

# ENCYCLOPAEDIA CINEMATOGRAPHICA

Editor: G. WOLF

---

*E 324/1960*

**Bodenstrukturbildung durch Frost (Modellversuche)**  
**Sandboden**

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): 36 m  
Vorführdauer: 31½ Min.      Vorführgeschwindigkeit: 24 B/s

Der Film wurde in den Jahren 1956 u. 1960 aufgenommen 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

# **Bodenstrukturbildung durch Frost (Modellversuche)**

## **Sandboden**

Filmbeschreibung von Dr. W. CZERATZKI, Braunschweig-Völkenrode

In starker Zeitraffung zeigt der Film den Blick auf eine Seitenfläche der im Kühlschrank von oben her abkühlenden und dabei gefrierenden Bodenprobe.

### **I. Allgemeine Vorbemerkungen**

Die Bedeutung der Bodenstruktur für die Entwicklung des Bodens, seine ackerbaulichen Eigenschaften, das Wachstum von Pflanzen und Bodenorganismen sowie für viele Probleme des Erdbaus läßt die Frage nach den Ursachen und Vorgängen bei der Strukturbildung besonders wichtig erscheinen. Deshalb haben die Wirkungen des Frostes auf den Boden, die in dieser Hinsicht von entscheidender Bedeutung sind, seit jeher die Aufmerksamkeit der Forschung auf sich gelenkt. Für die Behandlung dieses Problems spielt aber nicht nur das wissenschaftliche Interesse eine Rolle, sondern auch die wirtschaftlichen Schäden, die Jahr für Jahr durch den Bodenfrost verursacht werden. Hiervon werden sehr verschiedene Gebiete der Wirtschaft oft schwerwiegend betroffen.

Während die Wirkungen des Frostes auf die Bodenstruktur sowie die Erscheinungsformen der Froststruktur in zahlreichen Arbeiten beschrieben sind, liegen keine Direktbeobachtungen über die Vorgänge beim Gefrieren des Bodens vor. Bei geeigneter Versuchsanstellung läßt sich zwar das Vordringen des Frostes im Boden durch photographische Reihenaufnahmen gut verfolgen, doch bringt dieses Verfahren die Wachstumsdynamik der Froststruktur nur bedingt zur Anschauung, weil Reihenbilder den Ablauf eines Vorganges zwar speichern können, jedoch keine Wiedergabe in Form eines Bewegungsvorganges gestatten. Diese Möglichkeit ergibt sich erst dann, wenn der Vorgang mit einem der üblichen kinematographischen Verfahren aufgenommen und im

Laufbild mit 24 B/s betrachtet werden kann. Neben der Auswertung durch Betrachtung des Laufbildes können darüber hinaus die Aufnahmen mit einem der gebräuchlichen kinematographischen Meßverfahren ausgewertet werden.

Die Darstellung der Bodenstrukturbildung durch Frostwirkung erstreckt sich in den folgenden Untersuchungen auf Vorgänge, deren Dimensionen auch dem unbewaffneten Auge zugänglich sind. Vorausgesetzt wird ferner, daß eine homogene, kohärente Bodenstruktur vorliegt.

Beim Abkühlen eines wassergesättigten Bodens unter  $0^{\circ}\text{C}$  und der damit verbundenen Umwandlung von Wasser in Eis spielen sich zwei Vorgänge ab, die je nach Bodenart und Gefrierbedingungen stark variieren können:

1. Die Bewegung des Bodenwassers zum eindringenden Frost hin,
2. Die Einlagerung dieses Wassers als Eislinsen in intermittierenden Schichten im Boden, wodurch eine „heterogene Froststruktur“ entsteht.

In den feinsand- und schluffhaltigen Böden mit guter Kapillarität bildet sich die heterogene Froststruktur vorwiegend horizontalschichtig, in den tonhaltigen Böden dagegen infolge der Entwässerung und Schrumpfung des Tones während des Gefrierens polygonal aus. Da jeder Boden ohne makroskopisch sichtbare Gliederung zu „homogener Froststruktur“ erstarrt, wenn sein Wassergehalt unter eine von Bodenart und Gefriertemperatur abhängige Grenze sinkt, so ist ein genügender Vorrat oder ein ausreichender Nachschub von leicht beweglichem Wasser die wichtigste Voraussetzung für eine kräftige Ausbildung der heterogenen Froststruktur.

