

ENCYCLOPAEDIA CINEMATOGRAPHICA

Editor: G. WOLF

E 118/1958

Bodenstruktur — Wirkung von Befeuchtung und Trocknung Bodenoberfläche — Opalinuston

Mit 1 Abbildung

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): 129 m
Vorführdauer: 12 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

Bodenoberfläche — Opalinuston

Filmbeschreibung von Dr. W. CZERATZKI, Braunschweig-Völkenrode

Der Film zeigt in Zeitrafferaufnahmen die Oberfläche einer Bodenprobe während des Befeuchtens durch Aufsprühen von Wasser und der darauf folgenden Trocknung. Der Vorgang wird viermal 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 vorstatten, 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.

Nach verschiedenen Vorversuchen wurde für diese Filmaufnahmen ein Opalinuston aus der Gegend von Schwäbisch-Gmünd (Württ.) mit folgender Korngrößenzusammensetzung gewählt:

	Korngröße mm	Gehalt %
Grobsand	2 — 0,2	1,2
Feinsand	0,2 — 0,02	9,2
Schluff	0,02 — 0,002	36,5
Ton	< 0,002	53,1

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. Die Aufnahme­frequenz betrug beim Befeuchten 4 B/s (Zeitraffung 1 : 6), beim Trocknen 4 B/Min. (Zeitraffung 1 : 360). Auf diese Weise wurden fünf Befeuchtungs- und Trocknungsvorgänge von zunehmender Länge mit einer ungefähren Gesamtdauer von ca. 24 Stunden aufgenommen. Das Bildfeld betrug $7,5 \times 5,5$ cm. Beim Sprühvorgang ist in der folgenden Beschreibung nur die tatsächliche Zeit der Sprühnebelanwendung angegeben. Durch Sprühpausen zur Vermeidung von Oberflächenabfluß wurden die Befeuchtungszeiten nach und nach bis auf 30 Minuten verlängert.

II. Filminhalt

1. Phase: Befeuchtung (Sprühen) 4 Min., Trocknung 139 Min.¹⁾

Der Filmanfang zeigt zuerst eine feinkörnig-rauhe Oberfläche, die aber schon nach der ersten kurzen Befeuchtung durch heraustretende Luft eine grobkörnige Beschaffenheit erhält. Während der weiteren schubweisen Befeuchtungen entstehen an zahlreichen Stellen kleine, blasenförmige Aufwölbungen, die z. T. wieder verschwinden, z. T. aber aufplatzen und Krater hinterlassen. Mit zunehmender Befeuchtung wird die Fläche sehr rau, da die Größe der aufplatzenden Luftblasen und der entstandenen Krater zunimmt.

Schon kurz nach Umstellung des Versuchs auf Trocknung bildet sich am oberen Rand ein erster bogenförmiger Riß, der sich rasch verbreitert. Ihm folgen sehr schnell weitere zackenförmige Risse, die sich über die ganze Fläche ausbreiten und im Laufe der Trocknung weiter ausdehnen, ein Vorgang, der allerdings nur kurze Zeit dauert. Am Ende der Trocknungsphase zeigt sich eine durch zackige Risse unregelmäßig gegliederte Oberfläche.

2. Phase: Befeuchtung 6 Min., Trocknung 198 Min.

Gleich bei Beginn der Befeuchtung fangen die Risse an, sich zu schließen, wobei ihre Ränder infolge des dort vermehrt eindringenden

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

Wassers stärker quellen als ihre Umgebung, und sich deshalb narbenförmig aufwölben. Gleichzeitig nimmt die Rauheit der Oberfläche zu, so daß deutliche Vertiefungen und Erhebungen entstehen. Auch bei dieser Befeuchtungsphase ist die Aufwölbung von großen Luftblasen und deren Aufplatzen zu Kratern zu beobachten. Diese pockennarbige Struktur der Fläche ist besonders in den Befeuchtungspausen zu erkennen. In der Mitte des Bildfeldes ist ein Strömen von feinsten abgeblättern Bodenschüppchen zu erkennen, die sich an der Oberfläche langsam mit dem Wasser bewegen. Die zweite Befeuchtung dauert doppelt solange wie die erste, da der Boden jetzt ein besseres Wasseraufnahmevermögen zeigt.

Schon kurz nach der Umstellung auf Trocknung beginnen sich die Risse wieder zu öffnen. Dieser Öffnungsvorgang verläuft zuerst sehr schnell, verlangsamt sich aber gegen Ende der Trocknung zusehends. Allerdings dauert er jetzt wesentlich länger als bei der ersten Phase und auch die Risse werden wesentlich breiter. Mit Ausnahme von ein oder zwei blind endigenden kurzen Verzweigungen sind die Risse untereinander verbunden. Mehrere Risse, die während der ersten Phase entstanden waren, haben sich bei der zweiten Trocknungsphase nicht wieder geöffnet.

