

# ENCYCLOPAEDIA CINEMATOGRAPHICA

Editor: G. WOLF

---

*E 103/1956*

## **Bodenstruktur — Regenwirkung**

**Drehstrahlregner — 20-mm-Düse — 2,6 atü  
Sandig-toniger Lehm**

Mit 2 Abbildungen

GÖTTINGEN 1959

---

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): 34 m  
Vorfuhrdauer: 3 Min. — Vorfuhrgeschwindigkeit: 24 1/3/s

Die Herstellung des Films erfolgte im Jahre 1951 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  
(Direktor: Prof. Dr. H. FRESE)

## **Bodenstruktur — Regenwirkung**

### **Drehstrahlregner — 20-mm-Düse — 2,6 atü Sandig-toniger Lehm**

Filmbeschreibung von Dr. W. CZERATZKI, Braunschweig-Völkenrode

#### **I. Allgemeine Vorbemerkungen**

In den letzten Jahrzehnten hat die künstliche Beregnung in zunehmendem Maße Eingang in die Landwirtschaft gefunden, wo sie in erster Linie die Aufgabe hat, in kritischen Witterungsperioden den natürlichen Wasservorrat des Bodens durch künstliche Wasserzufuhr zu ergänzen und den Pflanzen ein ausreichendes Wasserangebot sicherzustellen. Diese Aufgabe ist aber von der Feldberegnung erst dann als erfüllt anzusehen, wenn die Bodenwasserergänzung keine Veränderungen der Bodenstruktur zur Folge hat, die das Pflanzenwachstum schädigen könnten. Solche möglichen Nachteile der Feldberegnung müssen deshalb durch geeignete Beregnungsmethoden vermieden werden.

Die Vorgänge an der Bodenoberfläche während des Regens und die damit verbundenen Veränderungen der Bodenstruktur waren seit jeher für den Ackerbau und die Bodenkunde von größtem Interesse. Sie waren deshalb Gegenstand vieler Untersuchungen. Allerdings bieten solche Untersuchungen infolge der beim Tropfenfall rasch ablaufenden Vorgänge erhebliche Schwierigkeiten, so daß die Erscheinungen an der Bodenoberfläche bisher noch nicht in allen Einzelheiten erfaßt werden konnten. Zur Überwindung dieser Schwierigkeiten schienen forschungs-kinematographische Untersuchungsmethoden besonders geeignet.

Die für landwirtschaftliche Zwecke verwendeten Beregnungsgeräte spenden das Wasser unter Druck in einem kontinuierlichen Wasserstrahl, der sich in der Luft unter dem Einfluß der Strahlgeschwindigkeit, des Luftwiderstandes sowie der Schwerkraft in Wassertropfen verschiedener Größen auflöst. Bevor das so gespendete Wasser die Wurzelzone erreicht, fällt es als regenähnlicher Niederschlag auf die Bodenoberfläche, wo es seine Fallenergie abgibt und in den Boden versickert. Bei diesem Vorgang besteht die Gefahr, daß durch das auf den Boden auftreffende Wasser die Bodenstruktur mehr oder weniger zerstört und das Pflanzenwachstum geschädigt wird. Dies ist besonders dann zu erwarten, wenn

die Beregnung auf Flächen eingesetzt werden muß, die noch nicht durch eine Pflanzendecke geschützt sind. Unter diesen Bedingungen kann der Tropfenfall zur Verschlämmung und künstlichen Bodenerosion führen.

Aus diesen Gründen war es notwendig, die Voraussetzungen für eine schonende Beregnung zu untersuchen und die augenblicklich verwendeten Beregnungsverfahren in dieser Richtung zu überprüfen. Darüber hinaus sollten diese Untersuchungen zur Klärung der Vorgänge beitragen, die sich bei der Einwirkung des Naturregens auf den Boden sowie bei der Wassererosion abspielen.

Für die Vorgänge an der Bodenoberfläche haben sowohl die Eigenschaften des Niederschlags als auch die Eigenschaften des betreffenden Bodens eine ausschlaggebende Bedeutung. Dazu gehören unter anderem Bodenart, Humusgehalt, Krümelungszustand, Permeabilität für Wasser usw. Die große Zahl der beteiligten Faktoren zwang deshalb zu einer Beschränkung der Untersuchungen auf die in der Beregnungspraxis am häufigsten vorkommenden Bodenarten und Beregnungsverfahren. Ausgewählt wurden zwei Bodenarten, ein sandig-toniger Lehmboden und ein humoser Sandboden, und zwei verschiedene Regner:

ein Drehstrahlregner mit 20-mm-Düse mit möglichst groben Tropfen,

ein Drehstrahlregner mit 14-mm-Düse mit möglichst feinen Tropfen.

