

ENCYCLOPAEDIA CINEMATOGRAFICA

Editor: G. WOLF

E 119/1958

Bodenstruktur — Wirkung von Befeuchtung und Trocknung Bodenprofil — Schwerer Tallehm

Mit 2 Abbildungen

GÖTTINGEN 1962

INSTITUT FÜR DEN WISSENSCHAFTLICHEN FILM

Der Film ist ein Forschungsdokument und wurde zur Auswertung in Forschung und Hochschulunterricht veröffentlicht
Länge der Kopie (16-mm-Stummfilm, schwarz-weiß): 56 m
Vorführdauer: 5 $\frac{1}{2}$ Min. --- Vorführgeschwindigkeit: 24 B/s

Die Herstellung des Films erfolgte in den Jahren 1953 ---56 durch
das Institut für den Wissenschaftlichen Film, Göttingen
(Direktor: Dr.-Ing. G. WOLF)

Sachbearbeitung: Obering. H. SCHLADERBUSCH
Aufnahme: K. PHILIPP

Wissenschaftliche Leitung: Dr. W. CZERATZKI
Institut für Bodenbearbeitung der Forschungsanstalt für
Landwirtschaft, Braunschweig-Völkenrode

Bodenstruktur — Wirkung von Befeuchtung und Trocknung

Bodenprofil — Schwerer Tallehm

Filmbeschreibung von Dr. W. CZERATZKI, Braunschweig-Völkenrode

Der Film zeigt in Zeitrafferaufnahmen die Oberfläche und das Profil einer Bodenprobe während des Befeuchtens durch Aufsprühen von Wasser und der darauf folgenden Trocknung. Der Vorgang wird fünfmal wiederholt; dabei ist die allmähliche Änderung der Bodenstruktur zu erkennen.

I. Allgemeine Vorbemerkungen

Fragen der Bodenstruktur nehmen im Rahmen der ackerbaulichen Forschung einen breiten Raum ein, da viele Vorgänge im Boden in engen Wechselbeziehungen zur Bodenstruktur stehen. Die Forschungsarbeiten auf diesem Gebiet bieten jedoch zahlreiche Schwierigkeiten, weil die Bodenstruktur ständigen Veränderungen unterworfen ist, deren Ursachen biologischer, chemischer und physikalischer Natur sind. Die meisten dieser Vorgänge können aus wirtschaftlichen Gründen nur in verhältnismäßig engen Grenzen durch den Landwirt beeinflußt werden, der deshalb stets versuchen muß, die Bewirtschaftung des Bodens und vor allem die Bodenbearbeitung auf diese Vorgänge so abzustimmen, daß sie seinen Bestrebungen zugute kommen. Dies wird um so erfolgreicher gelingen, je besser die Zusammenhänge bekannt sind, die zwischen den Eigenschaften des Bodens und den strukturbeeinflussenden Faktoren bestehen.

Bei der üblichen Art, solche Vorgänge zu untersuchen, benutzt man im allgemeinen Methoden, die nur in längeren Zeitabständen den jeweils bestehenden Zustand des Bodens erfassen. Dies Verfahren hat überall dort zu Erfolgen geführt, wo die Vorgänge so langsam ablaufen, daß auch längere Beobachtungslücken die Beurteilung der Zusammenhänge nicht wesentlich stören. Bei schneller ablaufenden Vorgängen bringt diese Methode aber unbefriedigende Ergebnisse, weil die Einzelbeobachtungen keinen lückenlosen Einblick in den Ablauf der Vorgänge und deshalb keine direkte Analyse der Kausalzusammenhänge gestatten. Dies trifft insbesondere für viele Vorgänge bei der Strukturbildung zu, die im makroskopischen Bereich beobachtet werden können. Photographische Einzelbilder können zwar diese Vorgänge festhalten, sie jedoch nicht als Bewegung der Anschauung zugänglich machen. Hier hilft die Kinematographie, mit der ein solcher Vorgang lückenlos erfaßt und in seiner Geschwindigkeit durch Zeitdehnung oder Zeitraffung auf die Wahrnehmungsfähigkeit des Auges abgestimmt werden kann.

Bei Strukturänderungen des Bodens spielen im makroskopischen Bereich vor allem die von der Atmosphäre ausgehenden physikalischen

Kräfte eine wichtige Rolle. Insbesondere sind es Niederschlag und Verdunstung, die im Wechsel des Witterungsablaufes nicht nur die Zerstörung, sondern auch die Neubildung der Bodenstruktur verursachen.

