassen sich verhältnismäßig gut mit Hilfe eines Regenmessers bestimmen, dessen 200 qcm große Auffangfläche im allgemeinen in 1 m Höhe über dem Erdboden liegt. Bezieht man nun den hier gemessenen Niederschlag auf größere Flächen, so ergibt das schon ungenaue Werte, wie Vergleiche mit Regenmessern größerer Auffangflächen gezeigt haben. Aber noch schwerer fallen die Verluste ins Gewicht, die durch den oberflächlichen Abfluß verursacht werden. An anderer Stelle (21) wurde schon gezeigt, daß größere Unterschiede in den Niederschlagssummen zweier Meßstellen durch kurzdauernde Schauer großer Ergiebigkeit hervorgerufen werden können. So wird eine Besserstellung der einen Station in bezug auf die Wasserversorgung vorgetäuscht, die in Wirklichkeit gar nicht existiert, weil nämlich der Boden den hier in sehr kurzer Zeit gefallenen Niederschlag gar nicht aufnehmen kann. Der oberflächliche Abfluß aber, der schon bei horizontaler Bodenfläche beträchtliche Werte annehmen kann, wird bei den Bilanzrechnungen meist nicht berücksichtigt.

Der in Form von Schnee gefallene Niederschlag wird dem Boden ebenfalls einen geringeren Wassergenuß verschaffen, als die Niederschlagssumme angibt. Meist fällt ja der Schnee auf gefrorenen Boden, in den er bei einsetzendem Tauwetter nicht schnell genug eindringen kann, so daß das Schmelzwasser zu einem großen Teil abfließt, ehe der Bodenfrost beseitigt wird. Glücklicherweise aber interessiert uns die winterliche Verdunstung weniger, so daß wir uns um den Schnee nur selten zu kümmern brauchen.

Will man nun genauere Angaben über die dem Boden zugute kommenden Wassermengen haben, so muß man erst prüfen, wieviel Prozent des gefallenen Nie-

derschlags bei den verschiedenen Bodenarten, bei der jeweils bereits herrschenden Bodenfeuchte, bei unterschiedlicher Geländeneigung, bei verschiedenem Bodenbestand und bei verschiedener Regenintensität von der Niederschlagssumme eines bestimmten Zeitraums abzuziehen sind. Das ist natürlich sehr schwer festzulegen. Ein gangbarer Weg ist aber vielleicht die Abschätzung des Abflusses an der Bodenfeuchte-Meßstelle selbst. Gerade so, wie die Windstärke in Beaufort-Graden nach der Bewegung von Zweigen usw. abgeschätzt wird, lassen sich von einem geübten Techniker des agrarmeteorologischen Dienstes bestimmte Aussagen machen, wie z. B. diese: „Beim Starkregen am 17. 6. 1950, bei dem innerhalb von 15 Minuten 17,2 mm Niederschlag fielen (Heidelberg), flossen etwa 80% des Wassers von der Vergleichsfläche und 60% von der Rasenfläche ab“. Größenordnungsmäßig stimmen solche Angaben sicher ebenso gut wie die Windstärkeangaben der Klimabeobachter und wären deshalb für den Bearbeiter der Bodenfeuchte-Messungen sehr wertvoll.

Bei den Untersuchungen unter Kulturpflanzen fällt der Abfluß meist weniger ins Gewicht, vor allem bei Niederschlägen von nur wenigen Millimetern, da die Oberfläche eines Kartoffelackers oder eines Getreidefeldes so uneben ist, daß sich hier das Wasser in den vielen kleinen Mulden in Pfützen halten kann, bis es vom Boden aufgenommen wird. Man wird hier kaum mit größeren Fehlern rechnen müssen, wenn man seinen Verdunstungsrechnungen die im Regenschirm gesammelten Niederschlagsmengen zugrundelegt und so tut, als sei der gesamte auf ein Feldstück gefallene Regen auch darauf verblieben.

Die Grundrechnung besteht nun darin, daß man von dem Bodenwassergehalt eines bestimmten Anfangsdatums den Wassergehalt eines Enddatums abzieht und zu diesem Differenzbetrag den in jener Zeit gefallenen Niederschlag hinzurechnet. Beispielsweise waren am 11. Mai 1951 unter dem Geisenheimer Winterroggen 216 mm Wasser vorhanden und am 25. Mai 1951 nur mehr 199 mm. Zu der Differenz von 17 mm wären die 17 mm Niederschlag hinzuzurechnen,

die in dieser Zeit fielen, so daß insgesamt 34 mm auf das Konto „Verdunstung“ zu setzen wären. Dies stimmt aber nur unter der Voraussetzung, daß in dieser Zeit keine Verluste durch Absickern eingetreten sind. Aus diesem Grund haben auch *Baumann* (16) und *Gliemeroth* (22) ihre Untersuchungen auf die Zeit beschränkt, in der nach ihrer Meinung mit dem Auftreten von Sickerwasser nicht gerechnet zu werden brauchte. Eine solche Einschränkung hat natürlich zur Folge, daß der Wasserverbrauch während der Vegetationszeit mindestens nicht in allen Jahren mit befriedigender Genauigkeit an Hand der Bodenfeuchtemengen verfolgt werden kann. Die Versickerungswellen erreichen auch im Sommer häufig größere Tiefen als 1 Meter. In diesen Fällen müßte dann die Bestimmung der Verdunstung zunächst ausgesetzt werden, bis die Versickerung in den Raum unterhalb der Beobachtungstiefe aufgehört hat, was aber auch nur dann exakt festzulegen wäre, wenn man die Bodenfeuchte-Bestimmungen in Lysimetergefäßen durchführte. Und selbst dann müßte man noch die Sickerwasserverzögerung an der Grenzschicht zwischen dem Lysimeterboden und dem Luftraum, in dem sich das Auffanggefäß befindet, mit in Rechnung stellen.

An diesen Bemerkungen sieht man, wie schwierig eine Bestimmung des Sickerwasseranteils an dem Gesamtwasserverlust ist, den die Bodenschicht in einem bestimmten Zeitintervall erleidet. Daß dieser Anteil gleich Null wird, ist selten zu erwarten; nur in lang anhaltenden Trockenperioden wird die vertikale Wasserbewegung in den oberen Bodenschichten ganz aufhören. In unserer Abb. 22 sieht man in 1 m Tiefe eine stetige Abnahme der Bodenfeuchte, die bestimmt zum Teil durch die Versickerung bewirkt wird. In höheren Bodenhorizonten unterliegt die Bodenfeuchte größeren Schwankungen, weil bis hierher die mit den sommerlichen Niederschlagsperioden verbundenen Sickerwellen vordringen. Wenn man eine Bodenschicht von 100 cm Dicke auswählt, so macht man infolgedessen mit der Nichtbeachtung des Sickerwassers einen geringeren Fehler, als wenn man die Untersuchungsschicht nur 50 cm dick wählt. Verfasser ist der Meinung, daß

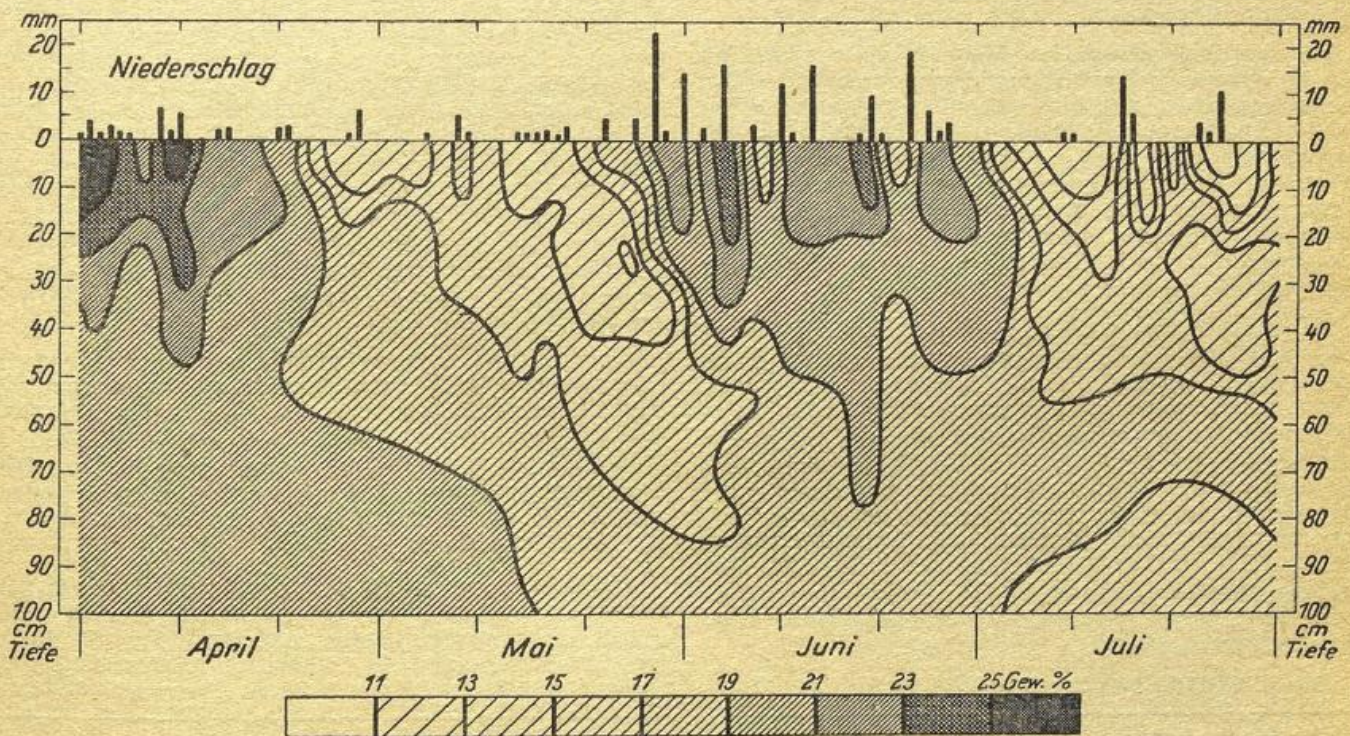


Abb. 22

Die Bodenfeuchte unter Winterroggen im Geisenheimer Lößboden (1951)

man mit eingehenden Untersuchungen eine Faustformel finden könnte, die den in den Sommermonaten anzusetzenden Sickerwasserbetrag in Abhängigkeit von der vorhandenen Bodenfeuchte und dem gefallenem Niederschlag abzuschätzen gestattet.

Einen verhältnismäßig geringen Fehler wird man erwarten müssen, wenn man den Wasserverlust der bewachsenen Flächen untereinander vergleicht, sofern es sich immer um die gleiche Bodenart handelt. Die Differenzen zwischen den gesamten Wasserverlusten auf diesen bewachsenen Flächen spiegeln dann ausschließlich die unterschiedliche Verdunstung wieder. Aber in vielen Fällen interessiert uns die absolute Verdunstungsgröße mehr als diese relativen Werte.

Ein Mangel unserer „Vergleichsflächen“ liegt darin, daß sie im Hinblick auf die Abschätzung der Sickerwassermengen ihren Namen zu Unrecht tragen. Sie sind für einen Vergleich mit den bewachsenen Flächen sehr wenig geeignet, weil in ihnen die Sickerwellen größere Tiefen erreichen als unter den stark wasserzehrenden Kulturen, die mehr Wasser in den oberen Bodenschichten festhalten.

Wir müssen nach dem Gesagten die Gesamtverluste an Bodenwasser errechnen und davon die geschätzten Sickerwassermengen abziehen, um auf die Wasserverluste durch Verdunstung zu kommen. Die Verdunstung setzt sich nun aus einem produktiven Teil (Transpiration) und aus einem unproduktiven Teil zusammen. Zur unproduktiven Verdunstung gehört sowohl jene Wassermenge, die aus dem Boden entweicht, ohne von den Pflanzenwurzeln aufgenommen worden zu sein, als auch jene, die noch vor Erreichen des Bodens an den Pflanzenteilen hängen blieb und von hier aus wieder an die Luft abgegeben wurde. *Baumann* (16) schlägt vor, bei den Betrachtungen über den Wasserbedarf der Kulturpflanzen die produktive und die unproduktive Verdunstung zusammenzufassen. Er weist darauf hin, daß man ja das von den Blättern und vom Boden verdunstende Wasser nicht als völlig unproduktiv bezeichnen kann, da es die Feuchte in der bodennahen Luftschicht erhöht und somit die Transpiration senkt. Damit verbessert die sogenannte „nutzlose Verdunstung“ aber die Wasserversorgung der Pflanzen und wirkt produktiv.

