

bahnen, und der Natur des Landes aufzudecken. Aus den Beobachtungen und Kartenstudien ging hervor, daß die Abhängigkeit der Trassenführung der Bahn von den Oberflächenformen und deren Genese in den untersuchten Gebieten sehr groß und für die Steppen am Don und an der Wolga charakteristisch ist. Dieser Zusammenhang wird hier deshalb besonders deutlich, weil die Formen, die Lage und Richtung der Verkehrswege beeinflussen, sich in den Lockergesteinen unter semiariden Klimabedingungen sehr rasch und großflächig bilden.

Der Bahnbau in diesen Steppengebieten ist damit nicht allein von den Oberflächenformen abhängig, sondern wird auch von der Dynamik der Bildungsvorgänge bedroht. Bei der Umgehung der morphogenetisch aktivsten Abtragungszonen werden andere Schwierigkeiten oder Gefahren wie Dammbauten oder Schneeverwehungen in Kauf genommen.

4. Schrifttum

1. *Balsak, S. S., Wasjutin, W. F. und Fejgin, J. G.*: Wirtschaftsgeographie der UdSSR, Teil II, Moskau 1940. Übersetzung von H. Laakmann: a) Das Wolgaland, Berlin 1942; b) Niederdonland und Nordkaukasien, Berlin 1942.
2. *Blum, O.*: Verkehrsgeographie. Berlin 1936, insbes. verwendet S. 12—15.
3. Enzyklopädie der Union der sozialistischen Sowjetrepubliken. Bd. I, Berlin 1950.
4. *Flohr, E. F.*: Beobachtungen und Gedanken über Bodenzerstörung im europäischen Rußland. In: Erdkunde, VIII, 1954, S. 316—323.
5. *Hassert, K.*: Allgemeine Verkehrsgeographie. 2. Aufl., Berlin - Leipzig 1931, insbes. verwendet S. 199—205.
6. *Iwatuka, S.*: The physiological study on landslides and landcreeps which occurred in the surrounding area along all of railroads which belong to the Japanese national railways (Engl. Zusammenfassung). In: Bulletin of the Geographical institute Tokyo University, Nr. 3, 1954, S. 97 bis 114.
7. *Kusnezow, P. S.*: Über die Wüste auf dem europäischen Territorium der UdSSR. In: Sowjetwissenschaft, 2, 1949, S. 259—260.
8. *Leimbach, W.*: Die Sowjetunion. Natur, Volk und Wirtschaft. Stuttgart 1950.
9. *Schmidt, W. F.*: Die Steppenschluchten Südrußlands. In: Erdkunde, II, 1948, S. 213—229.
10. *Schmidt, W. F.*: Art und Entwicklung der Bodenerosion in Südrußland. In: Mitt. a. d. Institut f. Raumforschung Bonn, Bad Godesberg 1952.
11. *Tuckermann, W.*: Verkehrsgeographie der Eisenbahnen des europäischen Rußland. Essen 1916, z. T. zitiert nach Hassert.

EINE UNTERSUCHUNG ÜBER DIE WASSERFÜHRUNG DES BODENS IN ABHÄNGIGKEIT VOM WITTERUNGSABLAUF UND VON DER VEGETATIONSBEDECKUNG

Günter Borchert

Mit einer Abbildung

Soil humidity regime in relation to weather sequence and vegetation cover.

Summary: During the two growing seasons of 1951 and 1952 the author carried out an investigation into the changes of soil humidity. Measurements were made at two points in the Elbmarsch near Uetersen; point one was

situated in an orchard and point two on a spot devoid of vegetation.

After explaining the methods employed for measuring and representing the results, the paper deals with the interpretation of the diagrams of soil humidity change at these two points. The area devoid of vegetation showed a greater total humidity in the investigated soil column of one metre in depth than the area with a vegetation cover. On the other hand the minimum and maximum values of soil humidity, 12·5 and 51 per cent. respectively, were found in the latter, as can be seen in the diagram. The soil moisture stored up during the winter and reaching to between 40 and 25 cm. beneath the surface, is only available for the budding trees in spring; later on the zone from which moisture is drawn increases down to a depth of 80 cm., and it may be assumed that in this zone so much water is extracted that eventually the soil becomes physiologically dry. During the summer months the zone near the surface is of great importance for providing the fruit trees with the necessary water. By loosening the soil around the tree, and mulching, as well as through a biological process which is induced by the shade of the trees, the soil structure becomes changed in such a way that the surface layer of soil is able to absorb like a sponge the water of the heavy summer rains, whereas in the area without vegetation the rain water runs off on the surface.

A stand of trees draws large amounts of water from the ground; the loose soil of the surface zone beneath the trees, well sheltered from the action of wind and sunrays is, however, able to store water. As can be seen from the description of the soil and from the soil humidity values of the diagram it would be wrong to classify the soil of the area where orchards are found in the Marsch as wet. It is the method of cultivation which has created an artificial forest soil. It must be left to further investigations to find out whether similar measures for regulating the soil humidity regime can also be applied in other climatic zones.