Denn der Witterungsablauf mit seinem ständigen Wechsel von Niederschlag und Verdunstung verursacht im Boden einen parallellaufenden und oft plötzlichen Wechsel von Befeuchtung und Austrocknung, der ständig den Quellungszustand des Bodens beeinflusst. Im Bodenquerschnitt geht dieser Wechsel des Quellungszustandes jedoch nicht gleichmäßig vonstatten, weil die Veränderungen des Wassergehaltes mit zunehmender Entfernung von der Bodenoberfläche immer geringer werden. Infolgedessen können sich bei intensivem Wechsel von Niederschlag und Verdunstung auf kurze Entfernungen starke Unterschiede im Quellungsgrad mit entsprechenden Spannungsunterschieden im Bodenmaterial ausbilden, die zur Entstehung senkrechter und waagerechter Risse führen und ein kompaktes Bodengefüge in polyedrische Aggregate und feine Schüppchen aufschließen. Diese „Mürbungserscheinungen“ sind besonders häufig auf den quellungsfähigen tonhaltigen Böden zu beobachten. Sie können hier bei entsprechendem Witterungsablauf die mechanische Bearbeitung des Bodens wesentlich erleichtern, in extremen Fällen überhaupt erst ermöglichen.

Obwohl diese Vorgänge auf bindigen Böden zu den alltäglichen Erscheinungen gehören, liegen bisher keine näheren Untersuchungen über Einzelheiten ihres dynamischen Ablaufs vor. Diese Lücken sollten die durchgeführten Filmaufnahmen schließen helfen.

Der Versuchsboden war ein schwerer alluvialer Tallehm mit der Korngrößenzusammensetzung:

	Korngröße mm	Gehalt %
Grobsand	2 — 0,2	0,9
Feinsand	0,2 — 0,02	27,5
Schluff	0,02 — 0,002	29,5
Ton	< 0,002	42,1

Dieser Boden wurde mit Wasser breiförmig angerührt und zu einem Ziegel von 20 × 30 cm Größe und 4 bis 5 cm Dicke getrocknet.

Die Trocknung erfolgte so langsam, daß keine Risse entstanden und der Ziegel im Innern eine makroskopisch dichte und amorphe Struktur erhielt. Die Einflüsse der Witterung durch Niederschlag und Verdunstung wurden bei den Filmaufnahmen durch wechselndes Besprühen des Bodens mit feinem Wasserstaub und anschließendes Trocknen unter einer Wärmelampe bei 30 bis 40° C Bodentemperatur nachgeahmt. Beim Sprühvorgang ist nur die tatsächliche Zeit der Sprühnebelanwendung

angegeben. Durch Sprühpausen zur Vermeidung von Oberflächenabfluß wurden die Befeuchtungszeiten nach und nach bis auf 30 Minuten verlängert. Die Aufnahme­frequenz betrug beim Befeuchten und Trocknen 4 B/min. (Zeitraffung 1 : 360). Auf diese Weise wurden sechs Befeuchtungs- und Trocknungsvorgänge von zunehmender Länge und einer ungefähren Gesamtdauer von ca. 34 Stunden aufgenommen. Um die Vorgänge während der Befeuchtung gleichzeitig an der Oberfläche des Ziegels und einer dazu senkrechten Profilfläche aufzunehmen, wurde die Kamera so eingerichtet, daß die Schnittlinie zwischen diesen senkrecht aufeinanderstehenden Ebenen in der Mitte des Bildfeldes lag.

II. Filminhalt

Der Filmanfang zeigt die beiden senkrecht aufeinanderstehenden Ebenen. Während die Oberfläche des Ziegels weißgrau schimmert, zeigt die Profilfläche einen dunklen Farbton.

1. Phase: Befeuchtung 3 Min., Trocknung 130 Min.¹⁾

Bei der ersten sehr kurzen Befeuchtungsphase dringt das Wasser, wie an dem Dunkelwerden der Profilfläche zu erkennen ist, nur flach in die Oberfläche des Ziegels ein. Die von diesem Vorgang verursachte Quellung des Bodens äußert sich bei dem gewählten Raffungsmaßstab, wie an der Bewegung des Bodens und der Lichtreflexe zu erkennen ist, in bebenartigen Erscheinungen. Gleichzeitig wird, wie ebenfalls an den Bewegungen der Lichtreflexe deutlich zu erkennen ist, die Oberfläche des Ziegels pockennarbig rau, da jeder Schauer des Sprühnebels von den erwähnten bebenartigen Bewegungen begleitet wird.

Bei der ersten Trocknung dringen die an der Oberfläche entstehenden Schrumpfrisse nicht sehr tief in die Profilfläche vor. An der Oberfläche kündigen sich diese Rißbildungen in lokalen Austrocknungserscheinungen an.