Mit der eben erläuterten Methode kann man den Wasserverbrauch der Kulturpflanzen in vielen Fällen recht gut abschätzen. Man muß sich aber immer in den Witterungsablauf hineindenken und die einem zu untersuchenden Zeitabschnitt vorangegangenen bodenklimatischen Verhältnisse mit berücksichtigen. Auch die Ungenauigkeiten der Meßmethode sind in Rechnung zu stellen. Bei einer sturen Handhabung der Methode kann man zu unsinnigen Ergebnissen kommen, wie das folgende kleine Beispiel zeigt:

In einer 50 cm dicken Lösschicht unter Winterroggen wurden am 22. Mai 1951 in Geisenheim 91 mm und am 25. Mai 1951 96 mm Wassergehalt ermittelt. Der Boden wurde also in diesen drei Tagen um 5 mm feuchter, d. h. um genau denselben Betrag, der in dieser Zeit als Regen gefallen war. Die Verdunstung wäre dann gleich Null gewesen. Das ist aber falsch! Am 22., 23. und 24. Mai stiegen die Temperaturen bis auf 21°, 24° und 27° C an und es fielen erst in der Nacht vom 24. zum 25. Mai die erwähnten 5 mm Regen. In der vorangegangenen Zeit erreichte die Verdunstung sicher sehr hohe Werte, was in unserer Abschätzung nicht zum Ausdruck kommt.

Dieses Beispiel mag als Warnung dienen. Am glaubhaftesten werden die Ergebnisse sein, die man für eine relativ lange Zeitspanne — allerdings addiert aus möglichst kleinen Abschnitten — und für möglichst dicke Schichten erzielt.

G. Die Regulierung der Bodenfeuchte.

Neben den netzmäßigen Untersuchungen haben die Bodenfeuchte-Meßstellen noch eine ganze Anzahl von Sonder-Untersuchungen durchzuführen, um auf die Anfragen der Praxis Antwort geben zu können bzw. um die Unterlagen für eine gemeinsame Arbeit mit Vertretern der Nachbarwissenschaften bereitzustellen. Einige dieser Aufgaben wurden bereits im Eingangsabschnitt angedeutet. In sehr vielen Fällen geht es aber darum, wie man die Bodenfeuchte künstlich regulieren kann. So ist das Ableiten gestauter Nässe durch *Dränage* ein bekanntes und bewährtes Mittel, übermäßig hohe Bodenfeuchte zu senken. Schwieriger ist es im allgemeinen, dem Boden einen höheren Wassergenuß zu verschaffen bzw. die Feuchte im Boden festzuhalten. Es ist vor allem eine Aufgabe der Bodenbearbeitung, eine Struktur zu schaffen, die eine möglichst große Wasserhaltung ermöglicht. Im Obstbau beseitigt man durch *Untergrund-Sprengungen* die undurchlässigen Bodenschichten und verbessert auf dieselbe Weise die Wasser- und Sauerstoff-Versorgung der schweren Böden. Vom Wetterdienst werden seit dem Herbst 1949 laufend die Bodenfeuchte-Verhältnisse an gesprengten Baumpflanzgruben in einem schweren Lehmboden vor den Toren von Bad Kissingen untersucht (23), wobei es sich herausstellte, daß unmittelbar am Sprengloch die Bodenfeuchte durchweg bedeutend höher liegt als im ungestörten Boden.

Auch eine Drosselung der Verdunstung läßt sich durch geeignete Bearbeitungsmaßnahmen erzielen, durch Hacken und Eggen und nicht zuletzt durch die Beseitigung des Unkrautes. Eine Lockerung der Oberfläche zerstört die Bodenkapillaren und setzt damit die Verdunstung herab. Diese — von verschiedenen Seiten angezweifelte — Tatsache konnte von der Agrarmeteorologischen Station Hohenheim durch Meßreihen unter bearbeitetem und unbearbeitetem Boden belegt werden. *Baier* (24) berichtete, daß die Bodenfeuchte unter einer regelmäßig gelockerten Oberfläche besser erhalten werden konnte als unter einer festen Fläche.

In welchem Maße das Bodenklima durch eine Bedeckung der Oberfläche mit den verschiedensten Materialien zu beeinflussen ist, hat die Agrarmeteorologische Forschungsstelle Geisenheim in zahlreichen Versuchen zu klären versucht. Einem Bericht von *Weger* (25) entnehmen wir beispielsweise, daß durch eine Bedeckung des Bodens zwischen den Pflanzreihen von Gurken und Buschtomaten mit weißer Aluminiumfolie die Feuchte in diesem Boden beträchtlich höher gehalten werden kann. Hierbei ist die obere Bodenschicht unter der Bedeckung im allgemeinen feuchter als die tiefer liegenden, worin die geringere Austrocknung unter dem Aluminium deutlich zum Ausdruck kommt.

An der Agrarmeteorologischen Station Heidelberg-Grenzhof wurde die Einwirkung von *Windschutz-Hindernissen* auf die bodenklimatischen Verhältnisse untersucht. So konnte *Kreutz* (26) berichten, daß im Lee eines Windschutzsystems aus Maistreifen und Rohrschattendecken die Bodenfeuchte um 19% höher lag als im Luv. Weitere Ergebnisse sind von diesem Versuchsfeld noch zu erwarten.

Ein weitaus schwierigeres Problem ist der Ersatz bereits verlorengangener Bodenfeuchte; aber die Versuche, in trockenen Jahren die Bodenfeuchte durch eine *Feldberegnung* künstlich anzureichern, erwiesen sich als durchaus lohnend. *Baumann* (27) erzielte auf diese Weise bei Spätkartoffeln einen Mehrertrag von 47%, bei Sommerweizen (28) im trockenen Jahr 1947 27%. *Freckmann* (29) berichtet sogar über eine Ertragssteigerung einer Wiese an Heu bis zu 60%

und an Eiweiß bis zu 75%. Wenn man auch solche Zahlenangaben über Mehrerträge mit etwas Vorsicht aufnehmen muß, so bleibt die ertragsteigernde Wirkung der Feldberechnung doch unbestritten.

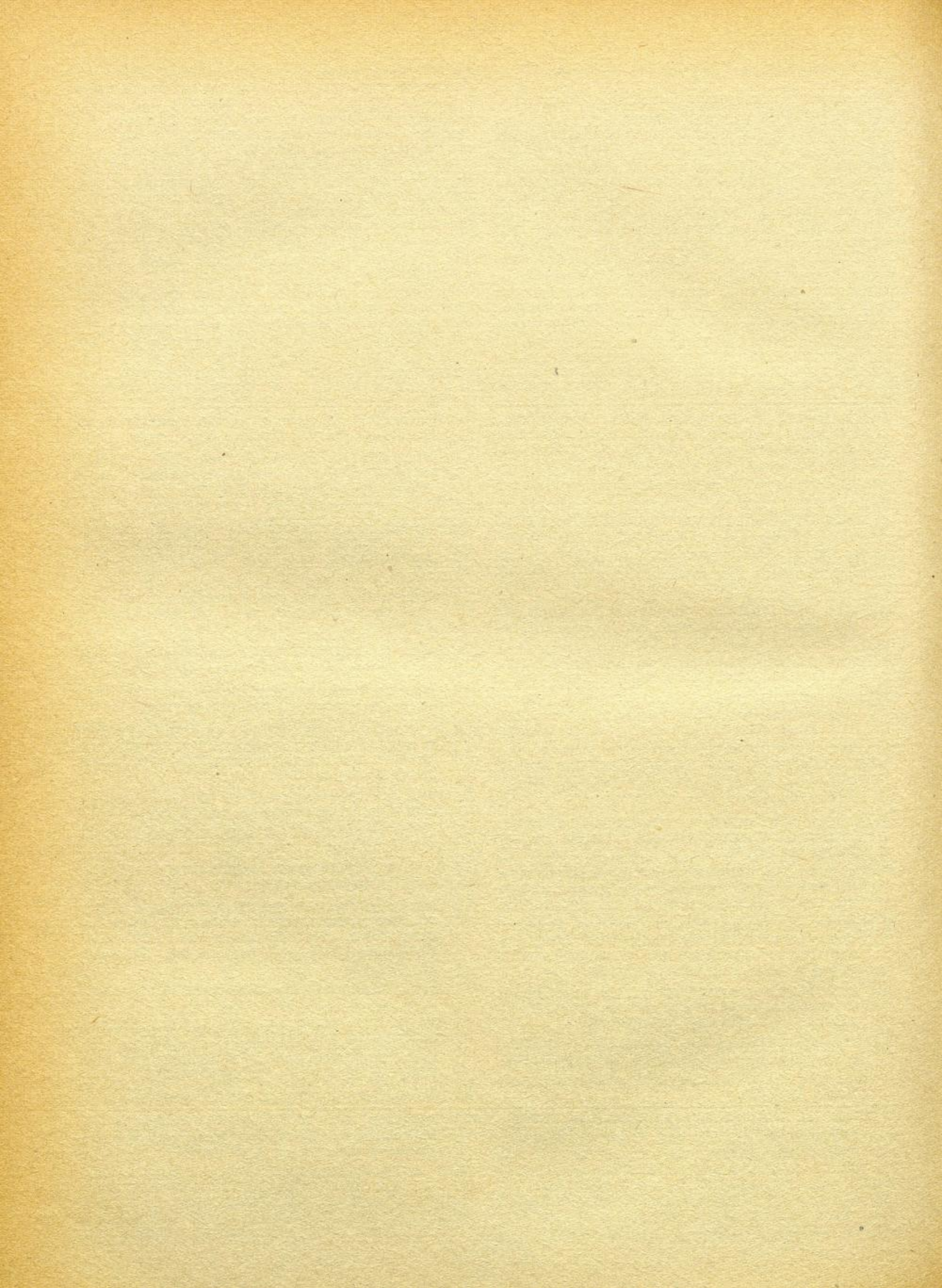
Es kommt aber darauf an, daß die Wassergaben beim Berechnen dem Verlauf der Bodenfeuchte in den maßgebenden Wurzelhorizonten und nicht dem Aussehen der Bodenoberfläche angepaßt werden. Ohne Bodenfeuchte-Untersuchungen aber ist der Praktiker eben auf die Bodenoberfläche und deren Bestand als einzigem Kriterium angewiesen, und so wurden bei der Berechnung Fehler gemacht, deren Beseitigung erst durch eine gründliche Untersuchung der Auswirkungen einer Berechnung möglich sein wird. So entstand im Gebiet von Celle eine Arbeitsgemeinschaft der dortigen Wetterwarte mit einer Anzahl von Berechnungsbetrieben. Der Wetterdienst übernimmt dabei die Steuerung

der Berechnung hinsichtlich Zeitpunkt und Menge der Kunstregengaben auf Grund der Linien des optimalen Bodenfeuchteganges (siehe Abschnitt F 3). Die Berechnungsbetriebe stellen ihrerseits durch Variieren der Regengaben und Beobachtung unberechneter Kontrollflächen die erzielten Mehrerträge fest. Nach einem persönlichen Bericht vom Leiter der Wetterwarte Celle, Herrn Dr. Korte, wurde durch fünf Regengaben von zusammen 170 mm im Verlauf des Sommers 1949 bei Zuckerrüben ein Ertrag von 590 dz/ha gegenüber 182 dz/ha auf unberechnetem Land erzielt. Diese Arbeitsgemeinschaft wird durch ihre eigenen Erfahrungen den Einsatz ihrer Berechnungsanlagen immer vorteilhafter gestalten.

So trägt der Wetterdienst mit den Bodenfeuchte-Untersuchungen seinen Teil zum Kampf gegen die Dürre und die mit ihr verbundenen Mißernten bei.