Für jede Aufgabe der Kulturtechnik oder Regionalplanung ist die Kenntnis der optimalen Wasserbilanz vonnöten. Muß dabei auf der einen Seite Klarheit über die Beziehungen zwischen Niederschlag, Abfluß, Verdunstung und Verbrauch gewonnen werden, so wird es andererseits notwendig sein, die Korrelation zwischen der Wasserführung des Bodens und den Witterungsphasen aufzudecken und quantitativ zu erfassen. Dabei muß weiterhin dem Wasserbedarf der Vegetation Rechnung getragen werden, womit wiederum der Land- und Forstwirtschaft für die jeweiligen Pflanzen Hinweise auf Optimalstandorte oder auf Gebiete mit einer zeitweise unzureichenden Wasserversorgung gegeben werden können. Auf der Basis derartiger Meßreihen kann darüber hinaus auch in der humiden Zone gezeigt werden, daß die künstliche Bewässerung bei sinnvoller Anwendung in den Zeiten der Verarmung des Oberbodens an Wasser zur Steigerung und Sicherung der Erträge beitragen kann. Großräumige Erfassung der Wasserbilanz und punktweise Erhebungen der Wasserführung des Bodens in Abhängigkeit von der Bodenstruktur, dem Witterungsablauf und der Vegetationsbedeckung ergeben somit ein Gesamtbild des Wasserhaushalts eines Gebietes.

Meßmethoden und Darstellung der Bodenfeuchte

Im Rahmen einer Arbeit über den Obstbau in den schleswig-holsteinischen Elbmarschen konnte die Wasserführung des Bodens in einer Meßreihe über

zwei Vegetationsperioden vom April 1951 bis November 1952 an zwei Beispielen untersucht werden. Obgleich die Unterschiede der Bodenfeuchte verschiedener Böden unter Berücksichtigung der Pflanzendecke und der Witterungsereignisse jedem Beobachter geläufig sind, finden sich in der Literatur bis 1945, abgesehen von Lysimeterbeobachtungen, keine Meßreihen sondern nur qualitative Angaben (*Ramann, Wauer, Lundegardh, von Bülow*). Im Jahre 1939 wurde die Errichtung eines dichten Beobachtungsnetzes zur Untersuchung der Bodenfeuchtigkeit in Nordwestdeutschland geplant; die Arbeiten mußten aber nach kurzer Zeit wieder eingestellt werden. Um den Anforderungen der Praxis gerecht zu werden, ist dieses Forschungsgebiet nach 1948 hauptsächlich von den agrarmeteorologischen Beobachtungsstationen aufgegriffen und in methodischer Hinsicht vorangetrieben worden. Während die Bodenkunde ihre Untersuchungen auf die Feststellung der minimalen und maximalen Wasserkapazität und der Hygroskopizität und damit auf die Ermittlung der physikalischen Struktur des natürlich gelagerten Bodens ausgerichtet hatte, bestimmt die Agrarmeteorologie den „Wassergehalt des unbewachsenen Bodens, bezogen auf 100 g getrockneten Bodens“, und veröffentlicht nach vorherigen informatorischen Erhebungen in Heidelberg und Gießen seit Januar 1954 die Werte der Bodenfeuchte für die Bodentiefen 10—20 cm, 40—50 cm und für 90—100 cm Tiefe, und zwar für 11 bzw. heute schon für 14 Stationen in Westdeutschland.

In den Berichten des Deutschen Wetterdienstes in der US-Zone gibt *Uhlig* (1) einen Überblick über die Untersuchung und Darstellung der Bodenfeuchte und stellt Richtlinien für die gravimetrische Bestimmung der Bodenfeuchte auf. Eine Besprechung weiterer Meßmethoden, die auf elektrischer Basis (*Baier, Bouyoucos* und *Person*) oder aus dem Verdünnungsgrad von absolutem Alkohol (*Nitzsch*) den Wassergehalt des Bodens zu bestimmen versuchen, ist in der Arbeit enthalten, die unter 5 in der Literaturübersicht aufgeführt ist. Da diese Untersuchungsverfahren noch weiterer Überprüfungen bedürfen, so mußte für die vorliegenden Meßreihen auf die Methode der Entnahme einer Bodenprobe, ihrer sofortigen Wägung, Trocknung bis zur Gewichtskonstanz und nochmaligen Wägung zurückgegriffen werden. (Über Probenentnahme und Meßgenauigkeit siehe *Borchert* S. 18 bis 21). Im Gegensatz zu den Untersuchungen der agrarmeteorologischen Beobachtungsstationen wurde keine Thermostattrocknung bei 105—110° vorgenommen, sondern die unten angegebenen Werte beziehen sich auf lufttrockenen Boden. Bei Veröffentlichung der Richtlinien in den Berichten des Deutschen Wetterdienstes Nr. 30 waren die Meßreihen schon angelaufen; andererseits stand nicht dauernd ein Trockenschrank zur Verfügung; darüber hinaus wurde die Lufttrockenheit als Bezugspunkt gewählt, weil dies ein unter natürlichen Bedingungen erreichbarer Zustand ist. Weiterhin erbrachte aber eine Vergleichsuntersuchung folgendes Ergebnis: Luftgetrocknete Bodenproben, die nachträglich einer Thermostattrocknung mit Abkühlung im Exsikkator unterworfen wurden und dabei erwartungsgemäß eine zusätzliche Austrocknung zwischen 6—9% zeigten,

nahmen bei darauffolgender Lagerung an der Luft wieder so viel Feuchtigkeit auf, daß nahezu das Gewicht der lufttrockenen Proben erreicht wurde. Bei abgeschlossenen Versuchsreihen kann daher zur Ausweitung der Beobachtungen von der Lufttrocknungsmethode Gebrauch gemacht werden, wenn damit dann auch allerdings die Vergleichbarkeit mit Thermostattrocknungswerten nicht gegeben ist.