Bei der Beregnung mit Drehstrahlregnern dreht sich der Regner gleichmäßig im Kreise und benetzt eine bestimmte Bodenfläche mit periodisch wiederkehrenden kurzen Schauern, die durch längere Pausen unterbrochen sind. Dieser Arbeitsweise des Regners wurde durch eine Aufnahmeanordnung Rechnung getragen, bei der die Kamera unter einem Winkel von ungefähr  $70^\circ$  auf die Versuchsfläche eingerichtet und jeder zweite Schauer des Regners gefilmt wurde. Das aufgenommene Bildfeld von  $9,5 \times 13$  cm gestattete, auch das Verhalten des feingekrümelten Bodenmaterials zu verfolgen.

Der schnelle Ablauf der Vorgänge beim Auftreffen von Regentropfen auf den Boden machte eine Dehnung des Zeitablaufes notwendig. Hierfür erwies sich eine dreifache Zeitdehnung mit einer Aufnahme-frequenz von 75 B/s als ausreichend. In dieser Weise wurde der Beregnungsvorgang bis zu einer Niederschlagshöhe von insgesamt 15 mm gefilmt. Nach jedem Schauer wurde der gefallene Niederschlag durch mehrere Regenmessungen in unmittelbarer Nähe der Beregnungsfläche gemessen. Die Abbildung 1 zeigt die Anordnung von Kamera und Drehstrahlregner. Unter der Plane befindet sich die Filmkamera mit ihrem Antriebsaggregat. Die Beregnung wurde mit einem Drehstrahlregner mit 20-mm-Düse und einem Betriebsdruck von 2,6 atü durchgeführt.



Abb. 1. Anordnung von Kamera und Drehstrahlregner

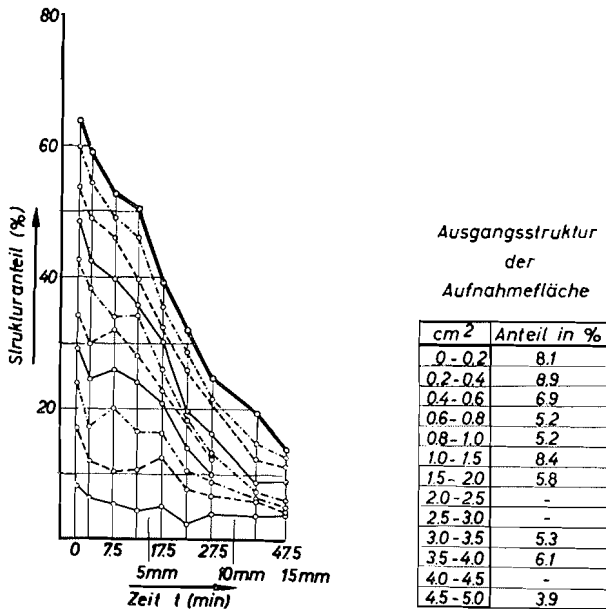


Abb. 2. Strukturanteil abhängig von Berechnungszeit

Der Versuchsboden, ein sandig-toniger Lehmboden, aus der Gegend um Hannover hatte folgende Korngrößenzusammensetzung:

	Korngröße mm	Gehalt %
Grobsand	2 — 0,2	32,7
Feinsand	0,2 — 0,02	33,9
Schluff	0,02 — 0,002	15,9
Ton	< 0,002	17,5

Dieser Boden wurde auf der Aufnahmefläche so hergerichtet, daß sein Zustand ungefähr dem eines frisch gehackten bzw. geggten Ackerbodens entsprach. Hierzu wurde der natürlich gelagerte Boden 5 cm stark abgehoben, zerbröckelt und auf derselben Stelle gleichmäßig wieder ausgebreitet. Da während der Aufnahmen eine sonnig-warme Witterung herrschte, wurde der gekrümelte Boden schnell lufttrocken.

Der Abstand zwischen Regner und Kamera betrug 22 m. Für die vorgesehene Niederschlagshöhe von 15 mm waren 19 Regnerumläufe notwendig, wofür eine Zeit von 50 Min. benötigt wurde. Während der Aufnahmen war das Wetter sonnig mit später auftretenden Schleierwolken. Die Lufttemperatur betrug 24° bis 27° C, die Luftfeuchtigkeit 60 bis 70%. Zu Beginn des Versuches herrschte eine Windgeschwindigkeit von 1 bis 2 m/s, die später sich auf 3 bis 4 m/s erhöhte.

Für die zahlenmäßige Erfassung der Krümelzerstörung durch den Tropfenfall wurden Einzelbilder ausgewertet, die dem Fortschritt des Beregnungsvorganges entsprachen. Für diese Auswertung wurden die Krümel in bestimmte Größenklassen eingeteilt, die von jeder Krümelklasse bedeckte Fläche planimetrisch ausgemessen und in Prozenten der gesamten Bildfläche berechnet. Bei der graphischen Darstellung dieser Werte ergibt sich für jede Krümelklasse eine Kurve, aus welcher der zeitliche und damit auch der von der Niederschlagsmenge abhängige Verlauf der Krümelzerstörung abgelesen werden kann.

