

# ENCYCLOPAEDIA CINEMATOGRAPHICA

Editor: G. WOLF

---

*E 1543/1971*

## **Funaria hygrometrica (Musci) Entwicklung des Moospflänzchens**

Mit 5 Abbildungen

GÖTTINGEN 1971

---

INSTITUT FÜR DEN WISSENSCHAFTLICHEN FILM

**Funaria hygrometrica (Musci)**  
**Entwicklung des Moospflänzchens<sup>1</sup>**

M. BOPP, Heidelberg

**Allgemeine Vorbemerkungen**

Der Gametophyt der Laubmoose umfaßt zwei Entwicklungsformen, das Protonema, aus einem mehr oder weniger ausgedehnten fädigen System bestehend, und die Moospflänzchen, die als seitliche Knospen an diesem gebildet werden. Die Moospflänzchen sind die Träger der Gametangien (Antheridien und Archegonien), die gewöhnlich in Gametangienstände vereinigt sind. Meist wachsen zahlreiche Moospflänzchen zu mehr oder weniger dichten, oft mehrjährigen Rasen zusammen. Der Film stellt die Entwicklung des Laubmooses *Funaria hygrometrica* von der Anlage der Moospflänzchen als Knospen am Protonema bis zur Befruchtung der Archegonien dar. Er schließt unmittelbar an die erste Enzyklopädieeinheit dieser Reihe an.

**Beschreibung der Gametophytenentwicklung**

An dem haploiden Moosprotonema entstehen Moospflänzchen als seitliche Auszweigung von Protonemafäden dadurch, daß diese auf dem einzelligen Stadium an der Spitze anschwellen und in drei sukzessiven Teilungen eine dreischneidige Scheitelzelle abgliedern. Durch Tätigkeit dieser dreischneidigen Scheitelzelle und durch weitere Teilungen in den übrigen Zellen vergrößert sich die Moosknospe. An ihrer Basis werden schon frühzeitig eines oder mehrere Rhizoide gebildet. Durch weitere Teilungstätigkeit der Scheitelzelle entwickelt sich schließlich das dreizeilig beblätterte Moospflänzchen. Dieses kann sich nach einiger Zeit mehr oder weniger regelmäßig verzweigen. Bei *Funaria* trägt der Haupttrieb nach dem Abschluß des Wachstums männliche Geschlechtsorgane, der erste oder einer der folgenden Seitentriebe, wenn mehrere angelegt

---

<sup>1</sup> Angaben zum Film und kurzgefaßter Filminhalt (deutsch, englisch, französisch) s. S. 8 u. 9.

werden, weibliche Geschlechtsorgane. Die männlichen Organe (Antheridien) stehen in einem von großen Perichätialblättern umgebenen Antheridienstand mit zahlreichen sich nach oben verdickenden mehrzelligen Paraphysen zusammen. Die weiblichen Organe (Archegonien)

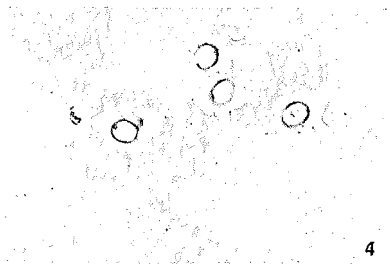
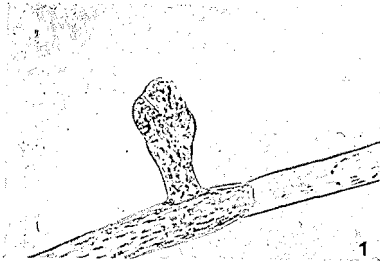


Abb. 1. Junge Mooskuospe von etwa vierzelligem Stadium als Seitenast eines Caulonemas

Abb. 2. Junges Moospflänzchen am Caulonema mit Entwicklung der ersten Blätter

Abb. 3. Freipräpariertes Ende von *Funaria* mit einem antheridien- und einem archegonientragenden Ast

Abb. 4. Lebende Spermatozoide. Diese sind schraubig aufgewunden, Kern und rückwärtsschlagende Geißeln kann man schwach erkennen

Abb. 5. In dem sich vergrößernden unteren Teil des Archegonium entwickelt sich der Embryo

finden wir in Archegonienständen, die von oben zusammenneigenden Blättern umgeben sind. Die Archegonienstände enthalten nur wenige Archegonien und einige wenigzellige, sich nach oben verzügende Paraphysen. In den Antheridien, die sich an ihrer Spitze an einem vor-

gebildeten Deckel öffnen, werden zahlreiche zweigeißlige Spermatozoide gebildet, die durch Wasser zu den Archegonien gelangen und in deren Hals eindringen. Zuvor sind bei den Archegonien, die in Archegonienbauch und -hals gegliedert sind, die den Hals auskleidenden Halskanalzellen verschleimt, und der Halskanal hat sich oben durch Auseinander-treten der Zellen geöffnet. Über den Halskanal gelangen die Spermatozoide in den unteren Teil des Archegoniums, in dem unter der Bauchkanalzelle die Eizelle liegt. Diese wird durch das Eindringen der Spermatozoiden befruchtet und kann sich dann zum exoskopisch wachsenden Sporophyten entwickeln. Bei *Funaria* entwickelt sich in einem Archegonienstand stets nur eine befruchtete Zygote weiter.