Den Bodenfeuchtemessungen im Baumbestand und auf der vegetationslosen Feldvergleichsfläche war eine Erfassung der klimatischen Verhältnisse und im zweiten Jahre auch die Beobachtung des Grundwasserspiegels angeschlossen. Neben Thermohygrographenaufzeichnungen wurden die täglichen Niederschlagsmengen ermittelt. Es wurde dabei die Regenmenge in Höhe der Bodenoberfläche gemessen (über Unterschiede der Niederschlagshöhe bei freistehenden und in den Erdboden versenkten Regenschirmen siehe *Malsch* und *Göhrke*).

Die Abbildung 1 enthält nur die Niederschlagsmengen und den Gang der Bodenfeuchte. Die täglichen Niederschlagsmengen in mm und flächengleich dazu die Summen der Niederschläge von einer Probenentnahme zur anderen sind kalendermäßig dem 7-Uhr-Meßtermin des Ablesestages gemäß aufgetragen worden. Die Bodenfeuchte ist für die beiden Meßpunkte unter Zugrundelegung der Meßwerte (von 10 zu 10 cm) in einem Zeit-Tiefendiagramm dargestellt.

Interpretation der dargestellten Bodenfeuchtigkeitsdiagramme

Schon bei einer oberflächlichen Betrachtung der Bodenfeuchtigkeitsdiagramme wird der große Gegensatz im Wasserhaushalt des Bodens der Obstplantage und der vegetationslosen Feldvergleichsfläche deutlich. Die Feldvergleichsfläche enthält in der gesamten meßmäßig erfaßten Bodensäule bis zu 1 m Tiefe stets eine größere Bodenfeuchte als der Boden im Obstgarten, der durch die Bäume und die in den Marschen übliche Grasnarbe dem unmittelbaren Einfluß des Wetters entzogen ist. Aber stets ist die Oberfläche unter den Bäumen feuchter als die Oberfläche des Ackers. Dabei ist auf der vegetationslosen Fläche der Feuchtigkeitszustand der Erdoberfläche in starkem Maße mit dem jeweiligen Witterungsgeschehen gekoppelt. Auf Zeiten einer maximalen Sättigung des Bodens mit Wasser folgen Perioden der Austrocknung. Ist der ungeschützte Tonboden zeitweise völlig durchweicht, wobei der schmierige, klebrige Ton in seiner Bindigkeit am Schuhwerk haftet, so kann bald darauf im Verlaufe einer Schönwetterperiode die Oberfläche staubtrocken, hart wie Stein und von 1 cm breiten Rissen durchzogen sein. Dennoch treten die Maximal- und die Minimalwerte der Bodenfeuchtigkeit nicht auf dem Acker sondern im Baumbestand auf. Als Maximum wurden im November 1952 in einer Tiefe von 0 bis 10 cm 51% ermittelt; der Minimalwert wurde am 8. 9. 1951 und am 9. 8. 1952 mit 12,3% erreicht. Unter der Grasnarbe im Obstgarten ändern sich die Bodenfeuchtwerte sehr rasch in einer Tiefe von 10—30 cm; derartig große Gegensätze treten in benachbarten Tiefenzonen auf dem Acker nur sehr selten in Erscheinung. Allgemein kann man sagen, daß,