LITERATUR

- (1) Brouwer, W.: Steigerung der Erträge der Hülsenfrüchte durch Berechnung sowie Fragen der Bodenuntersuchung und Düngung. *Z. f. Acker- u. Pflanzenbau*, **91**, 319 (1949).
- (2) Geiger, R.: *Das Klima der bodennahen Luftschicht*. Braunschweig 1950.
- (3) Roemer, Th. und Scheffer, F.: *Lehrbuch des Ackerbaues*. Berlin und Hamburg 1949.
- (4) Densch, A.: *Der mechanische Aufbau des Bodens* (in Handbuch der Bodenlehre von E. Blanck. Berlin 1930).
- (5) Kreutz, W.: *Spezialinstrumente und Einrichtungen der Agrarmeteorologischen Forschungsstelle in Gießen*. *Biokl. Beibl.* **6**, 76 (1939).
- (6) Friedrich, W.: *Über die Verdunstung vom Erdboden*. *Gas- u. Wasserfach* **91**, 289 (1950).
- (7) Schubach, K.: *Verdunstungs- und Wasserhaushaltsuntersuchungen an verschiedenen Böden*. *Ber. Dt. Wetterdienst US-Zone, Bericht über die Kissinger Meteorologentagung* 1951.
- (8) Ramsauer, B.: *Boden, Bodenfeuchte und Kleinklima als Grundlage für Bewässerungen*. *Österreich. Wasserwirtsch.* **1**, 49 (1949).
- (9) Uhlig, S.: *Die regionale Betrachtung der Bodenfeuchte*. *Z. Pflanzenernährung, Düngung, Bodenkunde* (im Druck).
- (10) Uhlig, S.: *Die Untersuchungen des Bodenwasserhaushaltes durch den Deutschen Wetterdienst in der US-Zone*. *Meteor. Rdsch.* **3**, 158 (1950).
- (11) Gliemeroth, G.: *Beziehungen zwischen Struktur und Wasserhaltung auf Lehm- und Lößböden und ihre Bewertung bei der Bearbeitung*. *Z. f. Acker- u. Pflanzenbau* **93**, 319 (1951).
- (12) Weger, N.: *Bodenfeuchtigkeit und Wasserverbrauch der Kulturpflanzen*. *Wetterkarte Dt. Wetterdienst US-Zone, Bad Kissingen, Nr. 282*, 1950.
- (13) Baier, W.: *Methoden und Ergebnisse von Bodenfeuchtemessungen* (Dissertation, Hohenheim 1951).
- (14) Baumann, H.: *Wetter und Ernteertrag*. *Der freie Bauer*, **19** (1949).
- (15) Uhlig, S.: *Gedanken zur Auswertung der Bodenfeuchte-Bestimmungen*. *Z. f. Acker- u. Pflanzenbau* **93**, 513 (1951).
- (16) Baumann, H.: *Zur Ermittlung des Wasserbedarfes der Landwirtschaft*. *Wasser u. Boden* **2**, 225 (1950).
- (17) Huber, B.: *Versuche zur Messung des Wasserdampf- und Kohlendioxyd-Austausches über Pflanzenbeständen*. *Sitz.-Ber. Akad. Wiss. Wien. Math.-naturw. Kl. Abt. I* **155**, 97 (1947).
- (18) Albrecht, F.: *Untersuchungen über den Wärmehaushalt der Erdoberfläche in verschiedenen Klimagebieten*. *Wiss. Abh. Reichsanst. f. Wetterdienst* **8**, Nr. 2 (1940).
- (19) Horney, G.: *Verdunstungsmessungen am freiwachsenden Pflanzenbestand*. *Meteor. Rdsch.* **3**, 202 (1950).
- (20) Berger-Landefeldt, U.: *Über den Wasserverbrauch von Pflanzenverbänden*. *Planta* **37**, 6 (1949).
- (21) Uhlig, S.: *Die Darstellung der Wasserverhältnisse im Boden*. *Naturwiss. Rdsch.* **4**, 10 (1951).
- (22) Gliemeroth, G.: *Der Einfluß von Düngung auf den Wasserentzug der Pflanzen aus den Unterbodentiefen*. *Z. f. Pflanzenernährung, Düngung, Bodenkunde* **52** (97), 21, 1951.
- (23) Uhlig, S.: *Beeinflussung des Bodenwasserhaushaltes durch das Sprengkulturverfahren*. *Z. f. Pflanzenernährung, Düngung, Bodenkunde* **52** (97), 61 (1951).
- (24) Baier, W.: *Erhaltung der Bodenfeuchte*. *Neue Mitt. f. d. Landwirtsch.* **5**, 603 (1950).
- (25) Weger, N.: *Beiträge zur Beeinflussung des Bestandsklimas, des Bodenklimas und der Pflanzenentwicklung durch Spaliermauern und Bodenbedeckung*. *Ber. Dt. Wetterdienst US-Zone, Nr. 28* (1951).
- (26) Kreutz, W.: *Praktischer Windschutz*. *Z. f. Acker- u. Pflanzenbau* **92**, 166 (1950).
- (27) Baumann, H.: *Zur Kenntnis des Wasserhaushaltes eines lehmigen Sandbodens bei künstlicher und natürlicher Berechnung*. *Z. f. Pflanzenernährung, Düngung, Bodenkunde* **38**, 150 (1947).
- (28) Baumann, H.: *wie (27), II. Teil*, **43**, 28 (1949).
- (29) Freckmann, W.: *Die künstliche Berechnung als Maßnahme der Ertragssteigerung und Ertragsicherung*. *Das Wasser* **1**, 65 (1948).



ANHANG

1. Die Bodenfeuchte-Meßwerte der Agrarmeteorologischen Station Heidelberg

a) Bodenfeuchte im Botanischen Garten Heidelberg.

Zur Beobachtung wurden eine unbewachsene und unbearbeitete Fläche sowie ein Rasenstück ausgewählt. In beiden Fällen findet man bis zu einer Tiefe von 25 cm sandigen Lehm und darunter lehmigen Sand.

Beobachtungszeitraum: 10. August 1948 bis 31. Mai 1949 (Beobachtungen in 10 cm-Stufen bis zu 50 cm Tiefe).

Alle Werte stellen Gewichtsprozentage dar!

Hygroskopizität:	Vergleichsfläche	Rasen
0—10 cm Tiefe:	5,5 Gew. %	6,2 Gew. %
10—20 cm "	5,4 "	5,6 "
20—30 cm "	5,4 "	5,4 "
30—40 cm "	5,3 "	5,3 "
40—50 cm "	5,4 "	4,5 "

Spezifisches Gewicht:	Vergleichsfläche	Rasen
0—10 cm Tiefe:	2,38	2,38
10—20 cm "	2,41	2,35
20—30 cm "	2,38	2,38
30—40 cm "	2,38	2,35
40—50 cm "	2,33	2,41

Volumgewicht:	Vergleichsfläche	Rasen
0—50 cm Tiefe:	ca 1,48	ca 1,43

sandiger Lehm (unbewachsen)						sandiger Lehm (Rasen)				
0-10	10-20	20-30	30-40	40-50		0-10	10-20	20-30	30-40	40-50

sandiger Lehm (unbewachsen)					sandiger Lehm (Rasen)				
0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50

1948

August	21	23	20	21	20	23	20	20	19	19
10.	21	23	20	21	20	23	20	20	19	19
13.	23	23	23	21	21	26	21	18	19	19
17.	15	26	23	19	20	22	21	19	20	20
20.	27	26	25	24	21	23	22	23	22	20
24.	29	29	25	22	23	26	23	22	22	22
27.	20	28	22	22	22	23	21	24	20	20
31.	17	25	23	21	21	18	21	20	19	18
September										
3.	17	22	23	20	21	20	19	20	20	20
7.	26	24	22	21	22	22	20	21	19	19
10.	21	27	24	23	22	20	20	19	19	18
14.	24	27	23	21	21	21	21	20	20	17
17.	21	26	24	21	22	23	23	20	19	20
21.	21	26	23	21	21	24	19	21	21	20
24.	17	24	23	22	21	21	21	20	19	20
28.	16	24	22	22	20	20	18	19	21	19
Oktober										
1.	15	23	19	20	19	19	18	19	20	20
5.	21	24	23	20	21	20	18	18	18	19
8.	15	20	21	20	19	12	15	15	17	15
12.	13	21	20	20	19	27	26	24	22	22
15.	14	16	17	19	18	24	18	17	17	17
19.	26	28	22	21	21	22	24	25	21	20
22.	24	19	18	19	18	20	13	13	15	13
26.	25	25	26	23	20	22	16	16	15	14
29.	26	26	28	23	24	25	21	17	17	16
November										
2.	23	25	26	22	22	26	22	23	22	21
5.	32	30	28	24	23	29	26	26	25	25
9.	29	27	24	24	23	26	23	21	21	20
12.	27	27	27	25	24	27	26	22	20	20
16.	25	25	25	24	25	27	23	20	20	20
19.	26	27	26	22	22	27	22	20	20	19
23.	23	26	21	21	22	28	24	22	20	21
26.	23	29	26	23	24	26	22	21	19	19
30.	27	26	25	24	24	29	22	20	19	18
Dezember										
3.	24	25	23	23	23	27	21	21	20	20
7.	26	25	23	23	23	26	24	20	20	20
10.	29	28	25	22	23	26	23	19	19	20
14.	27	25	25	22	21	26	22	22	21	20
17.	31	30	26	25	23	30	24	23	22	22
21.	29	27	24	23	23	28	23	23	21	20
24.	27	27	23	23	24	27	21	21	20	

1949

Januar	36	28	25	23	24	30	27	22	22	22
4.	36	28	25	23	24	30	27	22	22	22
7.	26	25	24	22	22	27	24	21	21	20
11.	37	26	24	22	22	32	24	21	20	20
14.	34	25	23	22	23	26	24	21	21	20
18.	27	26	26	25	22	29	25	24	22	21
21.	26	26	25	24	22	29	24	22	21	20
25.	33	25	25	23	23	31	21	20	20	21
28.	30	26	24	23	22	32	23	22	20	20
Februar										
1.	35	25	23	22	23	33	23	21	21	20
4.	26	22	24	22	21	35	22	21	21	20
8.	26	22	20	22	22	34	21	20	20	19
11.	30	29	22	21	21	36	25	24	20	20
15.	32	25	24	23	26	33	24	22	21	20
18.	26	25	25	23	23	26	24	22	20	19
22.	25	24	23	22	21	27	23	21	21	21
25.	26	24	23	22	22	29	23	22	21	22
März										
1.	25	25	24	24	23	29	25	23	21	22
4.	27	24	24	23	23	35	24	23	20	21
8.	36	26	25	24	21	37	24	22	21	21
11.	29	26	26	25	26	30	24	22	22	22
15.	28	26	24	20	21	32	24	24	23	20
18.	25	23	23	21	25	28	22	23	21	21
22.	26	22	21	21	27	26	23	21	21	20
25.	16	19	18	19	25	25	22	25	22	21
29.	14	19	19	20	26	20	20	20	20	21
April										
1.	13	18	19	20	27	18	19	19	19	19
5.	18	19	18	18	22	22	17	19	20	19
8.	22	21	19	18	21	24	18	20	19	20
12.	15	19	19	19	19	20	19	19	20	19
15.	16	20	19	20	25	25	22	22	20	22
19.	16	18	19	19	21	14	15	19	20	20
22.	14	18	18	18	22	14	15	17	18	18
26.	20	19	18	19	18	14	15	16	18	18
29.	16	18	18	20	24	17	15	18	19	20
Mai										
3.	13	17	16	16	19	13	15	16	16	17
6.	14	19	19	18	19	12	12	14	15	17
10.	12	16	18	22	25	15	14	15	15	16
17.	15	14	17	19	23	19	14	15	16	15
20.	28	26	21	24	23	29	25	19	14	12
24.	17	21	22	23	26	24	23	23	21	19
27.	26	24	24	25	27	26	24	21	21	18
31.	25	24	25	27	26	25	24	22	23	24

b) Bodenfeuchte auf dem Agrarmeteorologischen Versuchsfeld Heidelberg-Grenzhof.

Zur Beobachtung wurde ein unbewachsener und un- bearbeiteter Boden ausgewählt, der bis zu 35 cm Tiefe aus sandigem Lehm und darunter bis zu 100 cm Tiefe aus lehmigem Sand besteht. Hieran schließt sich eine Kiesschicht an, die jedoch bei den Bohrungen stellen- weise schon in 95 cm Tiefe erreicht wird.

Beobachtungszeitraum: 21. Juni 1949 bis 31. Okt. 1951. (Beobachtungen in 10 cm-Stufen bis zu 100 cm Tiefe)

Alle Werte stellen Gewichtsprozentage dar!