### Zur Entstehung des Films

Objekt: *Funaria hygrometrica* SIBTH. Kulturbedingungen: Für die ersten Aufnahmen wurden Agarkulturen in Petrischalen verwendet (als Nährlösung diente eine modifizierte KNOP-Lösung: 1,0 Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, 0,25 g KCl, 0,25 g MgSO<sub>4</sub> · 7 H<sub>2</sub>O, 0,25 g KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, FeCl<sub>3</sub> Spur, 20 g Agar auf 1000 ml H<sub>2</sub>O). Die spätere Dauerkultur erfolgte in Blumentöpfen. Der Erde war etwas Holzkohle beigemischt. Unter diesen Bedingungen entwickeln sich die Moose bis zur Sporenreife im Gewächshaus. Genaue Angaben über die Aufnahmetechnik finden sich bei HEYSE [3] und bei BOPP und BRANDES [2].

### Filmbeschreibung<sup>1</sup>

#### *Anlage der Moosknospen, Wachstum des Stämmchens*

##### *2 B/h bis 60 B/h*

1. Einstellung (Aufn.-Freq. 4 B/h): Das Protonema wächst auf KNOP-Agar. Die Einstellung läuft über mehrere Wochen, der Tag- und Nachtwechsel ist durch gelegentlichen Wasserbeslag zu erkennen. Die ersten Knospen treten als schwarze Punkte auf, außerhalb dieser ist das helle Caulonema mit einer regelmäßigen Seitenverzweigung sichtbar. Innerhalb des allmählich dichter werdenden Hexenringes aus Knospen bleibt ein von Knospen freier Raum (das Chloronema) übrig.
2. Einstellung (Aufn.-Freq. 1 B/min): Als Seitenast einer Caulonemazelle wird eine Knospe angelegt. In der etwas angeschwellenen Zelle strömt das Plasma der Spitze zu. Durch mehrere Zellteilungen im oberen Drittel wird eine Scheitelzelle ausgegliedert, die halbkugelig hervorragt. Außerdem erkennt man zwei weitere Zellen. Die Scheitel-

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

zelle selbst vergrößert sich während des Knospenwachstums. An der Basis der jungen Knospe entsteht ein Rhizoid. Zu beachten ist die Polarität im Caulonemafaden. Nur der vordere Teil einer Zelle, an dem die Seitenäste stehen, enthält Plasma.

3. Einstellung (Aufn.-Freq. 30 B/h): Weiterentwicklung einer Moosknospe.

4. Einstellung (Aufn.-Freq. 8 B/h): Entwicklung bis zur Moospflanze; Aufnahmen auf Agar.

In der jungen Moosknospe finden sehr viel reger Zellteilungen statt als in den benachbarten, ebenfalls sichtbaren Protonemafäden. Die ersten noch rudimentären Blätter legen sich über die Scheitelzelle. Das an der Basis der jungen Knospe entstehende erste Rhizoid ist, wie auch die folgenden, genauso polar gebaut wie ein Caulonemafaden.

Bei der weiteren Entwicklung heben sich die Blättchen von der zunächst kompakten Knospe ab, dabei werden Chloronemaäste zur Seite geschoben. Die Blätter des Moospflänzchens entfalten sich in erster Linie durch dreidimensionale Zellvergrößerung. Die an der Basis der Blätter stattfindenden Teilungen sind nicht sichtbar. Das Protonema wächst in diesem Stadium nur noch wenig.

5. Einstellung (Aufn.-Freq. 2 B/h): Entstehung eines Moosrasens auf Agar. An den Caulonemen, die auf dem glatten Substrat entlangwachsen, sind zahlreiche kleine Knospen angelegt. Ein Teil von ihnen entwickelt sich zu Pflänzchen, andere bleiben auf einem frühen Entwicklungsstadium stehen, ohne daß dabei ein eindeutiges Muster zu erkennen ist. Während der Entwicklung der Stämmchen wird der Protonemarasens, der das Substrat überzieht, noch dichter. Er stellt sein Wachstum mit der Anlage der Stämmchen nicht ein.

6. Einstellung (Aufn.-Freq. 2 B/h): Entwicklung des Moosrasens auf Erde. Zahlreiche Knospen strecken sich mit schraubigen Wachstums- und Entfaltungsbewegungen. Dadurch entsteht ein dichter und kompakter Moosrasen. An einer Stelle sieht man bereits die Anlage eines Sporogons.