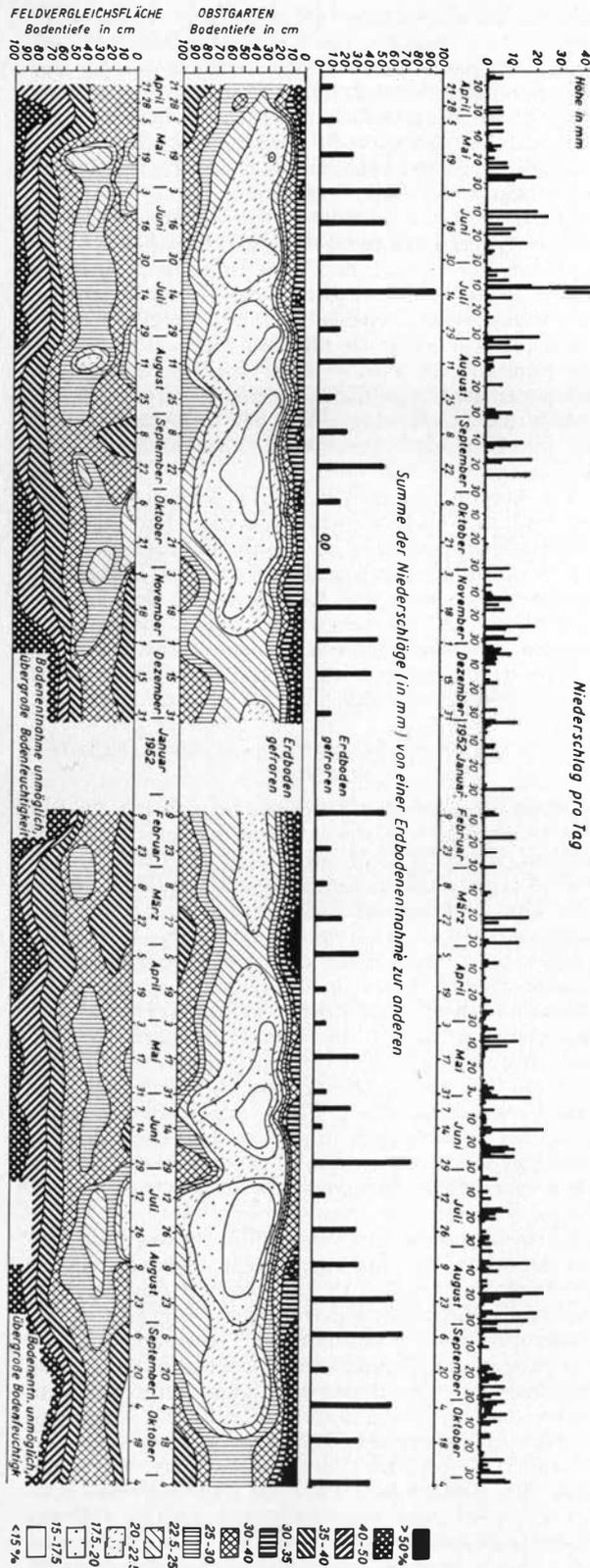


Abb. 1: Niederschläge und Gang der Bodenfeuchte in den Jahren 1951 und 1952

abgesehen von den oberen 5 cm, der Verlauf der Bodenfeuchtwerte auf der Feldvergleichsfläche ausgeglichener ist. So ist es auch zu verstehen, daß im Diagramm für die Feldvergleichsfläche und den Obstgarten unterschiedliche Schwellenwerte im Bereich von 30—40 % Bodenfeuchte zur Anwendung gelangen mußten. Auf der Ackerfläche konnten noch 30 bis 35 % und 35—40 % Bodenfeuchte unterschieden werden; diese Darstellung war für die Oberflächenzone in der Obstplantage auf Grund der Schwankungen als auch der sprunghaften Änderung mit der Tiefe nicht geeignet. Hier mußte im Meßbereich von 30 bis 40 % eine gleichartige Signatur gewählt werden.

Sowohl zu Beginn der Untersuchungen als auch mit dem Abschluß der Erhebungen weist der Boden an beiden Meßpunkten maximale Werte der Feuchtigkeit auf. Das Bodenfeuchtedefizit, das trotz reichlicher Niederschläge im Sommer 1951 entsteht (Juni bis August 290,9 mm gegenüber einem 40jährigen Mittel von 241 mm), kann im Winter 1951/52 auf der Ackerfläche ohne weiteres wieder aufgefüllt werden, da die trockene Oberflächenzone den Untergrund vor einem übermäßigen Feuchtigkeitsentzug bewahrt hat. Dagegen können Maximalwerte der Wasserkapazität in der Obstplantage bis zum Austreiben der Bäume im Jahre 1952 wegen der geringen Winterniederschläge nicht wieder erreicht werden; mit anderen Worten: Trotz der reichlichen Niederschläge im Sommer 1951 ist dem Boden im Untergrund so viel Feuchtigkeit durch die Bäume entzogen worden, daß auf Grund des trockenen Herbstes und der geringen Winterregenmenge (Dezember bis Februar 130 mm gegenüber einem 40jährigen Mittel von 160 mm) dem Boden nicht wieder genügend Feuchtigkeit zugeführt worden ist. Nur den ausgiebigen Sommerregen im Jahre 1952 (Juni bis August 317 mm) ist es zuzuschreiben, daß der Bodenwasserhaushalt nicht in Unordnung geraten ist.

Mit dem Austreiben der Bäume im Frühjahr wird in beiden Beobachtungsjahren der Wasservorrat in 25—40 cm Tiefe schnell aufgezehrt; die Zone des Wasserentzuges schreitet dann langsam bis 80 cm Tiefe fort. Die Bodenfeuchte liegt dann während der ganzen Vegetationsperiode in der Bodenzone zwischen 30 und 80 cm unter 20 %, über lange Zeit sinkt der Wassergehalt sogar unter 17,5 %. Ist der Boden bei einem Wassergehalt von 22,5 % plastisch, wobei sich der Erdbohrer durch das Körpergewicht eindrücken läßt, so ist es bei 15—17,5 % Bodenfeuchtigkeit nur möglich, den Bohrer mit Hilfe eines Hammers in das Erdreich zu treiben. Der Boden ist hart und bröckelig. Nach dem Verbrauch des Haftwassers dürfte damit schon weitgehend die Verarmungszone erreicht sein; das restliche Wasser (hygroskopisches Wasser und Imbibitionswasser) ist für die Pflanzen kaum noch nutzbar, so daß der Boden schon als physiologisch trocken anzusprechen ist. (Der Restgehalt an Wasser muß natürlich höher als 15 % gewesen sein, da durch die Lufttrocknung nicht das gesamte hygroskopische Wasser und das Imbibitionswasser erfaßt werden können). Unter dem Baumbestand wird also zwischen 30 und 80 cm Tiefe im Frühjahr der Bodenwasservorrat schnell verbraucht; und wenn auch dann im Laufe des Sommers als Minimalwert 12,3 % Bo-

denfeuchte festgestellt worden ist, so wird der Boden dem Wasserentzug durch die Pflanzenwurzeln auch schon vor dem Erreichen dieses Wertes einen weitgehenden Widerstand entgegengesetzt haben. Die Bäume müssen also ihren Wasserbedarf aus anderen Boden-zonen decken. Wie aus dem Diagramm ersichtlich ist, weisen die Oberfläche und die Bodenzone unter 80 cm Tiefe eine größere Bodenfeuchtigkeit auf. Daneben wäre an eine Deckung des Bedarfs aus dem Grundwasser und von der Seite her aus den das Marschland durchziehenden Gräben zu denken.