Hygroskopizität:

0-10 cm Tiefe:	2,3 Gew. %
10-20 " "	2,3 "
20-30 " "	2,3 "
30-40 " "	2,9 "
40-50 " "	4,3 "
50-60 " "	4,6 "
60-70 " "	4,1 "
70-80 " "	4,6 "
80-90 " "	4,2 "
90-100 " "	3,9 "

Spezifisches Gewicht:

0-10 cm Tiefe:	2,44
10-20 " "	2,50
20-30 " "	2,38
30-40 " "	2,44
40-50 " "	2,50
50-60 " "	2,44
60-70 " "	2,57
70-80 " "	2,57
80-90 " "	2,44
90-100 " "	2,44

Volumgewicht:

0-10 cm Tiefe:	1,34
10-20 " "	1,55
20-30 " "	1,57
30-40 " "	1,49
40-50 " "	1,63
50-60 " "	1,54
60-70 " "	1,57
70-80 " "	1,59
80-90 " "	1,51
90-100 " "	1,56

sandiger Lehm (unbewachsen)									
0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100

sandiger Lehm (unbewachsen)									
0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100

1949										
Juni	9	14	13	13	13	14	13	14	15	18
21.	10	15	14	13	13	14	14	15	17	18
24.	9	15	14	13	13	14	15	15	15	18
28.	Juli									
1.	10	14	13	13	13	14	14	16	15	17
5.	10	11	12	13	14	14	15	16	16	17
12.	3	7	8	10	11	13	13	15	14	15
15.	3	8	9	10	12	13	14	15	14	15
19.	4	6	5	6	10	11	12	15	12	12
22.	3	6	7	9	12	14	14	17	12	13
26.	3	6	7	8	10	12	12	13	13	12
29.	4	6	6	9	10	12	13	13	12	13
August										
2.	3	7	8	9	12	13	13	13	14	14
5.	11	8	9	11	12	13	14	14	14	14
9.	6	7	7	8	11	12	13	13	13	13
12.	11	9	9	10	12	13	13	14	14	14
16.	7	8	8	10	11	14	14	14	14	13
19.	7	9	10	11	11	14	14	14	13	13
23.	6	8	8	9	11	12	13	13	13	11
26.	8	8	9	10	11	12	13	14	14	13
30.	12	8	8	10	10	12	12	14	12	12
September										
2.	17	9	9	10	11	12	12	13	12	12
6.	8	10	8	8	10	13	12	12	12	13
9.	10	9	7	8	12	13	13	15	13	11
13.	7	6	8	9	10	11	13	15	11	11
16.	11	8	7	9	10	12	13	14	11	10
20.	10	9	9	10	12	13	12	13	14	13
23.	9	8	7	8	10	12	13	14	13	13
27.	7	8	8	8	10	13	13	14	12	11
30.	6	7	7	7	9	13	12	14	11	10
Oktober										
4.	6	7	7	7	11	12	11	12	14	12
7.	5	7	7	7	10	11	10	12	14	11
11.	12	7	6	5	11	12	12	12	15	12
14.	12	7	7	8	12	12	12	12	15	14
18.	11	9	9	10	11	10	12	12	14	13
21.	9	8	7	7	8	11	10	11	12	11
25.	18	15	10	11	11	12	11	13	12	14
28.	14	13	10	10	11	14	14	15	13	14
November										
1.	13	12	10	10	11	14	12	12	13	14
4.	11	12	12	10	10	14	13	13	13	13
8.	15	13	12	12	12	14	12	12	13	13
11.	17	14	13	12	11	13	13	13	14	14
15.	15	14	13	13	12	14	13	14	13	13
18.	15	14	13	13	12	13	13	13	13	13
22.	15	13	13	13	14	13	13	13	14	13
25.	16	14	14	14	13	13	12	13	13	12
29.	16	14	14	14	15	15	15	14	14	13

1949										
Dezember	16	13	13	14	14	14	14	14	14	12
2.	17	14	14	14	15	16	15	15	15	12
6.	20	17	14	14	16	17	14	14	14	12
9.	19	16	15	16	16	15	15	13	15	12
13.	28	17	16	15	15	15	15	14	15	13
16.	20	15	14	15	15	16	15	15	15	12
20.	19	15	13	14	15	17	15	15	15	15
23.	18	15	14	14	14	17	15	16	16	15
27.	17	16	14	14	15	17	16	15	14	12
30.	1950									
Januar										
3.	26	18	14	14	14	15	15	16	17	15
6.	21	17	15	14	16	16	16	17	18	17
10.	19	15	14	14	16	15	15	16	17	17
13.	17	15	14	13	16	17	17	16	17	16
17.	19	16	14	14	16	16	15	16	17	15
20.	19	15	14	14	17	17	15	16	17	15
24.	19	16	14	14	15	15	15	15	16	14
27.	15	15	14	14	15	15	15	15	16	14
31.	15	15	14	13	14	15	15	15	15	14
Februar										
3.	21	15	14	13	13	15	14	15	15	16
7.	19	16	15	15	14	16	15	15	16	16
10.	20	17	17	16	17	16	16	16	17	17
14.	18	15	16	15	15	16	16	16	16	16
17.	18	15	15	15	15	14	16	17	16	16
21.	18	15	15	15	14	15	16	16	16	16
24.	18	16	15	14	15	17	16	17	16	16
28.	20	15	14	14	15	16	15	17	16	16
März										
3.	26	17	15	15	16	17	17	17	17	17
7.	21	17	15	16	15	16	17	16	16	15
10.	19	15	16	15	13	14	14	14	14	14
14.	18	16	16	15	15	14	15	15	15	14
17.	16	15	14	13	13	14	15	15	14	13
21.	13	13	13	13	14	15	15	15	14	14
24.	10	13	13	13	14	15	16	16	15	14
28.	11	13	12	13	13	14	15	16	16	14
31.	11	13	12	13	13	14	14	16	15	14
April										
4.	12	13	13	13	13	14	14	16	15	15
7.	13	13	13	13	13	15	13	15	15	16
10.	15	13	11	12	13	13	14	15	15	15
14.	17	13	13	13	13	14	14	14	15	15
18.	17	14	14	14	13	14	15	15	15	15
21.	14	14	15	15	13	15	15	15	15	15
25.	16	15	15	14	13	14	14	15	14	15
28.	16	15	14	14	14	14	14	14	14	15

	sandiger Lehm (unbewachsen)									
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100

	sandiger Lehm (unbewachsen)									
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100

1950										
Mai										
2.	15	15	15	14	14	15	15	14	14	16
5.	22	20	16	16	15	15	15	14	15	16
9.	13	14	14	14	14	15	15	14	14	16
16.	8	11	13	13	14	15	15	14	14	16
19.	13	14	13	13	15	15	15	14	14	16
23.	9	12	13	13	14	14	14	14	13	13
26.	16	14	14	13	14	14	14	14	14	14
30.	18	14	14	14	14	15	15	14	14	15
Juni										
2.	12	13	13	13	14	15	14	14	16	17
6.	10	12	14	14	14	14	14	14	14	14
9.	13	13	13	13	14	14	14	14	14	14
13.	10	12	13	13	14	15	14	14	13	14
16.	14	12	13	13	13	15	15	14	14	13
20.	11	13	13	13	14	14	14	14	14	14
23.	13	14	13	13	13	14	15	14	14	14
27.	14	14	13	12	13	14	14	14	14	13
30.	11	14	13	13	13	14	14	14	15	14
Juli										
4.	10	13	11	11	12	14	14	15	15	15
7.	12	13	13	13	12	14	14	14	14	14
11.	10	13	12	12	12	14	13	15	15	15
14.	12	13	12	12	12	13	14	15	15	15
18.	10	13	13	13	12	14	14	15	16	16
21.	8	12	13	13	13	15	15	16	16	16
25.	13	13	13	13	13	16	15	16	15	15
28.	14	14	13	13	13	14	14	14	15	14
August										
1.	11	14	13	13	13	13	14	15	15	14
4.	18	17	15	15	15	15	15	15	15	14
8.	12	14	15	15	14	15	14	15	15	14
11.	11	13	14	14	14	15	15	15	17	16
15.	13	12	13	14	14	15	14	14	15	16
18.	15	14	12	13	14	14	13	14	15	16
22.	11	12	13	12	15	15	14	16	15	17
25.	12	14	13	13	15	16	14	16	15	16
29.	15	14	13	12	14	15	14	15	15	16
September										
1.	12	13	13	13	13	13	13	14	15	15
5.	16	13	12	13	14	14	14	15	15	15
8.	16	14	13	13	13	16	15	16	15	15
12.	14	13	13	13	13	15	15	15	15	15
15.	14	13	13	14	13	16	15	15	14	14
19.	13	13	13	14	14	16	15	15	15	15
22.	16	14	14	14	15	16	15	15	15	16
26.	14	16	14	15	15	16	16	15	16	15
29.	15	16	14	15	15	16	16	15	16	15
Oktober										
3.	17	17	15	16	15	16	15	14	15	15
6.	16	16	14	14	14	16	15	15	16	15
10.	15	14	13	13	13	15	16	16	15	14
13.	14	13	13	13	13	14	16	16	15	14
17.	13	14	13	13	14	14	15	15	14	15
20.	16	15	14	13	15	15	15	15	14	15
24.	14	13	13	13	13	15	14	15	14	15
27.	14	13	13	13	13	15	14	14	15	15
31.	14	14	14	14	14	15	15	15	15	15
November										
3.	17	14	13	13	13	14	14	14	15	14
7.	16	14	15	14	14	17	16	17	15	16
10.	16	14	14	14	15	15	15	15	16	16
14.	17	16	15	15	15	16	16	16	16	16
17.	17	16	15	15	16	16	16	16	16	16
21.	16	15	14	15	16	16	16	16	16	16
24.	17	15	14	14	16	16	17	16	16	16
28.	17	16	15	15	16	17	16	17	17	16
Dezember										
1.	17	16	15	15	16	16	16	16	16	16
5.	17	15	15	15	15	16	16	16	16	16
8.	18	15	16	15	15	16	16	16	16	16
12.	18	15	15	14	15	15	16	16	16	15
15.	18	15	14	15	15	15	16	16	16	15
19.	22	16	14	15	15	15	16	16	16	15
22.	22	16	14	15	15	15	16	16	16	16
27.	24	16	15	15	15	15	15	16	16	16
29.	23	17	15	15	16	15	15	16	16	16

1951										
Januar										
2.	26	17	15	15	15	15	15	16	15	16
5.	30	17	15	15	15	15	15	16	15	15
9.	19	17	15	15	15	15	15	15	16	16
12.	20	18	17	16	15	15	15	16	16	16
16.	19	17	16	15	15	16	17	16	16	17
19.	19	17	16	15	16	16	17	16	16	17
23.	18	16	16	15	16	16	17	16	17	17
26.	17	16	15	15	16	16	16	15	17	15
30.	18	16	16	15	15	16	16	15	16	16
Februar										
2.	18	16	16	15	15	16	16	16	17	16
6.	17	16	15	14	14	15	15	16	16	16
9.	18	16	15	14	14	15	15	16	16	15
13.	18	14	14	13	13	14	15	15	15	15
16.	18	15	14	13	13	15	15	16	15	14
20.	18	15	15	14	14	15	15	16	15	15
23.	18	16	15	14	14	16	16	16	17	16
27.	18	15	15	14	14	16	16	16	16	15
März										
2.	17	16	16	15	15	16	16	17	16	15
6.	16	16	14	14	15	16	16	16	16	15
9.	16	15	13	14	14	16	15	16	17	16
13.	16	15	13	14	14	17	16	16	18	16
16.	14	14	13	14	13	15	16	16	18	16
20.	18	15	15	15	15	16	15	16	17	17
22.	15	15	15	15	15	16	15	15	16	16
27.	16	16	15	15	15	16	15	14	16	15
30.	15	15	15	14	14	15	14	14	16	15
April										
3.	16	15	14	14	15	15	15	15	16	15
6.	15	15	14	15	14	16	16	16	16	15
10.	16	15	14	14	15	15	15	15	15	15
13.	15	14	14	14	15	15	15	15	16	15
17.	14	14	14	14	14	14	15	14	14	14
20.	12	13	13	13	14	14	14	15	14	14
24.	10	12	12	13	14	14	15	15	15	14
27.	10	12	12	13	14	14	15	15	15	14
Mai										
2.	8	10	12	12	13	14	15	16	15	14
4.	8	10	11	11	12	13	14	15	14	14
8.	9	10	11	11	12	13	14	15	14	14
11.	7	7	10	10	11	13	14	14	14	14
15.	7	7	9	10	12	13	14	15	14	15
18.	9	7	9	10	12	12	14	15	13	15
22.	9	8	10	10	13	12	14	15	14	15
25.	11	11	11	12	13	13	13	13	14	15
29.	12	11	12	12	13	14	14	13	14	15
Juni										
1.	12	12	12	13	14	15	15	14	15	14
5.	14	12	13	13	14	14	15	15	16	14
8.	12	12	13	13	14	14	15	16	16	15
12.	13	12	13	14	14	14	16	16	16	16
15.	13	12	13	14	15	15	16	17	16	16
19.	15	13	12	14	15	15	16	16	16	15
22.	13	12	12	13	14	15	16	16	16	15
26.	15	13	13	14	15	15	16	16	16	15
29.	15	13	13	14	14	14	15	15	15	14
Juli										
3.	12	13	13	13	13	14	15	16	16	13
6.	12	13	13	13	14	15	16	16	14	12
10.	14	12	13	13	14	15	16	16	15	14
13.	13	12	12	12	14	15	15	16	15	14
17.	12	12	12	12	13	15	15	15	14	14
20.	8	11	12	11	12	14	15	15	14	14
24.	8	10	11	11	11	14	14	14	14	13
27.	11	12	12	12	13	14	14	14	14	13
31.	7	10	12	13	12	13	13	14	13	12
August										
3.	5	10	12	12	12	13	14	14	14	12
7.	11	11	13	12	13	14	14	14	13	12
10.	13	12	13	13	13	14	14	13	14	13
14.	10	11	12	12	14	14	14	13	14	13
17.	10	11	11	12	12	14	13	12	13	12
21.	12	12	10	12	12	13	13	12	12	12
24.	11	13	11	13	14	14	15	14	14	13
28.	9	10	10	13	14	13	14	14	13	13
31.	9	10	10	13	13	13	14	13	13	13

sandiger Lehm (unbewachsen)										
0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100	

sandiger Lehm (unbewachsen)										
0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100	