Diese Zusammenhänge mußten bei der Versuchsanordnung für die Filmaufnahmen berücksichtigt werden, wenn die Vorgänge beim Gefrieren möglichst naturgetreu und deutlich gezeigt werden sollten. Am besten geeignet schien eine Anordnung, bei welcher der Bodenfrost von oben in den Boden eindringt und der Boden während des Gefrierens wahlweise mit einem künstlichen Grundwasserhorizont in Verbindung steht oder nicht. Um diese Bedingungen zu erfüllen, wurden die Versuchsböden so in einen Kühlschrank eingebracht, daß ihre Oberseite direkten Kontakt zum Gefrieraggregat hatte und ihre Unterseite je nach der gewählten Gefrierbedingung über eine Filterplatte aus keramischem Material mit freiem Wasser in Verbindung stehen konnte. Zum Ausgleich der Bodenhebung war die Verdampferplatte des Gefrieraggregats beweglich aufgehängt. Der Abstand des oberen Bildrandes vom Gefrieraggregat des Eisschranks betrug 2 cm. Der Kühlschrank wurde so ein-

gestellt, daß die angegebene Gefriertemperatur an der Kontaktfläche des Bodens zum Gefrieraggregat auftrat. Der Versuchsboden wurde auf eine Korngröße von  $< 2$  mm gesiebt, auf einen bestimmten Wassergehalt angefeuchtet und in einem Stechzylinder von 10 cm Höhe und  $1000 \text{ cm}^3$  Inhalt auf ein bestimmtes Porenvolumen verdichtet. An der Vorderseite jeder Probe wurde eine senkrechte Fläche angeschnitten, an der die Bildung der Froststruktur gefilmt werden konnte. Die Aufnahmefrequenz betrug 1 B/Min. Das Kameraobjektiv wurde durch ein Loch in der Tür des Kühlschranks auf die Sichtfläche gerichtet und so eingestellt, daß es ein Bildfeld von  $3,4 \times 4,6$  cm erfaßte.

Bei der ersten Filmaufnahme war der Versuchsboden ein schwach humoser, diluvialer Sandboden mit folgender Korngrößenzusammensetzung:

	Korngröße mm	Gehalt %
Grobsand	2,0 — 0,2	37,7
Feinsand	0,2 — 0,02	50,3
Schluff	0,02 — 0,002	8,5
Ton	$< 0,002$	3,5
Porenvolumen:		40 Vol. %
Wassergehalt nach der Verdichtung:		10 Gew. %

## II. Filminhalt

### *Diluvialer Sandboden<sup>1)</sup>*

*Temperatur  $-1^\circ \text{C}$  bis  $-1,5^\circ \text{C}$*

*Bildfeld  $3,4 \times 4,6$  cm — Wassernachschub von unten*

Die ersten Filmmeter lassen noch keine Veränderung der grobkörnigen Struktur der Aufnahmefläche erkennen. Dann beginnt aber vom oberen Bildrand her ein dunkler Schatten herabzuwandern, durch den das Gefrieren des Bodens angezeigt wird. Je tiefer der Frost eindringt, um so kräftiger wird die Schattenbildung, wobei eine deutliche Abnahme der Wanderungsgeschwindigkeit festzustellen ist. Nach dem Durchgang der Schattenbildung durch das Bildfeld setzt infolge Verdunstung des Eises

<sup>1)</sup> Die *Kursiv*-Überschriften entsprechen den Zwischentiteln im Film.

am oberen Bildrand eine Aufhellung der Sichtfläche ein. Die zunehmende Verschattung des Bildfeldes wurde, wie sich nach Abschluß der Aufnahmen ergab, durch einen Eisüberzug verursacht, der sich aus dem während des Bodengefrierens herausgepreßten Wasser gebildet hat. Der Wassergehalt<sup>1)</sup> der gefrorenen Bodenprobe betrug:

Oberer Bildrand bis Bildmitte:	21,9 Gew. %
Bildmitte bis unterer Bildrand:	25,1 Gew. %
Ungefrorener Boden darunter:	12,3 Gew. %