Eine Versorgung aus den Gräben kann nur für die Bäume in Frage kommen, die unmittelbar am Wasser stehen. Eine Abhängigkeit des Wassergehaltes des Bodens vom Grabenabstand konnte nicht ermittelt werden. Bei Messungen quer zum Verlauf der Gräben sind an allen Meßpunkten nur die witterungsbedingten Schwankungen der Bodenfeuchte erfaßt worden. Einer Durchfeuchtung vom Graben her, also einem kapillaren Eindringen von Wasser, setzt der schwere Tonboden der Marsch einen viel zu großen Widerstand entgegen. Außerdem ist der Grundwasserspiegel in der Obstplantage stets höher als der Grabenwasserspiegel. Das Grundwasserniveau lag zwischen 159 und 182 cm Tiefe unter der Oberfläche. Das Maximum des Absinkens fällt in den August, also in eine Zeit, in der der Wasserbedarf der Vegetation noch sehr groß ist und der Wassergehalt der Bodenzone unter 30 cm Tiefe minimale Werte erreicht hat. Nach den Angaben von S. Uhlig (3) kann das Bodenfeuchtedefizit in der Oberfläche nicht aus dem Grundwasser durch kapillaren Aufstieg gedeckt werden, da die Nachlieferung in 8 cm Höhe über dem Grundwasser nur noch maximal 3 mm pro Tag ausmacht und bei größerem Abstand immer weiter absinkt. Aus dem Durchwurzelungsgrad des Erdbodens in der Nähe des Grundwasserspiegels wären Rückschlüsse auf die Inanspruchnahme des Grundwassers durch die Vegetation möglich. Derartige Untersuchungen haben aber nicht angestellt werden können, und es ist überhaupt die Frage, ob der Untergrund des schweren Tonbodens derartig durchlüftet wird, daß ein Wurzelwachstum möglich ist.

Die Bedeutung der Oberflächenzone für die Wasserversorgung der Baumkulturen

Es bleibt also noch die Untersuchung der Oberflächenzone, die durch einen schnellen Wechsel und durch große Amplituden gekennzeichnet ist. In der Obstplantage schwankt die Bodenfeuchte in 30 bis 40 cm Tiefe zwischen 22,5 und 12,5 %; in 0—10 cm Tiefe tritt dagegen eine Amplitude auf, die von 28 bis 51 % reicht. Das Minimum ist in der Oberflächenzone dabei größer als das Maximum in 30 bis 40 cm Tiefe. Dabei müßte man doch annehmen, daß durch den Wasserbedarf der Grasnarbe ein zusätzlicher Verbrauch an Bodenwasser eintreten würde. Selbst wenn man berücksichtigt, daß durch den Humusgehalt von 2 % eine größere Menge von Imbibitionswasser vom Boden festgehalten wird, so läßt sich damit nicht erklären, daß auch nach längerer Trockenheit und hohem Sättigungsdefizit der Luft, wie beispielsweise Ende April und Anfang Mai 1952, die Oberfläche un-

ter den Obstbäumen nicht verkrustet und zu keiner Trockenstarre gelangt.

Der Boden wird durch die Beschattung der Bäume weitgehend den Einwirkungen der Sonnenbestrahlung und des Windes entzogen und nach *Atanasiu* soll die Verdunstung der Erdoberfläche in einem Baumbestand praktisch gleich Null sein. Man muß allerdings auch berücksichtigen, daß in einem Baumbestand ein Teil der Niederschläge von den Blättern festgehalten wird und wieder verdunstet, ohne den Boden zu erreichen (*von Bülow* und *Linskens*). Weiterhin wird der gute Feuchtigkeitszustand der Oberfläche durch die Mulchwirtschaft bewirkt. Diese Bodenpflegearbeit verhindert durch ein dauerndes Kurzhalten der Grasnarbe, daß der Wasserverbrauch des Grases zu hoch wird. Das geschnittene Gras bleibt liegen, deckt den Boden ab, vermodert und vermehrt den Humusgehalt und bewirkt zusammen mit dem vermodernden Laub des Vorjahres eine gute Bodengare.

Niederschläge und Trockenperioden werden sich auf Grund der unterschiedlichen Eigenschaften der Oberflächen im Obstgarten und auf der Feldvergleichsfläche verschieden auswirken müssen. Die lockere, humose Oberfläche nimmt selbst Starkregen in Form sommerlicher Gewitterregen auf, wie man aus dem Diagramm ersieht. Diese Wassermengen fließen dagegen auf dem ausgetrockneten, schwer benetzbaren Tonboden der Feldvergleichsfläche oberflächlich ab, wie das besonders bei dem Gewitterregen im Juli 1951 deutlich wird. Im Obstgarten macht sich die Niederschlagsmenge von 53,2 mm in der gesamten Bodensäule durch eine Erhöhung der Bodenfeuchtigkeit bemerkbar, während auf der Ackerfläche nur bis zu 10 cm Tiefe eine Erhöhung eintritt. Hohe Niederschlagssummen im Verlaufe mehrerer Tage (vgl. 14. bis 29. Juni 1951) bewirken allerdings auch auf der vegetationslosen Fläche eine tiefgreifende Durchfeuchtung.