1951

September

4.	12	12	14	13	14	14	15	13	14	15
7.	9	10	10	10	12	14	14	13	13	13
11.	9	10	10	11	14	13	14	12	13	14
14.	11	11	10	12	13	13	14	12	13	14
18.	11	11	11	12	12	13	15	13	13	14
21.	11	12	11	12	13	13	14	12	13	12
25.	14	14	13	12	13	14	15	13	13	12
28.	12	12	12	12	13	13	14	13	12	12

1951

Oktober

2.	11	12	12	12	13	13	13	13	12	13
5.	10	11	12	12	13	13	13	13	12	12
9.	10	12	11	12	12	13	13	13	13	11
12.	10	11	11	12	13	12	13	13	13	12
16.	9	12	11	12	13	13	13	12	13	12
19.	9	12	12	12	13	13	13	13	13	12
23.	14	13	12	13	13	13	14	13	13	12
26.	14	13	12	12	13	12	15	13	12	12
30.	13	13	13	12	12	13	14	13	12	13

2. Die Bodenfeuchte-Meßwerte der Agrarmeteorologischen Forschungsstelle Geisenheim

a) Vergleichsfläche.

Die Beobachtungen wurden auf einem unbewachsenen und unbearbeiteten Lößboden am Fuchsberg vorgenommen. Der Boden zeigt — ebenso wie jener unter den verschiedenen Kulturen — eine gleichmäßige Beschaffenheit und keine besondere Schichtung.

Beobachtungszeitraum: 9. Dezember 1949 bis 31. Okt. 1951.

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

Alle Werte stellen Gewichtsprozentage dar!

0— 10 cm Tiefe:	Hygroskopizität:
0— 10 cm Tiefe:	3.5 Gew.-%
10— 20 " "	3.5 " "
20— 30 " "	3.4 " "
30— 40 " "	3.5 " "
40— 50 " "	3.5 " "
50— 60 " "	3.6 " "
60— 70 " "	3.7 " "
70— 80 " "	3.5 " "
80— 90 " "	3.3 " "
90— 100 " "	3.3 " "

0— 10 cm Tiefe:	Spezifisches Gewicht:	Volumgewicht:
0— 10 cm Tiefe:	2.22	1.21
10— 20 " "	2.38	1.25
20— 30 " "	2.33	1.11
30— 40 " "	2.33	1.16
40— 60 " "	2.27	1.15
50— 60 " "	2.27	1.19
60— 70 " "	2.22	1.15
70— 80 " "	2.38	1.17
80— 90 " "	2.33	1.14
90— 100 " "	2.33	1.22

Löß (unbewachsen)										
0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100	

Löß (unbewachsen)										
0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100	

1949

Dezember

9.	23	22	22	21	21	20	18	17	12	14
13.	23	21	21	21	20	.	.	.	.	.
16.	30	21	21	20	19	.	.	.	.	.
20.	24	24	24	24	23	.	.	.	.	.
23.	23	23	22	22	21	22	21	19	17	16
27.	22	21	22	22	20	.	.	.	.	.
30.	22	20	21	21	21	.	.	.	.	.

1950

April

4.	18	17	18	18	18	.	.	.	.	.
7.	15	16	17	17	17	.	.	.	.	.
11.	18	16	17	17	18	.	.	.	.	.
14.	17	17	17	17	17	17	17	18	18	17
18.	13	15	16	16	17	.	.	.	.	.
21.	12	15	16	17	17	.	.	.	.	.
25.	18	17	17	17	17	.	.	.	.	.
28.	20	20	20	19	19	18	17	17	17	16

1950

Januar

3.	27	21	21	20	21	.	.	.	.	.
6.	22	22	22	21	21	21	20	19	18	16
10.	23	21	20	21	20	.	.	.	.	.
13.	21	18	19	19	20	.	.	.	.	.
17.	22	22	21	21	20	.	.	.	.	.
20.	29	20	20	20	20	20	21	20	18	17
24.	24	23	24	19	19	.	.	.	.	.
27.	25	25	23	17	18	.	.	.	.	.
31.	21	18	17	13	13	.	.	.	.	.

April

2.	16	18	19	18	17	.	.	.	.	.
5.	25	22	19	18	17	.	.	.	.	.
9.	17	19	20	20	19	.	.	.	.	.
12.	14	18	19	19	19	18	17	17	17	15
16.	12	15	16	17	18	.	.	.	.	.
19.	19	20	19	18	18	.	.	.	.	.
23.	18	18	17	18	17	.	.	.	.	.
26.	21	20	19	18	18	18	17	18	17	16
30.	18	20	20	19	18	.	.	.	.	.

Februar

3.	27	24	22	19	17	18	18	18	17	16
7.	28	27	23	18	18	.	.	.	.	.
10.	28	28	28	24	20	.	.	.	.	.
14.	25	25	24	24	24	.	.	.	.	.
17.	23	24	24	23	23	22	22	21	20	17
21.	24	22	23	22	21	.	.	.	.	.
24.	24	23	22	22	22	.	.	.	.	.
28.	34	21	21	22	21	.	.	.	.	.

April

2.	15	16	18	18	18	.	.	.	.	.
6.	12	17	17	17	17	.	.	.	.	.
9.	12	15	16	17	18	17	18	17	17	16
13.	10	15	16	16	17	.	.	.	.	.
16.	18	17	16	15	16	.	.	.	.	.
20.	13	16	17	17	17	.	.	.	.	.
23.	19	19	19	18	18	17	17	17	17	15
27.	17	19	19	19	17	.	.	.	.	.
30.	14	16	17	17	17	.	.	.	.	.

März

3.	37	22	21	21	21	21	21	20	19	18
7.	23	21	21	22	21	.	.	.	.	.
10.	22	22	21	21	21	.	.	.	.	.
14.	20	21	21	19	20	.	.	.	.	.
17.	20	19	21	20	20	20	20	19	19	18
21.	18	19	19	19	19	.	.	.	.	.
24.	17	18	18	18	19	.	.	.	.	.
28.	16	17	18	18	18	.	.	.	.	.
31.	13	16	16	17	18	18	18	18	18	17

Mai

2.	16	18	19	18	17	.	.	.	.	.
5.	25	22	19	18	17	.	.	.	.	.
9.	17	19	20	20	19	.	.	.	.	.
12.	14	18	19	19	19	18	17	17	17	15
16.	12	15	16	17	18	.	.	.	.	.
19.	19	20	19	18	18	.	.	.	.	.
23.	18	18	17	18	17	.	.	.	.	.
26.	21	20	19	18	18	18	17	18	17	16
30.	18	20	20	19	18	.	.	.	.	.

Juni

2.	15	16	18	18	18	.	.	.	.	.
6.	12	17	17	17	17	.	.	.	.	.
9.	12	15	16	17	18	17	18	17	17	16
13.	10	15	16	16	17	.	.	.	.	.
16.	18	17	16	15	16	.	.	.	.	.
20.	13	16	17	17	17	.	.	.	.	.
23.	19	19	19	18	18	17	17	17	17	15
27.	17	19	19	19	17	.	.	.	.	.
30.	14	16	17	17	17	.	.	.	.	.

Juli

4.	13	16	17	16	17	.	.	.	.	.
7.	15	17	18	18	19	18	19	18	17	15
11.	12	15	16	16	17	.	.	.	.	.
14.	13	15	17	17	17	.	.	.	.	.
18.	13	16	16	16	17	.	.	.	.	.
21.	11	15	16	16	17	17	17	17	16	15
25.	15	16	17	16	17	.	.	.	.	.
28.	14	15	16	16	16	.	.	.	.	.

		Löff (unbewachsen)									
		0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
		1950									
August											
1.	11	14	15	15	16						
4.	21	20	20	18	17	16	16	17	15	14	
8.	14	16	16	17	17						
11.	17	16	16	16	16						
15.	12	16	16	17	17						
18.	16	16	16	16	17	17	17	16	17	19	
22.	11	14	15	15	16						
25.	13	14	15	15	16						
29.	17	15	14	15	15						
September											
1.	10	12	13	14	15	15	15	15	15	15	
5.	17	16	15	15	16						
8.	16	16	15	15	15						
12.	14	16	17	16	16						
15.	14	16	15	16	17	17	16	16	16	18	
19.	15	15	16	15	16						
22.	18	18	17	16	16						
26.	17	16	16	16	16						
29.	14	17	17	16	17	18	18	17	16	14	
Oktober											
3.	18	17	16	16	16						
6.	14	15	15	16	15						
10.	15	15	15	15	16						
13.	14	15	16	16	16	16	16	16	16	15	
17.	15	15	15	15	15						
20.	14	15	16	16	16						
24.	12	14	15	16	15						
27.	13	14	16	16	16	16	16	16	15	14	
31.	11	14	15	15	15						
November											
3.	21	19	16	16	17						
7.	20	20	20	19	18						
10.	19	20	21	19	18	17	18	16	16	14	
14.	21	21	21	21	19						
17.	22	22	22	23	21						
21.	22	23	22	22	20						
24.	22	22	22	23	22	21	20	18	16	14	
28.	23	22	22	22	22						
Dezember											
1.	21	22	22	23	22						
5.	23	22	23	23	22						
8.	29	24	22	21	21	21	22	21	20	17	
12.	41	20	20	20	19						
15.	31	21	20	19	21						
19.	38	21	22	22	21						
22.	29	21	21	22	21	21	20	20	20	18	
26.	35	21	20	19	19						
29.	38	23	21	20	21						
		1951									
Januar											
2.	41	28	21	19	20						
5.	40	23	22	21	20	20	18	19	19	17	
9.	27	25	25	24	23						
12.	24	24	24	23	23						
16.	24	23	25	24	23						
19.	23	23	24	24	22	23	23	21	20	19	
23.	24	23	23	22	23						
26.	22	22	22	23	23						
30.	22	21	22	22	24						
Februar											
2.	21	21	21	20	21	21	20	19	18	18	
6.	22	22	22	22	21						
9.	21	21	22	21	22						
13.	21	21	22	21	20						
16.	19	21	21	21	21	20	18	19	18	17	
20.	22	22	22	22	21						
23.	21	21	22	21	21						
27.	21	20	21	21	20						
März											
2.	21	21	22	22	21	20	20	21	19	17	
6.	25	21	22	22	21						
9.	21	21	21	21	20						
13.	21	21	22	21	21						
16.	20	20	21	21	21	20	20	20	18	17	
20.	22	22	23	22	21						
22.	21	21	22	21	21						
27.	21	22	22	22	21						
30.	22	22	22	22	21	20	20	19	18	17	

		Löff (unbewachsen)									
		0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
		1951									
April											
3.	22	22	23	22	22						
6.	19	20	21	21	21						
10.	21	21	22	20	21						
13.	19	20	20	20	22	20	20	20	18	17	
17.	18	19	19	19	20						
20.	19	18	18	19	19						
24.	15	17	18	18	18						
27.	14	15	16	18	18	19	19	18	17	16	
Mai											
2.	14	17	17	17	18						
4.	12	17	17	18	18						
8.	16	15	15	17	17						
11.	13	15	16	17	17	17	17	16	16	16	
15.	11	14	16	16	17						
18.	13	14	14	16	17						
22.	14	14	15	16	16						
25.	15	14	15	16	16	16	17	17	16	15	
29.	16	16	16	16	15						
Juni											
1.	14	16	16	16	17						
5.	14	16	15	16	16						
8.	12	15	15	16	17	17	17	16	15	15	
12.	13	15	16	16	16						
15.	13	15	16	16	17						
19.	16	15	15	15	16						
22.	11	13	15	15	16	15	17	16	16	14	
26.	17	17	16	16	17						
29.	15	16	17	16	16						
Juli											
3.	13	16	16	17	17						
6.	12	14	15	15	16	16	16	16	15	14	
10.	11	13	14	15	16						
13.	10	12	14	15	16						
17.	15	15	15	15	16						
20.	11	14	15	16	17	16	16	16	15	14	
24.	13	13	14	15	16						
27.	14	14	14	15	15						
31.	11	12	14	15	16						
August											
3.	9	11	15	16	16	15	16	16	14	14	
7.	12	13	14	15	16						
10.	17	15	14	15	15						
14.	12	14	14	15	15						
17.	12	14	15	15	16	15	17	16	15	14	
21.	17	14	15	15	15						
24.	12	15	15	16	16						
28.	12	14	14	15	15						
31.	12	12	14	15	16	16	16	16	14	14	
September											
4.	18	18	17	15	16						
7.	14	16	16	16	15						
11.	12	16	14	12	10						
14.	20	18	15	16	16	16	16	16	14	13	
18.	14	16	16	16	16						
21.	14	16	15	16	16						
25.	16	16	16	16	15						
28.	16	16	16	16	15	16	16	16	14	14	
Oktober											
2.	13	15	16	16	16						
5.	12	14	15	15	16						

b) Winterroggenfeld.