3. Phase: Befeuchtung 5 Min., Trocknung 220 Min.

Da die zweite Phase keine wesentlich anderen Erscheinungen erkennen ließ als die erste, wurde sie nicht in den Film aufgenommen.

Die Wassergabe während der dritten Befeuchtung dringt wesentlich tiefer ein als bei der ersten; wie an den Lichtreflexen und an den Bodenbewegungen zu erkennen ist, wiederholen sich die bebenartigen Erscheinungen infolge Quellung in verstärktem Maße. Die Lage der befeuchteten Zone hebt sich durch den scharfen Farbunterschied zwischen feuchtem und trockenem Boden gut ab.

¹⁾ Die *Kursiv*-Überschriften entsprechen den Zwischentiteln im Film.

In der Trocknungszeit ist neben der Reißbildung auch die Austrocknung der einzelnen Schollen von den gewölbten Rändern her zu erkennen. Während die Oberfläche des Ziegels später schon völlig getrocknet ist, weisen die Farbhunterschiede an der Profilfläche noch auf Feuchtigkeit im Bodeninnern hin. Je weiter der an der Aufhellung der Profilfläche erkennbare Wasserentzug fortschreitet, um so tiefer dringen auch die Risse nach unten vor. Neben den weit klaffenden vertikalen Rissen ist das Entstehen feiner horizontaler Risse zu beobachten. Die Farbhunterschiede lassen erkennen, daß diese horizontalen Risse verhältnismäßig dicht untereinander liegen. Hierdurch erhält die von diesem Vorgang erfaßte Zone ein horizontalschichtiges Aussehen. Da der Sprühnebel schubweise gegeben wird, bilden sich an der Profilfläche graue Farbabsätze, die die Tiefe des Eindringens von Wasser während der einzelnen Befeuchtungszeiten markieren.

4. Phase: Befeuchtung 6 Min., Trocknung 600 Min.

Das Wasser dringt sofort verhältnismäßig tief in den Boden ein. Während der einzelnen Sprühvorgänge treten kräftige, bebenartige Bewegungen des Bodens auf, die sich wellenförmig nach unten fortpflanzen. Aus den Vertikalrissen am linken und rechten Bildrand treten Wassertropfen aus und fließen nach unten ab. An der unteren Befeuchtungsgrenze bilden sich zum Schluß kleine schuppenförmige Gebilde. Die Eindringtiefen der verschiedenen Wasserwellen sind an einer Verfärbung der Profilfläche deutlich zu erkennen.

Beim Trocknen entstehen neben den alten Oberflächenrissen neue, schmale Risse, die in der horizontalschichtigen Zone unter der Oberfläche beginnen. Mit fortschreitender Trocknung verbreitern sich die von der Oberfläche ausgehenden Risse; gleichzeitig findet auch eine Aufhellung der Profilfläche des Ziegels von oben her statt, so daß die entstandene Horizontalschichtung gut zu erkennen ist. Darunter heben sich stufenweise die Befeuchtungszonen auf dem dunklen Untergrund als helle Säume ab.

6. Phase: Befeuchtung 8 Min., Trocknung 590 Min.

Während der sechsten und letzten Befeuchtung sind die bebenartigen, wellenförmigen Bewegungen der Oberfläche besonders gut ausgeprägt. Während des ganzen Vorganges sind sowohl die Konturen der Oberflächenrisse als auch die feine schuppenförmige Horizontalschichtung gut zu erkennen. An der alten Befeuchtungsgrenze entstehen scherbenförmige Aufwerfungen, die sich noch etwas nach unten ausdehnen.

Infolge der vorausgegangenen, acht Minuten dauernden Wassergabe geht die Austrocknung verhältnismäßig langsam vonstatten. Die Oberflächenrisse breiten sich langsam nach unten aus, gleichzeitig beginnen