Wenn die Bodenfeuchte auf dem Acker den für 1951 niedrigsten Wert im Oktober erreicht, so ist dies auf die Regenlosigkeit, den dauernden Ostwindeinfluß und ein für diese Jahreszeit beachtliches Sättigungsdefizit der Luft am Tage zurückzuführen. (Relative Luftfeuchtigkeit in den Mittagsstunden um 50 %). Die gleiche Witterungsphase macht sich aber in der Oberflächenzone kaum bemerkbar. An den beiden Meßpunkten sind somit die Unterschiede im Bodenwasserhaushalt der Oberflächenzone zum großen Teil auf die unterschiedlichen Eigenschaften der Grenzfläche Atmosphäre und Boden zurückzuführen, und es sei damit nochmals auf die Bedeutung der Mulchwirtschaft hingewiesen, die eine Verschlammung der Oberfläche verhindert, eine ausgezeichnete Bodengare bewirkt und damit die Voraussetzung für eine gute Durchlüftung des Bodens schafft. Der so entstandene humusreiche Lockerboden dürfte mit seiner Krümelstruktur und seiner wasserhaltenden Fähigkeit bei gleichzeitiger Aktivierung der Bodenminerale (durch die Mulchwirtschaft nehmen die löslichen Anteile an Kalium- und Phosphatverbindungen auch ohne künstliche Düngung zu) in bedeutendem Maße zur Wasser- und Nährstoffversorgung der Bäume beitragen. Die Scharung der Linien gleicher Boden-

feuchte in einer Tiefe von 10—30 cm kann nämlich nicht nur durch Strukturunterschiede des Bodens erklärt werden, sondern in dieser Übergangzone, die stark durchwurzelt ist, dürfte auch ein fortlaufender Wasserentzug durch die Baumwurzeln vorhanden sein. Der humusreiche Lockerboden kann die Niederschläge wie ein Schwamm aufnehmen und speichern und sukzessive wieder abgeben. Nur nach sommerlichen Starkregen (siehe Juli 1951 und Juni 1952) ist auch während der Vegetationsperiode soviel Sickerwasser vorhanden, daß es zweimal zu einer völligen Durchfeuchtung der Bodensäule bis zu 100 cm Tiefe kommen kann, womit der steppenhaft trockene Boden im Untergrund gleichzeitig seine Härte verliert. Daraus ersieht man aber auch, daß durch die Mulchwirtschaft und durch den hohen Wasserbedarf der Bäume die Wasserbewegung von oben nach unten in einem Teil des Jahres unterbunden wird, womit zu dieser Jahreszeit der selbst in den Marschen wirksamen Bodenregeneration entgegengewirkt wird.

Zusammenfassung der Ergebnisse. Möglichkeiten der Bodenwasserregulierung in anderen Klimazonen

Als Folgerung ergibt sich demnach aus diesen Tatsachen: Der Marschboden kann im Bereiche der Baumkulturen nicht mehr als Naßboden angesprochen werden. In den Obstplantagen ist durch die Bewirtschaftungsweise der Zustand eines künstlichen Waldbodens geschaffen worden. Allgemein zeigen die Meßreihen, daß ein Baumbestand dem Untergrund große Mengen an Wasser entzieht, die Oberfläche unter den Bäumen aber wassersammelnd wirkt.

Die Steigerung der Erträge und ein vermehrtes Wachstum der Bäume zeigen, daß derartigen Bodenpflagemassnahmen, die die Struktur der Oberflächenebene ändern und damit gleichzeitig das Wasserspeichervermögen erhöhen, auch in der humiden Zone eine Bedeutung zukommt. Reichen die Niederschläge aber schon nicht aus, um den Wasserbedarf der Baumkulturen zu decken (*Hilkenbäumer* und *Seitzer*), so bringt jede den Boden abdeckende Grasnarbe ein zusätzliches Defizit, das durch künstliche Bewässerung gedeckt werden muß oder sich durch Verringerung der Erträge bemerkbar macht. Es muß also jeweils den örtlichen Niederschlagsverhältnissen und dem temperaturbedingten Wasserbedarf der Bäume Rechnung getragen werden, bevor man sich zu ähnlichen Massnahmen entschließt.

Wichtig ist die Speicherung der Bodenfeuchte und des Niederschlagswassers auch in den wechselfeuchten Tropen. Die Bodenabdeckung ist hier allerdings schwer mit einer Grasnarbe zu erreichen, da sich auch bei fortgesetztem Mähen kaum das Emporkommen verholzter Pflanzenteile verhindern lassen wird. Außerdem wird eine Mulchwirtschaft durch den vermehrten Humusschwund in den immerwarmen Gebieten in ihrem Erfolg in Frage gestellt. Es ist aber eine Abdeckung mit imprägniertem Papier denkbar, wie das in den Ananasplantagen auf den Hawaiiischen Inseln schon in der Praxis der Fall ist (*Kolb*). Will man dort mit dieser Maßnahme das Wuchern der Unkräuter verhindern, so macht sich aller Wahrscheinlichkeit nach diese Abdeckung aber auch im Wachs-

tum der Setzlinge bemerkbar, da der Boden der starken Sonnenbestrahlung, der Überhitzung und starken Verdunstung und damit der Verkrustung entzogen wird.