Das Feldstück liegt in der Sommerau und besteht aus Lößboden.

Beobachtungszeitraum: 9. Dezember 1949 bis 31. Okt. 1951.

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

Alle Werte stellen Gewichtsprozente dar!

Phänologische Daten:

Bestellung	11. 10. 1949
Aufgang	27. 10. 1949
(bis Anfang Dezember gut aufgelaufen)	
Schossen	29. 3. 1950
Ährenschieben	16. 5. 1950 (Pflanzen 100 cm hoch)
Blüte	26. 5. 1950 (" 160 " ")
Ernte	18. 7. 1950

Feldwechsel am 10. 11. 1950, neues Feld am 8. 12. 1950 frisch gepflügt

Bestellung	29. 9. 1950
Aufgang	10. 10. 1950
Schossen	5. 4. 1951
Ährenschieben	16. 5. 1951 (Pflanzen 90 cm hoch)
Blüte	28. 5. 1951
Ernte	1. 8. 1951

Feld am 14. 9. 1951 gegrubbert, am 12. 10. 1951 gepflügt

		Löß (Winterroggen)									
		0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
		1949									
Dezember											
9.	26	25	23	19	16	12	11	11	12	12	
23.	29	24	21	20	21	21	20	18	15	14	
		1950									
Januar											
6.	28	26	23	22	20	21	22	20	19	17	
20.	27	23	20	20	20	20	20	20	19	18	
Februar											
3.	29	26	23	21	18	18	18	19	19	18	
17.	28	24	24	23	22	22	22	22	21	21	
März											
3.	34	24	24	21	22	21	21	21	20	21	
17.	23	22	23	22	20	20	20	20	20	20	
31.	13	18	19	19	19	19	20	20	20	20	
April											
4.	22	21	19	18	19	.	.	.	.	.
7.	18	18	19	18	17	.	.	.	.	.
11.	22	21	19	19	18	.	.	.	.	.
14.	23	22	19	18	18	19	18	19	18	18	
18.	19	21	20	19	18	.	.	.	.	.
21.	18	20	18	18	17	.	.	.	.	.
25.	25	22	20	18	18	.	.	.	.	.
28.	23	22	21	21	19	18	18	18	17	17	
Mai											
2.	23	23	22	20	18	.	.	.	.	.
5.	33	28	22	20	18	.	.	.	.	.
9.	24	22	21	21	20	.	.	.	.	.
12.	12	17	18	19	19	18	18	18	18	18	
16.	9	11	14	16	17	.	.	.	.	.
19.	24	18	15	16	17	17	17	16	17	17	
23.	22	18	15	16	15	.	.	.	.	.
26.	26	22	17	15	16	16	17	17	18	18	
30.	22	21	20	18	17	.	.	.	.	.
Juni											
2.	16	15	15	14	15	.	.	.	.	.
6.	7	10	12	11	7	.	.	.	.	.
9.	9	10	10	10	11	12	12	13	14	14	
13.	7	10	10	10	11	.	.	.	.	.
16.	20	14	12	12	13	.	.	.	.	.
20.	17	15	11	11	12	.	.	.	.	.
23.	23	21	13	12	10	10	10	11	11	12	
27.	23	23	21	13	10	.	.	.	.	.
30.	15	16	13	10	10	.	.	.	.	.
Juli											
4.	16	17	17	17	12	.	.	.	.	.
7.	25	23	18	16	13	11	14	12	12	13	
11.	22	21	20	16	13	.	.	.	.	.
14.	17	20	19	16	13	.	.	.	.	.
21.	21	22	21	18	18	15	14	13	14	15	
August											
4.	29	29	28	26	25	24	23	21	21	19	
18.	19	17	17	17	18	18	18	18	18	16	

Hygroskopizität:

0-10 cm Tiefe:	4.7 Gew.-%
10-20 " "	4.6 " "
20-30 " "	4.5 " "
30-40 " "	4.4 " "
40-50 " "	4.3 " "
50-60 " "	4.2 " "
60-70 " "	4.1 " "
70-80 " "	4.1 " "
80-90 " "	4.1 " "
90-100 " "	4.3 " "

Spezifisches Gewicht:

0-10 cm Tiefe:	2.30	50-60 cm Tiefe:	2.22
10-20 " "	2.33	60-70 " "	2.17
20-30 " "	2.30	70-80 " "	2.27
30-40 " "	2.22	80-90 " "	2.30
40-50 " "	2.22	90-100 " "	2.33

Volumgewicht:

0-10 cm Tiefe:	1.36	50-60 cm Tiefe:	1.18
10-20 " "	1.26	60-70 " "	1.18
20-30 " "	1.20	70-80 " "	1.29
30-40 " "	1.21	80-90 " "	1.20
40-50 " "	1.16	90-100 " "	1.22

		Löß (Winterroggen)									
		0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
		1950									
September											
1.	12	15	16	16	16	16	16	16	16	16	
15.	18	19	15	15	15	15	14	13	13	13	
29.	20	21	21	18	18	18	17	18	18	17	
Oktober											
13.	18	18	19	17	17	16	16	15	15	15	
27.	17	18	19	18	18	17	17	17	17	16	
November											
10.	23	25	23	21	20	18	15	12	12	12	
24.	28	28	26	23	22	23	22	20	20	16	
Dezember											
8.	27	27	26	22	21	21	21	21	21	20	
22.	45	26	24	22	22	20	21	21	21	20	
		1951									
Januar											
5.	31	27	25	22	21	20	20	20	18	19	
19.	29	28	24	26	24	23	22	23	22	22	
Februar											
2.	22	23	21	22	21	20	20	21	21	21	
16.	26	23	21	20	20	20	20	20	21	21	
März											
2.	25	24	23	21	20	20	20	20	21	20	
16.	22	23	23	22	22	20	20	20	19	20	
30.	26	26	23	21	21	20	20	21	20	20	
April											
3.	25	25	22	21	21	.	.	.	.	.
6.	22	23	21	20	20	.	.	.	.	.
10.	26	23	24	22	22	.	.	.	.	.
13.	23	23	22	21	20	20	20	20	20	20	
17.	21	22	21	20	20	.	.	.	.	.
20.	21	21	21	19	19	.	.	.	.	.
24.	17	20	19	19	19	.	.	.	.	.
27.	13	17	18	18	18	18	19	19	20	20	
Mai											
2.	15	18	19	18	18	.	.	.	.	.
4.	13	17	18	18	16	.	.	.	.	.
8.	19	17	16	17	18	.	.	.	.	.
11.	16	16	16	16	18	18	19	19	19	19	
15.	13	15	16	15	17	.	.	.	.	.
18.	13	15	15	16	17	.	.	.	.	.
22.	17	13	14	14	15	.	.	.	.	.
25.	18	16	13	15	15	16	16	17	18	18	
29.	22	23	19	14	16	.	.	.	.	.
Juni											
1.	20	21	20	19	17	.	.	.	.	.
5.	24	24	22	22	19	.	.	.	.	.
8.	17	20	20	19	18	17	18	18	18	18	
12.	23	23	20	20	20	.	.	.	.	.
15.	21	22	21	20	20	.	.	.	.	.
19.	25	22	19	20	19	.	.	.	.	.
22.	17	21	20	19	19	19	19	18	18	19	
26.	22	22	20	20	19	.	.	.	.	.
29.	20	21	21	21	21	.	.	.	.	.

	Löß (Winterroggen)									
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
1951										
Juli										
3.	16	19	19	19	19	.	.	.	.	.
6.	13	16	17	16	18	17	17	17	17	17
10.	12	14	16	16	17	.	.	.	.	.
13.	10	14	15	16	16	.	.	.	.	.
17.	21	19	16	16	16	.	.	.	.	.
20.	15	16	15	16	17	18	18	17	16	17
24.	21	16	13	15	15	.	.	.	.	.
27.	21	19	14	14	15	.	.	.	.	.
31.	16	17	15	15	15	.	.	.	.	.

	Löß (Winterroggen)									
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
1951										
August										
3.	15	18	17	16	17	17	17	17	17	17
17.	18	19	19	17	16	17	17	17	17	16
31.	16	16	16	15	16	16	17	17	17	17
September										
14.	26	23	18	18	16	17	17	16	16	17
28.	19	20	20	17	15	15	15	15	15	16
Oktober										
12.	15	16	15	17	17	17	17	16	16	16
26.	13	14	16	17	17	16	17	16	16	16

c) Spätkartoffelfeld.

Das Feldstück liegt an der Hospitalstraße und besteht aus Lößboden.

Beobachtungszeitraum: 9. Dezember 1949 bis 31. Okt. 1951.
(Beobachtungen in 10 cm-Stufen bis zu 100 cm Tiefe)

Alle Werte stellen Gewichtsprozentage dar!

Hygroskopizität:

0—10 cm Tiefe:	3.7 Gew.-%
10—20 " "	3.7 "
20—30 " "	3.8 "
30—40 " "	3.4 "
40—50 " "	3.5 "
50—60 " "	3.5 "
60—70 " "	3.0 "
70—80 " "	2.9 "
80—90 " "	2.8 "
90—100 " "	2.8 "

Spezifisches Gewicht:

0—10 cm Tiefe:	2.27	50—60 cm Tiefe:	2.27
10—20 " "	2.30	60—70 " "	2.27
20—30 " "	2.24	70—80 " "	2.27
30—40 " "	2.30	80—90 " "	2.33
40—50 " "	2.24	90—100 " "	2.30

Volumgewicht:

0—10 cm Tiefe:	1.27	50—60 cm Tiefe:	1.34
10—20 " "	1.27	60—70 " "	1.41
20—30 " "	1.41	70—80 " "	1.34
30—40 " "	1.25	80—90 " "	1.29
40—50 " "	1.22	90—100 " "	1.35

Phänologische Daten:

Vorfrucht: Hafer. Am 13. 4. 1950 wurde das Feld geeegt.
Bestellung 25. 4. 1950
Aufgang 26. 5. 1950 (am 2. 6. frisch geschäufelt)
Feld stark verunkrautet.
Blüte 23. 6. 1950
Absterben 22. 8. 1950
Ernte 18. 9. 1950
Feldwechsel 10. 11. 1950 (Messfeld für 1951)
Bestellung 11. 5. 1951
Aufgang 1. 6. 1951
Blüte 26. 6. 1951
Ernte 12. 10. 1951 (am 26. 10. frisch gepflügt)

	Löß (Spätkartoffeln)									
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
1949										
Dezember										
9.	25	23	22	19	15	12	10	10	11	12
23.	24	24	21	20	21	20	19	14	13	12
1950										
Januar										
6.	26	25	23	21	21	21	20	19	17	14
20.	26	21	21	21	20	20	20	19	16	15
Februar										
3.	28	27	24	19	18	19	19	17	17	16
17.	27	26	23	23	23	23	21	21	21	19
März										
3.	29	23	21	22	21	21	21	20	19	19
17.	20	23	21	20	20	20	19	19	19	17
31.	17	17	19	18	19	18	18	17	17	16
April										
14.	17	17	18	19	19	18	18	17	17	17
28.	21	21	20	20	19	18	17	16	17	16
Mai										
12.	9	17	18	18	18	18	17	17	17	17
26.	23	22	20	19	19	18	19	17	18	18
Juni										
2.	12	19	19	19	19	.	.	.	.	.
6.	9	18	18	19	19	.	.	.	.	.
9.	13	17	18	18	17	18	17	16	17	17
13.	13	17	17	17	18	.	.	.	.	.
16.	20	19	17	16	15	.	.	.	.	.
20.	15	18	16	15	15	.	.	.	.	.
23.	22	21	21	18	18	18	17	17	18	17
27.	20	20	20	18	17	.	.	.	.	.
30.	16	17	17	17	19	.	.	.	.	.