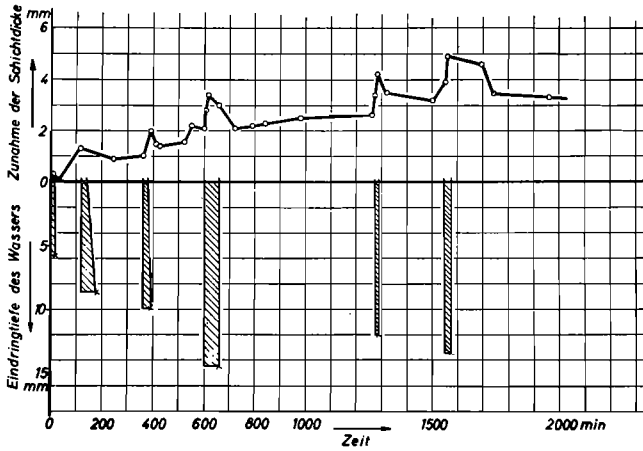


Abb. 1. Zunahme der Schichtdicke und Eindringtiefe des Wassers

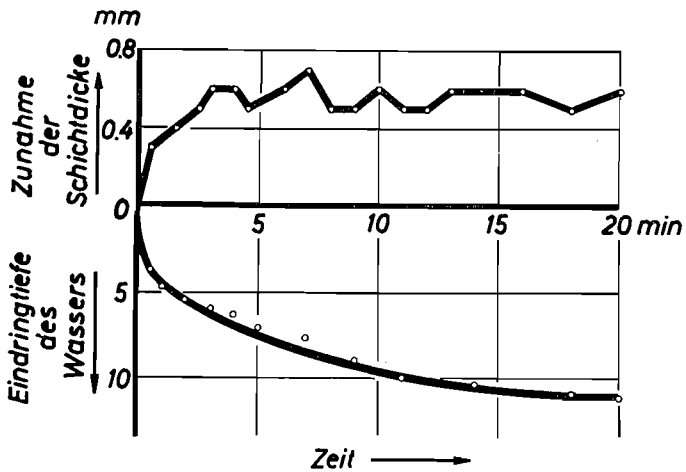


Abb. 2. Hebung der Oberfläche und Eindringen des Wassers während der dritten Befeuchtung

die Oberfläche und die Profilfläche abzutrocknen, so daß die horizontale Schichtung immer stärker zutage tritt.

Am Ende des Films sind die beiden Vertikalrisse links und rechts am Bildrand verhältnismäßig tief in den Boden eingedrungen und vereinigen sich am unteren Bildrand, so daß eine abgesprengte Bodenscholle entsteht. Die Horizontalschichtung hat dagegen nur den oberen Teil der Profilfläche erfaßt.

Um die Struktur des Ziegels im Innern zu zeigen, wurde bei der SchlußEinstellung aus dem Block eine Scholle mit einer spitzen Nadel herausgebrochen. Die Bruchfläche zeigt, daß an der Oberfläche des Ziegels, dort, wo die Bildung der feinen Horizontalschichtung beobachtet werden konnte, eine schuppenförmige Struktur entstanden ist.

Zur Erfassung der Bodenbewegung durch Quellung und Schrumpfung wurde die Hebung der Oberfläche des Ziegels in Abhängigkeit von der Eindringtiefe des Wassers gemessen. In Abb. 1 ist das Ergebnis dieser Auswertung für alle sechs Phasen dargestellt. Es zeigt sich, daß die Schichtdicke von Phase zu Phase zunimmt, auch wenn die Eindringtiefe des Wassers sich nicht wesentlich ändert. Jede Phase hebt sich durch ein plötzliches Ansteigen (Quellung) und ein langsames Abfallen (Schrumpfung) der Schichtdicke hervor. Besonders deutlich ist dies bei der dritten und sechsten Phase festzustellen. Am Ende der Filmaufnahmen ist durch die sechs Befeuchtungs- und Trocknungsphasen die Oberfläche um etwas über 3 mm gehoben worden. Bei einer maximalen Eindringtiefe des Wassers von 14 mm bedeutet dies eine Zunahme der Höhe, und entsprechend hat auch das Porenvolumen um 21% zugenommen. In Abb. 2 ist die Hebung der Oberfläche, gemessen an der Zunahme der Schichtdicke, für die dritte Phase dargestellt. Bezugspunkt ist hierbei der Trockenwert der zweiten Phase. Aus der Darstellung ergibt sich, daß die Bewegungen der Oberfläche zu Beginn der Befeuchtung sehr stark sind und ihren Maximalwert bereits bei den ersten Sprühschauern erreichen. Die Sprühschauer selbst machen sich durch eine periodische, zackenförmige Zunahme der Schichtdicke bemerkbar, die während der Sprühpausen abflacht. Diese Auswertung erklärt die bebenartigen Bewegungen der Oberfläche als Quellungsvorgang, der infolge des gewählten Raffungsmaßstabes den Anschein von Erschütterungen annimmt.

Literatur

- [1] CZERATZKI, W. u. H. FRESE, Kinematographische Untersuchungen zur Strukturbildung, VI. Congrès Int. de la Science du Sol. Paris 1956.
- [2] FRESE, H., Zur Bildung von Makro-Gefüge-Typen im Ackerboden durch atmosphärische Einflüsse. Tagungsber. Nr. 13, Dtsch. Akad. d. Landw. Wissensch., Berlin 1958.