3. Phase: Befeuchtung 9 Min., Trocknung 281 Min.

Das Schließen der Risse während dieser Befeuchtung dauert wesentlich länger, weil der Boden im Vergleich zu den beiden ersten Befeuchtungen den Sprühnebel ohne Stauungen aufnimmt. An den Rißrändern bilden sich sehr starke Unebenheiten, die mit zunehmendem Aufweichen lavaähnlich zum gegenüberliegenden Rand fließen und das Schließen der Risse beschleunigen. An verschiedenen Stellen sind blasenförmige Aufwölbungen vorhanden; ebenso ist das Versickern von Wasser und ständiges Entweichen von Luftblasen zu beobachten. Wie am Pulsieren einzelner Lichtreflexe zu erkennen ist, sickert das Wasser auch durch die scheinbar bereits geschlossenen Spalten tiefer in den Boden hinein. Mit zunehmender Wassersättigung der Oberfläche tritt das bereits erwähnte Strömen von feinen Bodenschüppchen wieder auf. Am Ende des Sprühvorgangs zeigt die Fläche ein pockennarbiges Aussehen. Der Zeitbedarf für diesen Befeuchtungsvorgang ist größer als bei der vorangegangenen Phase. Auch für die Trocknungsphase ist der Zeitbedarf wesentlich größer geworden. Dagegen ist die Zahl der Risse unverändert geblieben, jedoch hat sich ihre Breite und Tiefe wesentlich vergrößert.

4. Phase: Befeuchtung 9 Min., Trocknung 380 Min.

Diese Phase zeigt während der Befeuchtung fast dieselben Vorgänge wie die dritte Phase. Allerdings sind die Fließerscheinungen an den Rißrändern wesentlich stärker. Die Linienführung der Risse bleibt bis zum Ende des Sprühvorganges erhalten. Der darauffolgende Trocknungsvorgang nimmt eine noch längere Zeit in Anspruch. Die Risse öffnen sich ungleichmäßig weit, ein Zeichen für die Unregelmäßigkeit des Schrumpfungsvorganges. Die Tiefe und Breite der Risse hat weiter zugenommen.

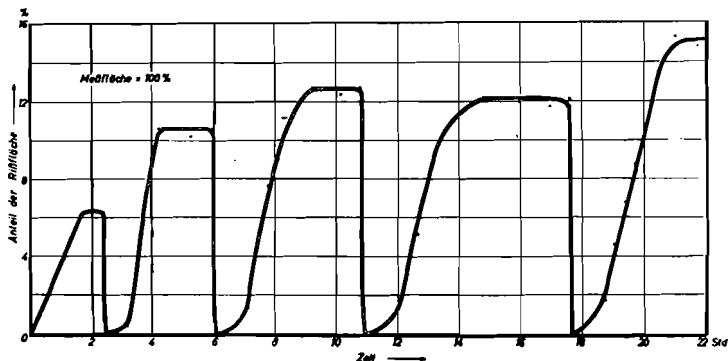


Abb. 1. Flächengröße der gebildeten Risse in Prozenten der Gesamfläche

5. Phase: Befeuchtung 9 Min., Trocknung ca. 480 Min.

Während der Befeuchtung treten dieselben Erscheinungen auf wie bisher. Die Risse schließen sich verhältnismäßig langsam, die Ränder fließen zusammen, wobei ungleichmäßige Geschwindigkeiten auftreten. Am Pulsieren von Lichtreflexen ist das Einsickern von Wasser und das Entweichen von Luft zu beobachten. Am Ende des Sprühvorganges sind auf der nunmehr sehr rauhen, an den Rißrändern oft verworfenen Oberfläche noch die Spuren der Risse zu unterscheiden.

Das Öffnen der Risse während des Trocknungsvorganges geschieht verhältnismäßig langsam. Die Rißbreite beträgt zum Schluß mehrere Millimeter. Ein Vergleich der Rißbilder der vergangenen Trocknungsphasen zeigt, daß die Rißmuster von Phase zwei bis fünf sehr gut übereinstimmen, jedoch wesentlich vom Rißmuster der ersten Trocknungsphase abweichen.

An Hand der Filmaufnahmen wurde eine Auswertung der Rißbildung in Abhängigkeit von der Zeit durchgeführt. Dazu wurde die Größe der

Rißfläche ausgemessen und in Prozenten der Gesamtfläche berechnet. Abb. 1 zeigt das Ergebnis dieser Auswertung. Aus der Messung ist ersichtlich, daß am Ende der fünften Trocknung die Rißfläche rund 15% der Gesamtfläche eingenommen hat.

Die SchlußEinstellung zeigt in Schrägaufnahme noch einmal die Oberfläche des Bodenziegels. Während der Drehung des Ziegels um 360° sind die unregelmäßigen Aufwölbungen und die verkantete Lage der Schollen sehr gut zu erkennen. Um die Struktur im Innern des Ziegels zu zeigen, wird mit einer spitzen Nadel eine Scholle aus dem Block herausgehoben. Während beim ersten Einstechen nur ein schuppenförmiges Stückchen aus der Oberfläche herausbricht, gelingt es beim zweiten Mal, die Scholle ganz herauszuheben. Am oberen Teil des Aufbruchs ist sehr deutlich eine Zone gemürbten Bodens mit blättchenförmiger Struktur zu erkennen, unter der sich noch der kompakte, ungemürbte Boden befindet. Ferner zeigt dieser Aufbruch, daß die horizontalschichtige, schuppenförmige Struktur nicht so tief in den Ziegel hineinreicht wie die vertikalen Risse.

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.