	Löß (Spätkartoffeln)									
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
1950										
Juli										
4.	17	18	19	19	20	.	.	.	.	.
7.	17	16	17	17	17	16	17	17	16	16
11.	11	15	15	15	16	.	.	.	.	.
14.	14	15	15	15	15	.	.	.	.	.
18.	15	16	15	15	15	.	.	.	.	.
21.	11	13	14	14	16	16	16	15	16	16
25.	18	19	18	17	14	.	.	.	.	.
28.	18	18	17	17	14	.	.	.	.	.
August										
1.	20	14	17	14	13	.	.	.	.	.
4.	25	25	24	17	17	15	15	15	15	15
8.	16	18	18	17	15	.	.	.	.	.
11.	18	17	17	17	16	.	.	.	.	.
15.	14	15	14	13	14	.	.	.	.	.
18.	18	16	15	15	15	14	14	15	15	14
22.	12	15	15	14	15	.	.	.	.	.
25.	13	15	15	14	13	.	.	.	.	.
29.	21	17	14	13	13	.	.	.	.	.
September										
1.	19	17	14	14	14	14	13	14	15	15
5.	21	17	17	15	12	.	.	.	.	.
8.	19	15	13	13	13	.	.	.	.	.
12.	18	16	14	14	14	.	.	.	.	.
15.	16	17	16	15	15	14	14	14	14	14
19.	18	17	14	12	13	.	.	.	.	.
22.	21	18	15	14	13	.	.	.	.	.
26.	21	19	17	15	14	.	.	.	.	.
29.	16	17	17	16	15	15	14	15	15	14

	Löss (Spätkartoffeln)									
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
1950										
Oktober										
13.	16	17	17	16	16	15	15	14	15	15
27.	17	18	18	18	17	16	15	15	15	15
November										
10.	24	25	22	22	21	18	14	12	13	12
24.	27	27	27	23	22	22	21	20	18	17
Dezember										
8.	27	28	24	21	22	20	21	20	20	19
22.	46	29	24	21	20	20	20	18	19	18
1951										
Januar										
5.	43	30	25	22	20	20	20	20	19	19
19.	30	27	24	26	25	22	22	21	21	20
Februar										
2.	25	24	22	20	20	20	20	20	20	20
16.	25	25	22	20	20	19	19	19	18	19
März										
2.	26	25	21	20	20	19	19	19	19	18
16.	25	25	21	20	22	20	20	19	20	18
30.	25	26	26	22	21	20	19	18	18	18
April										
13.	23	23	22	21	21	19	19	19	19	19
27.	18	19	18	19	19	19	19	18	19	18
Mai										
11.	18	21	19	19	20	19	19	19	18	17
25.	20	19	18	18	18	17	18	18	18	17
Juni										
1.	20	23	21	19	20	.	.	.	.	.
5.	22	23	21	21	20	.	.	.	.	.
8.	17	21	19	20	19	20	20	19	19	18
12.	20	23	21	20	20	.	.	.	.	.
15.	20	22	22	20	20	.	.	.	.	.
19.	23	22	19	20	19	.	.	.	.	.
22.	18	21	19	19	19	19	18	18	18	18
26.	27	24	20	19	19	.	.	.	.	.
29.	23	23	21	20	20	.	.	.	.	.

	Löss (Spätkartoffeln)									
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
1951										
Juli										
3.	20	20	19	20	18	.	.	.	.	.
6.	17	20	19	19	19	19	19	19	19	19
10.	12	17	18	18	18	.	.	.	.	.
13.	9	12	16	14	15	.	.	.	.	.
17.	21	19	16	16	17	.	.	.	.	.
20.	16	17	16	16	18	17	17	17	16	16
24.	17	15	14	16	17	.	.	.	.	.
27.	17	14	13	15	16	.	.	.	.	.
31.	15	14	13	14	15	.	.	.	.	.
August										
3.	14	13	15	15	16	17	16	17	16	16
7.	16	15	14	14	15	.	.	.	.	.
10.	21	21	15	14	14	.	.	.	.	.
14.	15	14	15	13	15	.	.	.	.	.
17.	11	15	14	13	14	15	17	17	17	17
21.	21	14	12	13	14	.	.	.	.	.
24.	16	14	12	13	13	.	.	.	.	.
28.	15	15	14	14	15	.	.	.	.	.
31.	20	14	13	14	14	15	16	16	16	17
September										
4.	24	23	22	19	13	.	.	.	.	.
7.	20	20	17	14	14	.	.	.	.	.
11.	17	19	18	15	14	.	.	.	.	.
14.	24	20	16	14	15	15	15	15	17	17
18.	19	18	16	14	14	.	.	.	.	.
21.	19	18	17	14	14	.	.	.	.	.
25.	23	19	16	14	13	.	.	.	.	.
28.	21	21	19	16	14	14	15	15	15	15
Oktober										
12.	17	18	17	16	15	14	14	14	14	14
26.	16	15	17	16	15	16	16	16	16	14

d) Obstgarten.

Der Obstgarten liegt am Fuchsberg und beherbergt Birnen- und Kirschenhochstämme. Der Lößboden zeigt eine gleichmäßige Beschaffenheit bis zu 50 cm Tiefe; er wird bearbeitet, trägt aber keine Zwischenkulturen.

Beobachtungszeitraum: 6. Sept. 1948 bis 28. Juni 1949 (Beobachtungen in 10 und 50 cm Tiefe) und 12. Juli 1949 bis 31. Okt. 1951.

(Beobachtungen in 10 cm-Stufen bis zu 50 cm Tiefe).

e) Weinberg.

Der Weinberg liegt am Rosengarten; er besteht aus Schotterboden von gleichmäßiger Beschaffenheit bis zu 50 cm Tiefe, wird bearbeitet und von Unkraut freigehalten.

Beobachtungszeitraum und Bohrtiefen wie im Obstgarten.

Alle Werte stellen Gewichtsprozentage dar!

Hygroskopizität:

0-10 cm Tiefe:	3.5 Gew.-%
10-20 " "	3.4 " "
20-30 " "	3.6 " "
30-40 " "	3.4 " "
40-50 " "	3.3 " "

Spezifisches Gewicht:

0-10 cm Tiefe:	2.24 Gew.-%	1.25
10-20 " "	2.30 " "	1.23
20-30 " "	2.27 " "	1.12
30-40 " "	2.33 " "	1.13
40-50 " "	2.27 " "	1.10

Phänologische Daten:

Kirschen	1948	1949	1950	1951
Beginn d. Blühens	3. 4.	8. 4.	18. 4.	24. 4.
Vollblüte	8. 4.	10. 4.	22. 4.	26. 4.
Ende d. Blühens	16. 4.	14. 4.	3. 5.	4. 5.
Erste reife Früchte	20. 5.	6. 6.	20. 6.	18. 6.
Beginn des Laubfalls	—	30.10.	27.10.	15.10.

(Früheste der Mark) (Kassins Frühe) (Diemitzer Amarelle) (Kassins Frühe)

Birnen (Clapps Liebling)	1948	1949	1950	1951
Beginn d. Blühens	8. 4.	13. 4.	22. 4.	25. 4.
Vollblüte	17. 4.	14. 4.	24. 4.	26. 4.
Ende d. Blühens	24. 4.	19. 4.	3. 5.	4. 5.
Erste reife Früchte	25. 7.	29. 7.	1. 8.	16. 8.
Beginn des Laubfalls	—	17.11.	10.11.	26.10.

Am 27. 3. 1950 gepflügt, am 2. 6. 1950 gegrubbert, am 15. 9. 1950 wieder gepflügt. Am 18. 4. 1951 gegggt. Gründüngung am 26. 6. 1951 20 cm, am 3. 7. 40 cm und am 13. 7. 50 cm hoch (Erbsen, Wicken, Pferdebohnen). Schnitt der Gründüngung am 16. 8. 1951. Der Obstgarten war 1950 und 1951 stark verunkrautet.

Hygroskopizität:

0-10 cm Tiefe:	2.9 Gew.-%
10-20 " "	3.2 " "
20-30 " "	3.2 " "
30-40 " "	2.3 " "
40-50 " "	3.0 " "

Spezifisches Gewicht:

0-10 cm Tiefe:	2.44 Gew.-%	1.34
10-20 " "	2.50 " "	1.40
20-30 " "	2.50 " "	1.43
30-40 " "	2.35 " "	1.27
40-50 " "	2.33 " "	1.30

Phänologische Daten: (Riesling)

	1948	1949	1950	1951
Austrieb	22. 4.	20. 4.	5. 5.	8. 5.
Beginn d. Blühens	12. 6.	11. 6.	12. 6.	22. 6.
Vollblüte	13. 6.	13. 6.	17. 6.	23. 6.
Beginn der Lese	26.10.	20.10.	16.10.	5.11.
Ende der Lese	21.11.	—	10.11.	—
Beginn d. Blattfalles	16.11.	—	30.10.	—

Am 15. 1. 1950 Stallmist eingepflügt. Ebenfalls gepflügt am 27. 6., 15. 7. und 12. 9. 1950; gegrubbert am 25. 7., 22. 8. und am 8. 9. 1950. Gegrubbert am 22. 3. 1951, 20. 4. 1951, 11. 5. 1951, 22. 6. 1951 und 9. 8. 1951.

	Löß (Obstgarten)		Schotter (Weinberg)	
	10 cm	50 cm	10 cm	50 cm

1948

September	Löß (Obstgarten)		Schotter (Weinberg)	
6.	11	13	10	12
13.	14	16	10	12
20.	16	15	9	10
27.	14	13	10	12
Oktober	Löß (Obstgarten)		Schotter (Weinberg)	
4.	15	15	9	11
11.	13	13	9	11
18.	12	13	10	10
25.	13	15	10	10

	Löß (Obstgarten)		Schotter (Weinberg)	
	10 cm	50 cm	10 cm	50 cm

1948

November	Löß (Obstgarten)		Schotter (Weinberg)	
2.	15	12	13	10
8.	18	13	17	10
15.	19	15	16	14
22.	18	16	14	18
30.	15	14	13	12
Dezember	Löß (Obstgarten)		Schotter (Weinberg)	
7.	19	13	12	14
14.	18	12	12	19
21.	17	19	16	18

Löß (Obstgarten)		Schotter (Weinberg)	
10 cm	50 cm	10 cm	50 cm

1949

Löß (Obstgarten)		Schotter (Weinberg)	
10 cm	50 cm	10 cm	50 cm
Januar			
4.	22	15	19
12.	16	16	16
18.	22	20	16
25.	21	19	14
Februar			
1.	16	18	14
8.	25	16	17
15.	26	19	17
22.	20	18	17
März			
1.	21	19	12
8.	20	17	23
15.	20	19	15
22.	22	19	20
29.	16	20	13
April			
5.	16	16	12
12.	13	17	14
19.	16	15	10
26.	9	14	7
Mai			
3.	15	16	15
10.	13	15	11
17.	14	16	11
24.	20	19	14
31.	14	16	12
Juni			
7.	17	17	12
14.	11	15	11
21.	7	13	4
28.	10	15	12

Löß (Obstgarten)					Schotter (Weinberg)				
0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50

1949

Löß (Obstgarten)					Schotter (Weinberg)				
0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50
November									
1.	13	16	16	16	13	12	11	13	13
4.	14	16	17	16	13	11	12	11	7
8.	16	16	16	13	13	12	11	12	10
11.	19	17	15	13	12	13	15	13	11
15.	19	18	16	14	11	14	16	14	12
18.	19	16	16	14	13	15	15	15	13
22.	17	17	16	13	12	14	14	14	12
25.	18	17	17	14	14	14	14	12	13
29.	20	16	16	15	13	16	15	14	14
Dezember									
2.	19	18	15	14	14	17	14	12	13
6.	24	21	23	20	16	17	17	19	18
9.	22	21	21	24	18	16	17	16	15
13.	22	21	22	21	20	19	16	19	19
16.	28	21	20	19	18	22	16	16	16
20.	24	23	22	23	23	18	16	16	15
23.	27	20	21	22	22	17	16	17	14
27.	22	20	22	23	23	17	16	17	20
30.	20	19	21	21	21	18	17	18	18