Der Verlauf der Krümelzerstörung durch die Beregnung mit der 20-mm-Düse ist in Abb. 2 dargestellt. Die von unterscheidbaren Krümeln bedeckte Bildoberfläche ist mit „Strukturanteil“ bezeichnet und über der Beregnungszeit bzw. dem Niederschlag aufgetragen. Die Kurven für die einzelnen Krümelgrößen wurden in der Form von Summenkurven dargestellt. Die obere stark ausgezogene Kurve stellt den „Strukturanteil“ dar, der sich aus der Summe aller Krümelgrößen ergibt. Der Verlauf dieser Kurve zeigt, daß die Bodenoberfläche bei Beginn des Versuches zu 64% mit unterscheidbaren Krümeln bedeckt gewesen ist.

Dieser Anteil vermindert sich vom ersten Schauer an linear und beträgt am Ende des Versuches nur noch 14%. Allerdings sind auf der Beregnungsfläche dann keine Einzelkrümel mehr vorhanden, sondern nur noch Krümelreste, die als Erhebungen aus dem verschlammten Bodenmaterial herausragen. Aus dem fast linearen Verlauf der Kurve ergibt sich, daß der Begriff „Verschlammung“ im landwirtschaftlich praktischen Sinne offensichtlich an keiner Unstetigkeit des Kurvenverlaufs festgestellt werden kann und daher auch keinen exakt erfaßbaren Zustand darstellt. Zwischen der offenen Bodenoberfläche, wie sie zu Beginn des Versuches sichtbar ist, und der verschlammten Bodenoberfläche am Ende des Versuches mit immerhin noch 14% Strukturanteil sind alle Übergänge möglich. Um jedoch eine gewisse Definition für die Verschlammung des Bodens durch einen Regner zu erhalten, wurde ein Strukturanteil festgelegt, bei dem im landwirtschaftlichen Sinne ein Boden als verschlammte zu beurteilen ist. Dieser Strukturanteil liegt etwa bei 40% und wird im vorliegenden Versuch bereits nach 5 mm Niederschlag bzw. nach 17 Min. Versuchszeit erreicht.

Die Krümelzerstörung durch den Tropfenfall ist von der Energie der fallenden Wassertropfen abhängig. Deshalb wurde neben den Filmaufnahmen die Zusammensetzung des Tropfengemisches sowie die Geschwindigkeit der Tropfen am Kamerastandort festgestellt und die kinetische Energie errechnet. Sie betrug für 15 mm Niederschlag  $548 \cdot 10^3 \text{ erg/cm}^2$ .

## II. Filminhalt

Bereits der erste Schauer vermittelt einen Eindruck von der Stärke der benetzenden sowie der mechanischen Wirkung der fallenden Tropfen. Die Krümel werden in zunehmenden Maße befeuchtet und ihre Außenkonturen durch herabfließendes Wasser geglättet, da sie das Wasser beim Auftreffen großer Tropfen nicht sofort aufsaugen können. Kleinere Krümel in exponierter Lage werden von der Gewalt der großen Tropfen beiseite geschleudert sowie hervorstehende Ecken größerer Krümel abgesprengt. Außerdem werden Krümel und Bodenkörner in die Lücken der Oberfläche transportiert, wodurch der Raum zwischen den größeren Krümel mit Bodenmaterial ausgefüllt wird. Dies ist der Beginn zu einer ständig fortschreitenden Einebnung der Bodenoberfläche. Auch beim zweiten Schauer des Films (3. Schauer der Beregnung) werden kleinere Krümel durch die Wucht beim Aufprall großer Tropfen zur Seite geschleudert und in die Vertiefungen transportiert. Die Bodenoberfläche ist nach diesem Schauer schon stärker eingeebnet; desgleichen hat sich der Stau des Wassers an der Krümeloberfläche weiter

verstärkt. In den weiteren Schauern tritt der Transport von Krümeln durch aufprallende Wassertropfen nicht mehr auf; dagegen verstärken sich von Mal zu Mal die Einebnung der gekrümelten Oberfläche und der Rückstau des Wassers auf der Oberfläche. Nur die größeren Schöllchen leisten der Zerstörung durch den Tropfenfall größeren Widerstand. Beim 5. Schauer des Films (9. Schauer der Beregnung) tritt schon zu Beginn der Rückstau des Wassers an der Oberfläche auf. Dadurch kann das Regenwasser mit den abgewaschenen Bodenteilchen eine Suspension bilden, die durch die niederprasselnden Tropfen in ständiger Bewegung gehalten wird. Dies führt zur völligen Zerstörung der noch übriggebliebenen Krümel sowie zur fortschreitenden Einebnung der Bodenoberfläche. Andererseits bremst diese Suspension die Fallenergie der Wassertropfen, so daß im weiteren Verlauf des Regens die Zerstörung der Krümel im wesentlichen nur durch die Bewegung des Wassers verursacht wird. Nach dem Durchgang der Schauer kommt die Suspension zur Ruhe und sedimentiert, wobei zuerst die größeren Bodenteilchen sich absetzen. Nach dem Versickern des Regenwassers bleibt eine „geschlossene“ Bodenoberfläche zurück, aus der vereinzelt höckerförmige Überreste des ursprünglichen krümeligen Bodens herausragen.