Untersuchungen müssen zeigen, ob durch künstliche Bodenabdeckung in den feuchten Tropen der fortschreitenden Bodenverödung der bebauten Böden entgegengetreten werden und ob durch gleiche Massnahmen in den wechselfeuchten Tropen die Feuchtigkeit im Boden länger gehalten werden kann. Damit würde hier die Zeit der Trockenstarre verkürzt, und es wäre eine Intensivierung des Anbaues möglich. Kaffeeanbau und shifting-cultivation erfordern noch heute laufend die Rodung fruchtbarster Flächen, während die abgewirtschafteten Areale brach liegen bleiben. Kann durch die oben aufgezeigten Wege diesem Raubbau, durch den beste Böden ihre Fruchtbarkeit einbüßen, vielleicht Einhalt geboten werden? Immerhin sollte den Bodenpflagemassnahmen, die den Wasserhaushalt und die physikalische Struktur des Bodens verbessern, mehr Beachtung geschenkt werden, da hier neben der künstlichen Düngung vielleicht die zweite Möglichkeit gegeben ist, die Fruchtbarkeit der Böden zu erhalten oder zu erhöhen und damit auf gleicher Fläche höhere Erträge zu erzielen.

Literatur

- Atanasiu, N.*: Die Wasserversorgung unserer Kulturpflanzen in Abhängigkeit von Klima und Boden. Ber. d. Dtsch. Wetterdienstes in d. US-Zone Nr. 32 S. 9—13.
- Baier, W.*: Elektrische Methoden zur Messung der Bodenfeuchte. Ber. d. Dtsch. Wetterdienstes in d. US-Zone Nr. 32 S. 18—22.
- Baumann, H.*: Die Bodenfeuchtbestimmungen und ihre Auswertungen für die Landwirtschaft. Ber. d. Dtsch. Wetterdienstes i. d. US-Zone Nr. 32 S. 4—8.
- Berger-Landefeldt, M.*: Zum Wasserverbrauch von Pflanzenbeständen. Forschungen und Fortschritte (1949) S. 82—84.
- Borbert, G.*: Die geographischen Grundlagen des Obstbaues im Gebiet der Haseldorfer und Seestermüher Marsch. (Unveröffentlichte Dissertation) Hamburg 1953.
- Bouyoucos, G. J.*: Nylon electrical resistance unit for continuous measurement of soil moisture in the field. Soil Science 67 No. 4 (1949) S. 319—330.
- von Bülow, K.*: Deutschlands Wald- und Ackerboden. Deutscher Boden Bd. III. Berlin 1936.
- Endriß, G.*: Über die künstliche Bewässerung, besonders in Süddeutschland und der Schweiz. Raumf. u. Raumordnung 10 (1950) s. 196—199.
- Göbrke, K.*: Der Wasserhaushalt im Boden. Ztschr. f. Meteorologie (1949) S. 13 u. 127.
- Hilkenbäumer, F.*: Obstbau. Grundlagen, Anbau und Betrieb. Berlin und Hamburg 1948.
- Keller, R.*: Zum Wasserverbrauch von Vegetation und Wirtschaft. Erdkunde Bd. II. S. 93—100.
- Kolb, A.*: Bild und Werden der Wirtschaftslandschaft auf den Hawaiiischen Inseln. Wissensch. Veröffentl. d. Museums f. Länderkunde zu Leipzig. Neue Folge 5 (1938) S. 141—181.
- Linskens, H.*: Niederschlagsverteilung unter einem Apfelbaum. Annalen d. Meteorologie (1952) S. 30—34.
- Lundegårdh, H.*: Höhere Pflanzen in ihrer Einwirkung auf den Boden. Handbuch der Bodenkunde Bd. VII S. 336—380. Herausgegeben von E. Blanck. Berlin 1931.
- Malsch, W.*: Vergleich von Niederschlagsmessungen mit einem freistehenden und einem in die Erde versenkten

- Regenmesser. Ber. d. Dtsch. Wetterdienstes in d. US-Zone Nr. 35 S. 316—320.
- Nitzsch, W.: Eine Schnellmethode zur Bestimmung des Wassergehaltes und zur Messung physikalischer Eigenschaften des natürlich gelagerten Bodens. Fortschritte der Landwirtschaft 2 (1927) S. 283.
- Person H.: Über elektrische Messungen der Bodenfeuchte. Ber. d. Dtsch. Wetterdienstes in d. US-Zone Nr. 32 S. 22—24.
- Ramann, E.: Bodenkunde. Berlin 1911.
- Seitzer, J.: Bodenpflege durch Bodenbedeckung, wirtschaftliche Klimameliorationen und andere Fragen des praktischen Obstbaues. Ber. d. Dtsch. Wetterdienstes in d. US-Zone Nr. 32 S. 42—43.
- Uhlig, S. (1): Die Untersuchung und Darstellung der Bodenfeuchte. Ber. d. Dtsch. Wetterdienstes in d. US-Zone Nr. 30 (1951).
- Uhlig, S. (2): Die regionale Betrachtung der Bodenfeuchte. Ztschr. f. Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde. 55 (1951) S. 4—15.
- Uhlig, S. (3): Die Untersuchungen des Bodenwasserhaushalts durch den Deutschen Wetterdienst in der US-Zone. Meteorologische Rundschau (1950) S. 158—162.
- Uhlig, S. (4): Gedanken zur Auswertung der Bodenfeuchtebestimmungen. Ztschr. f. Acker- u. Pflanzenbau 93 (1951) S. 513—522.
- Wauer, O.: Der Wasserbedarf und die Wasserversorgung der Obstbäume und der Unterfrüchte. Stuttgart 1933.
- Weidenbach, F.: Wasservorrat und Wasserversorgung in Nord-Württemberg. Raumf. u. Raumordnung 10 (1950) S. 187—191.
- Zunker, F.: Das Verhalten des Bodens zum Wasser. Handbuch d. Bodenkunde Bd. VI S 66—220. Herausgegeben von E. Blanck. Berlin 1930.
- Weitere Literatur in der Arbeit Borchert.