1950

Löß (Obstgarten)					Schotter (Weinberg)				
0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50
Januar									
3.	26	21	22	22	23	20	17	16	18
6.	23	21	21	21	20	20	19	19	18
10.	21	21	20	21	21	17	16	17	18
13.	21	20	21	20	21	18	16	16	16
17.	24	22	22	22	22	29	20	18	16
20.	22	20	21	21	18	29	22	17	15
24.	24	21	20	21	21	23	24	21	19
27.	23	29	22	20	21	26	22	13	14
31.	22	28	28	18	19	25	25	23	17
Februar									
3.	29	22	26	18	18	27	18	18	15
7.	28	30	25	18	19	19	23	18	14
10.	28	30	26	22	21	21	21	22	22
14.	25	22	22	23	23	22	23	21	19
17.	24	23	24	23	22	19	21	18	19
21.	23	23	23	22	24	19	17	17	17
24.	23	22	22	23	21	21	21	21	18
28.	33	21	23	24	24	24	20	18	17

Löß (Obstgarten)					Schotter (Weinberg)				
0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50

1949

Löß (Obstgarten)					Schotter (Weinberg)				
0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50
Juli									
12.	5	3	9	11	13	7	6	9	9
15.	10	14	13	15	15	5	12	15	13
19.	8	8	11	11	9	8	9	9	11
22.	12	15	14	15	15	7	9	10	11
26.	11	16	15	15	16	8	10	11	10
29.	11	15	14	14	15	5	7	8	9
August									
2.						3	8	6	7
5.	14	10	10	12	13	11	8	9	8
9.	17	12	12	12	13	13	8	9	10
12.	19	16	14	15	15	14	13	14	13
16.	12	15	14	13	14	12	10	9	9
19.	10	14	12	12	13	7	11	11	12
23.	12	15	13	14	15	8	11	12	9
26.	10	11	11	10	13	9	10	10	11
30.	12	12	12	12	13	9	13	12	13
September									
2.	9	12	11	13	13	8	11	10	11
6.	8	10	8	12	13	8	8	9	9
9.	10	10	9	9	11	9	9	9	8
13.	7	8	9	9	10	7	10	11	10
16.	11	10	10	11	10	10	10	10	9
20.	8	10	9	10	11	9	10	10	12
23.	7	9	10	11	11	9	11	10	10
27.	8	9	9	11	11	8	11	12	9
30.	7	9	10	10	10	7	10	10	9
Oktober									
4.	7	8	9	10	11	8	9	10	9
7.	8	9	10	10	11	6	7	8	7
11.	14	10	9	8	9	13	11	9	7
14.	17	12	11	9	10	11	10	8	7
18.	16	12	13	13	12	12	12	11	11
21.	12	12	11	11	10	15	12	11	12
25.	22	21	19	14	14	16	16	15	14
28.	17	16	14	12	10	16	14	14	13

1950

Löß (Obstgarten)					Schotter (Weinberg)				
0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50
März									
3.	30	21	23	24	23	31	20	21	19
7.	22	21	20	22	22	17	16	17	19
10.	22	21	22	22	22	20	16	19	19
14.	19	20	22	22	22	19	19	18	20
17.	17	19	19	20	21	16	19	20	18
21.	17	19	19	19	19	19	16	15	16
24.	18	20	19	19	20	19	20	19	17
28.	15	19	20	21	21	15	16	17	16
31.	14	20	20	21	21	14	15	14	13
April									
4.	18	20	21	21	22	16	15	15	16
7.	15	18	20	20	20	11	15	16	13
11.	18	18	21	20	20	16	15	14	16
14.	20	21	21	20	20	16	15	15	14
18.	12	18	19	19	19	14	16	15	16
21.	13	17	20	20	20	13	16	15	16
25.	21	20	21	21	21	18	17	14	14
28.	21	21	21	20	19	27	18	16	18
Mai									
2.	17	20	21	21	22	14	20	15	15
5.	29	24	21	21	21	20	22	22	20
9.	16	21	21	21	22	14	16	16	18
12.	15	19	22	22	23	10	14	16	17
16.	14	19	20	20	20	9	17	15	15
19.	24	21	22	22	22	18	26	18	17
23.	20	20	23	20	20	16	16	16	17
26.	23	22	21	21	21	20	19	19	18
30.	19	21	21	21	21	16	20	21	18
Juni									
2.	17	19	20	20	20	13	18	19	20
6.	14	20	20	20	21	7	15	17	14
9.	13	17	19	19	20	10	14	17	14
13.	12	18	19	19	20	7	10	12	12
16.	21	18	20	19	20	18	18	17	14
20.	15	19	20	20	21	13	15	16	17
23.	20	21	21	20	20	19	17	17	15
27.	19	21	21	22	22	17	19	19	20
30.	11	17	18	18	19	16	20	21	20

	Löß (Obstgarten)					Schotter (Weinberg)						Löß (Obstgarten)					Schotter (Weinberg)				
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50		0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50
1950																					
Juli											März										
4.	11	16	17	17	18	14	15	15	16	15	2.	22	21	21	21	23	15	17	14	17	16
7.	18	16	17	17	17	18	16	16	15	14	6.	29	23	20	21	21	17	17	16	18	17
11.	15	17	18	17	17	13	17	15	15	14	9.	21	22	21	18	20	16	17	18	17	16
14.	12	14	14	15	16	12	14	15	15	14	13.	19	22	21	20	21	17	18	18	17	17
18.	13	16	16	16	15	12	16	16	16	14	16.	19	21	22	22	23	16	16	18	19	16
21.	12	16	15	14	15	13	14	14	13	12	20.	23	21	22	22	22	19	19	20	20	16
25.	18	19	18	16	16	15	17	15	15	14	22.	20	20	22	21	21	19	16	20	18	16
28.	20	17	17	17	16	14	15	15	13	15	27.	23	21	21	22	22	18	16	16	17	16
August											April										
1.	13	17	17	17	16	10	14	14	16	14	30.	22	22	22	20	21	18	18	19	20	20
4.	25	23	20	14	12	22	19	18	18	14	3.	21	22	21	21	22	18	18	18	16	22
8.	15	18	20	20	20	15	15	15	14	16	6.	17	20	20	21	20	15	21	16	17	16
11.	16	17	18	18	20	14	13	13	13	13	10.	24	22	22	21	22	18	18	18	18	17
15.	13	17	17	17	17	10	12	13	14	14	13.	19	20	23	21	20	15	17	16	16	16
18.	18	18	17	16	17	15	14	13	13	13	17.	17	20	22	21	22	14	17	18	17	17
22.	9	14	15	16	16	9	12	13	13	13	20.	19	20	19	20	20	16	15	15	15	14
25.	15	15	15	15	14	13	13	13	13	15	24.	18	21	20	20	20	13	15	16	16	16
29.	20	16	14	13	13	18	15	15	13	13	27.	17	19	20	21	20	14	15	16	15	16
September											Mai										
1.	12	16	15	15	15	10	12	12	12	12	2.	16	20	20	20	19	13	16	15	15	15
5.	20	15	14	14	14	17	12	13	13	12	4.	16	19	18	20	19	11	15	18	17	16
8.	19	17	17	15	16	15	14	14	12	12	8.	21	20	19	19	20	16	15	17	17	17
12.	18	17	16	15	13	15	15	14	14	13	11.	16	20	19	18	18	12	14	15	17	15
15.	14	16	15	14	14	13	15	13	13	10	15.	15	18	19	19	20	12	17	16	15	15
19.	17	17	15	14	13	14	14	13	11	11	18.	16	19	17	18	18	12	13	16	14	14
22.	22	18	18	14	15	17	16	15	13	11	22.	18	19	18	18	18	13	16	15	16	14
26.	18	17	15	15	16	18	15	15	13	13	25.	18	18	18	18	18	15	17	16	17	16
29.	15	17	16	14	15	14	16	14	15	12	29.	19	20	19	20	19	17	16	18	17	16
Oktober											Juni										
3.	20	17	16	15	16	17	19	15	13	12	1.	18	21	21	20	22	17	18	18	18	17
6.	16	16	15	14	14	11	14	13	13	13	5.	20	20	19	19	19	17	17	17	18	18
10.	16	16	16	15	15	16	14	13	13	13	8.	16	19	20	21	20	14	15	16	18	16
13.	14	16	16	15	15	12	13	13	13	13	12.	17	19	18	18	18	13	15	18	17	17
17.	20	17	16	15	14	16	15	14	12	12	15.	16	19	21	21	20	12	14	15	16	17
20.	13	14	14	14	12	15	15	15	15	14	19.	21	20	20	19	19	16	16	16	17	18
24.	10	13	14	13	13	11	13	14	14	14	22.	15	18	19	18	18	14	15	17	16	15
27.	11	14	15	15	14	12	15	13	15	14	26.	21	21	21	20	20	18	18	17	16	15
31.	11	15	15	15	15	13	16	17	16	15	29.	17	20	20	18	19	15	18	14	17	17
November											Juli										
3.	25	23	18	17	17	22	17	16	14	15	3.	15	17	16	17	18	12	14	16	16	15
7.	20	20	21	21	19	16	17	18	16	17	6.	12	15	14	15	16	12	14	14	17	15
10.	19	18	20	18	18	16	17	17	17	16	10.	10	13	13	14	16	11	14	14	14	14
14.	24	23	21	20	18	17	18	18	18	18	13.	10	11	12	12	15	10	13	14	15	14
17.	25	24	24	23	20	18	22	20	21	18	17.	18	15	11	11	13	16	16	16	16	15
21.	23	22	22	22	22	19	19	18	16	16	20.	12	12	12	13	13	12	15	14	14	13
24.	23	20	23	23	22	18	19	19	19	18	24.	14	12	12	12	12	14	13	14	14	13
28.	25	22	23	23	22	22	18	19	17	17	27.	17	15	11	12	13	15	16	15	13	13
Dezember											August										
1.	23	22	22	23	24	19	18	20	17	17	31.	9	10	10	11	12	12	13	14	14	15
5.	23	23	23	24	25	17	18	19	19	19	3.	8	10	9	9	10	11	12	13	13	12
8.	25	23	23	22	23	21	19	18	18	19	7.	11	9	9	10	11	14	13	14	13	12
12.	24	22	23	24	22	19	17	18	18	18	10.	18	11	10	10	10	19	19	14	13	13
15.	33	26	21	24	24	18	18	18	20	18	14.	12	10	9	9	10	15	14	12	12	13
19.	25	23	23	22	22	18	19	18	18	17	17.	9	11	10	11	10	12	12	13	11	12
22.	26	22	23	23	23	19	16	17	14	17	21.	17	10	9	9	10	18	13	12	12	11
26.	31	21	21	21	20	21	18	16	16	15	24.	12	10	9	9	9	11	14	13	14	13
29.	39	22	22	22	22	20	22	18	19	16	28.	10	10	10	10	10	11	12	12	13	11
1951											September										
Januar											Oktober										
2.	36	26	21	21	21	26	19	17	19	16	2.	14	15	13	12	11	12	16	16	14	14
5.	37	23	20	21	21	19	18	19	18	16	5.	12	13	13	11	11	11	13	14	15	14
9.	22	23	24	24	24	19	17	18	18	18	9.	12	14	13	12	11	11	14	13	13	12
12.	24	22	22	23	23	17	19	20	17	16	12.	11	14	13	11	11	11	13	12	13	13
16.	27	24	25	26	26	18	18	17	19	17	16.	11	13	13	13	12	9	13	12	12	12
19.	23	23	23	24	25	18	18	18	17	18	19.	10	13	12	12	12	10	12	11	12	12
23.	24	25	24	23	23	19	21	18	17	18	23.	11	13	13	13	12	9	13	13	13	13
26.	23	23	24	24	24	16	18	20	18	16	26.	11	12	11	10	11	12	12	11	13	12
30.	23	22	22	22	24	17	18	18	17	17	30.	12	13	13	12	12	12	13	15	13	14
Februar											November										
2.	23	21	21	21	23	16	17	18	19	18	3.	15	17	16	17	18	12	14	16	16	15
6.	24	22	22	23	24	18	18	17	18	15	6.	12	15	14	15	16	12	14	14	17	15
9.	21	22	23	21	23	17	17	16	16	16	10.	10	13	13	14	16	11	14	14	14	14
13.	22	21	23	23	23	18	17	17	18	17	13.	10	11	12	12	15	10	13	14	15	14
16.	20	22	23	23	23	16	16	17	17	17	17.	18	15	11	11	13	16	16	16	16	15
20.	23	21	22	23	24	17	18	17	16	16	20.	12	12	12	13	13	12	15	14	14	13
23.	21	21	22	22	21	17	17	17	18	18	24.	12	10	9	9	9	11	14	13	14	13
27.	19	20	22	23	22	17	17	16	16	17	28.	10	10	10	10	10	11	12	12	13	11