### *Lehmiger Sandboden*

*Temperatur —1° C bis —1,5° C*

*Bildfeld 3,4 × 4,6 cm — Wassernachschub von unten*

Der Boden bei der folgenden Aufnahme war ein schwach humoser lehmiger Sandboden mit folgender Korngrößenzusammensetzung:

	Korngröße mm	Gehalt %
Grobsand	2,0 —0,2	22,1
Feinsand	0,2 —0,02	55,6
Schluff	0,02—0,002	14,5
Ton	<0,002	7,8
Porenvolumen:		40 Vol. %
Wassergehalt nach der Verdichtung:		18 Gew. %

Da sich die Bildung der Froststruktur über einen tieferen Bereich der Sichtfläche erstreckte, wurden die Filmaufnahmen in zwei Abschnitten durchgeführt. Im ersten Abschnitt lag der obere Bildrand 2 cm unter dem Gefrieraggregat des Kühlschranks, in zweiten 4,3 cm.

Beim ersten Abschnitt läßt der Filmanfang eine etwas grobkörnig-rauhe Bodenfläche erkennen. Danach setzt vom oberen Bildrand her ein sehr schwacher Farbwechsel der Aufnahmefläche ein, der erst in der Bildmitte etwas deutlicher wird und sich im unteren Bild Drittel in kleine, unregelmäßige Eisbildungen verwandelt.

<sup>1)</sup> Der Wassergehalt ist im folgenden in Prozenten des Bodentrockengewichtes angegeben.

### *Bildfeld 2 cm tiefer*

Beim zweiten Aufnahmeabschnitt wurde die Kamera so eingerichtet, daß sich zu Beginn die Frostfront in Bildmitte befand. Der weitere Filmablauf zeigt, wie sich die Eisbildung verstärkt und langsam kurze, unregelmäßige Eislinen entstehen, die keine bestimmte Ausrichtung erkennen lassen. Parallel zu diesem Vorgang ist auch eine Abnahme der Gefriereschwindigkeit zu bemerken.

### *Lehmiger Sandboden mit 5% Kalkhydrat*

*Temperatur  $-1^{\circ}\text{C}$  bis  $-1,5^{\circ}\text{C}$*

*Bildfeld  $3,4 \times 4,6$  cm — Wassernachschub von unten*

Porenvolumen:	40 Vol. %
Wassergehalt nach der Verdichtung:	18 Gew. %

Da sich bei dieser Probe der Gefriervorgang über einen größeren Bereich der Fläche erstreckte und der Boden 2 cm unter dem Gefrieraggregat noch keine Ausbildung der Froststruktur erkennen ließ, wurde der obere Bildrand 4 cm unter das Gefrieraggregat gelegt.

Am Filmanfang zeigt die Sichtfläche eine etwas rauhe Struktur, in der sich die scharfen Konturen einzelner Vertiefungen abheben. Sehr früh setzt dann vom oberen Bildrand her eine Vergrößerung der Struktur ein, die nach dem ersten Drittel des Bildfeldes deutlich in eine horizontalschichtige Struktur aus feinen Eislinen übergeht. Bis zum unteren Bildrand ist zonenweise die Bildung von Eislinen sehr lückenhaft, so daß keine regelmäßige durchgehende Horizontalschichtung entsteht. Mit Fortschreiten des Frostvorganges zum unteren Bildrand verlangsamt sich die Gefriereschwindigkeit, gleichzeitig werden auch die Eislinen etwas stärker und deutlicher ausgebildet. Ihre vorwiegende Richtung bleibt dabei horizontal.

### **Literatur**

- [1] CZERATZKI, W., Zur Wirkung des Frostes auf die Struktur des Bodens. Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenk. **72** (1956), H. 1, S. 15—32.
- [2] CZERATZKI, W. u. H. FRESE, Kinematographische Untersuchungen zur Strukturbildung. VI. Congrès Int. de la Science du Sol, Paris 1956.
- [3] FRESE, H., Zur Bildung von Makro-Gefüge-Typen im Ackerboden durch atmosphärische Einflüsse. Tagungsber. Nr. 13, Dtsch. Akad. d. Landw. Wissensch., Berlin 1958.