WORLD POPULATION CONFERENCE

Rom, 31. August bis 10. September 1954

In weiten Räumen der Welt vermehrt sich die Bevölkerung als Erfolg der verbesserten Hygiene (sinkende Sterblichkeit bei gleichbleibend hohen oder steigenden Geburtenziffern) so stark, daß das Gleichgewicht zwischen Lebensmittelproduktion und industrieller Entwicklung einerseits und Lebensstandard einer wachsenden Bevölkerung andererseits gestört ist. Täglich werden in der Welt 70 000 Menschen mehr geboren als sterben. Von 1900 bis 1950 wuchs die Weltbevölkerung trotz zweier Weltkriege um 80 Millionen, und pessimistische Vorausberechnungen schätzen, daß bis zum Jahre 2000 die Erdbevölkerung auf 4 Milliarden angewachsen sein wird.

So stieß der Internationale Bevölkerungswissenschaftliche Kongreß, der im Herbst 1954 nach 17jähriger Pause erstmalig wieder zusammentrat, angesichts der weitgespannten wirtschaftlichen und politischen Folgen des Bevölkerungszuwachses auf großes Interesse. Aus 70 Nationen waren rund 400 Wissenschaftler der verschiedensten Disziplinen gekommen, um zu beraten, ob und wie das ständige Wachstum der Menschheit gesteuert oder ihm Rechnung getragen werden kann.

In der Geographie ist die Frage, wie viele Menschen die Erde ernähren kann, immer wieder aufgeworfen worden. Es sei hier nur an die Arbeiten von Penck, Hassinger und Holstein erinnert. Selbstverständlich wurde auch in Rom in mehreren Studiengruppen be-

raten, ob die landwirtschaftliche Produktion, die Bodenschätze, Wälder und Wasserkraft ausreichen, um den Bedürfnissen einer auf lange Sicht hin noch stark anwachsenden Bevölkerung zu genügen.

Der Kongreß zeigte, wie kompliziert diese Fragen sind, welche Umwälzungen durch die neuen Erkenntnisse landwirtschaftlicher Methoden für die Regenerierung des Bodens, für Wiederaufforstung, Be- und Entwässerung, die Entwicklung synthetischer Stoffe, die zukünftige Nutzbarmachung der Atomenergie noch zu erwarten sind. So wurde in Rom bewußt von der Aufstellung eines Bevölkerungsoptimums abgesehen und auf die Schwierigkeiten einer Prognose der zukünftigen Bevölkerungsentwicklung hingewiesen. Die Meinungen hinsichtlich der materiellen Versorgung der Erdbevölkerung gingen zwar auseinander, doch war die Quintessenz der Beratungen, daß kein Anlaß zur Besorgnis hinsichtlich einer sogenannten Überbevölkerung der Erde — wobei „Überbevölkerung“ ein absolut relativer Begriff ist — gegeben zu sein scheint.

Trotzdem ist der Bevölkerungsdruck weiter Gebiete ein Faktum, mit dem in politischer, sozialer und wirtschaftlicher Hinsicht zu rechnen ist. Daher konzentrierte sich die Diskussion sehr stark auf die Verhältnisse jener Länder, die auf Grund religiöser und ethnischer Traditionen eigenen Gesetzen, d. h. nicht dem westlich-rationalisierten Denken, hinsichtlich der Fortpflanzung folgen. Gedacht ist dabei im besonderen an die Räume des mittleren und fernen Orients, Nord-Afrikas und Südamerikas, d. h. solcher Länder, deren Wirtschaft vorwiegend agrarisch, deren schulisches und kulturelles Niveau niedrig ist, deren Güter und Ernährungsraum für die wachsende Bevölkerung nicht ausreichen. Der Kapitalmangel ist trotz umfangreicher Auslandshilfe so stark, daß jede finanzielle Hilfe an dem zu schnellen Bevölkerungswachstum scheitert.

Die westlichen Erfahrungen haben gelehrt, daß rund zwei Generationen lang Wohlstand vorausgehen muß, bevor sich eine gewisse Selbstkontrolle der Geburten in den Völkern durchsetzt. Wie sollen jedoch diese ärmeren Völker zwei Generationen Wohlstand erreichen; denn der Wohlstand kommt im allgemeinen nur bestimmten Kreisen und nicht der Masse der Bevölkerung zugute.

In diesem Zusammenhang wurde lebhaft diskutiert, ob Bevölkerungszuwachs ein Vorteil oder ein Nachteil für die Wirtschaft und Entwicklung eines Landes bedeutet. Die Vertreter der Ostblockstaaten, die strikt für den Anti-Malthusianismus eintraten, verteidigten die Auffassung, daß es nur darauf ankomme, die Güter der Zahl der Menschen anzupassen bzw. die richtige Verteilung der Menschen entsprechend den Gütern herbeizuführen. „Mehr Menschen — mehr Wohlstand“ war ihr Schlagwort. Jegliches Bemühen um eine Begrenzung der Bevölkerungszahl bezeichneten sie als fortschrittswidrig.

Wie steht es nun mit der Möglichkeit einer besseren Verteilung der Bevölkerung? Dem Überschuß an Arbeitskräften in Asien steht ein Bedarf an Arbeitskräften in den westlichen Ländern gegenüber. Doch wird der freie internationale Austausch der Arbeitskräfte gehemmt durch national-autarkes Denken der