### *Antheridien und Archegonien*

24 B/s und 48 B/s

30 B/h

7. Einstellung (Aufn.-Freq. 24 B/s): Antheridien und Archegonien.

Standaufnahme einer Moospflanze von *Funaria hygrometrica*, die auf dem Haupttrieb einen Antheridienstand, auf dem Seitentrieb einen Archegonienstand trägt. Mit der Ausbildung der Gametangienstände endigt das Wachstum des Gametophyten.

8. Einstellung (Aufn.-Freq. 24 B/s): Antheridien- und Archegonienstände.

Ein Archegonienstand und Antheridienstand sind aufgeschnitten. Sie werden in einer Standaufnahme gezeigt. Man erkennt die großen Unterschiede zwischen den beiden Geschlechtern, die vor allen Dingen den Bau der Paraphysen und die Stellung der Hüllblätter betreffen.

9. Einstellung (Aufn.-Freq. 24 B/s): Antheridienstand von oben.

Man blickt in ein von Perichaetialblättern umgebenen Antheridienstand. In diesem sind vor allen Dingen die Paraphysen mit ihren kugelig angeschwollenen Endzellen zu sehen.

10. und 11. Einstellung (Aufn.-Freq. 24 B/s): Einzelner Antheridienstand. Das Bild veranschaulicht den Aufbau der Antheridien und der dazwischenstehenden Paraphysen. Durch den Druck des Deckglases öffnet sich ein Antheridium und entläßt in geringer Menge Spermatozoiden, die aus der Kappe des Antheridiums hervortreten. Die Art der Öffnung ist nicht typisch. Die heraustretenden Spermatozoide bewegen sich nicht.

12. und 13. Einstellung (Aufn.-Freq. 48 B/s): Freigesetzte Spermatozoide; mikroskopische Aufnahme.

Zahlreiche Spermatozoide befinden sich in einer grauen Masse in lebhafter Bewegung. Einige der Spermatozoide lassen sich über ihre ganze Länge verfolgen. In einer Großaufnahme von fünf Spermatozoiden in der Focusebene kann man ihren Aufbau gut erkennen. In der Mitte der dünnen korkzieherförmigen Zelle liegt der dichtere und dickere Kern. Zwei lange Geißeln schwingen nach hinten, dadurch führt der langgestreckte Körper des Spermatozoid schraubige Bewegungen aus.

14.-16. Einstellung (Aufn.-Freq. 24 B/s): Standaufnahme eines freipräparierten Archegonienstandes.

Die Archegonienhäuse sind wahrscheinlich durch die Präparation etwas zusammengeschoben. An der Basis stehen einige dünne Paraphysen. Durch Verschiebung des Bildausschnittes wird zunächst der Archegonienbauch mit Eizelle und Bauchkanalzelle gezeigt, die von zwei Schichten von Bauchwandzellen umgeben sind. Die Bauchwand geht in die Halswand über, die aus größeren Halswandzellen besteht. An der Basis des Halses sind auch einige Halskanalzellen zu erkennen. Die weitere Verschiebung der Einstellung schreitet dann bis zum Oberende des Archegonium fort, so daß der Verschuß des Archegoniumhalses ins Bild kommt. In einer weiteren Einstellung wird dann ein geöffneter Archegoniumhals gezeigt, dessen obere Zellen eine Eindringöffnung für die Spermatozoiden bildet. Die Halskanalzellen sind in diesem Zustand bereits verschleimt.

17. Einstellung (Aufn.-Freq. 30 B/s): Befruchtete Eizelle; Aufnahme eines freipräparierten Archegonium.

Es wird der untere Teil eines Archegonium gezeigt, in dem eine befruchtete Zygote liegt, die sich wahrscheinlich bereits einmal quer durchgeteilt hat, so daß ihre polare Differenzierung beginnt. Die lebhafteste Bewegung im Untergrund ist ein Artefakt.

18. Einstellung (Aufn.-Freq. 24 B/s): Junges Sporogon innerhalb des Archegonium; Standaufnahme eines freipräparierten Archegonium. In dem bereits vergrößerten Archegonienbauch ist der junge Embryo scharf gegen die umgebenden Wände abgegrenzt. Das Archegonium ist durch das Wachstum nach der Befruchtung in das Epigon umgeformt; der größte Teil besteht aus dem ehemaligen Archegonium, ein kleinerer Teil aus dem obersten Abschnitt des archegoniumtragenden Stämmchens.

### Literatur und Filmveröffentlichungen

- [1] BOPP, M.: Die Morphogenese der Laubmoose. Biol. Rev. **36** (1961), 487—531.
- [2] BOPP, M., und H. BRANDES: *Funaria hygrometrica* (Musci) — Proto-nema-Entwicklung. Begleitveröffentlichung zu Film E 962 des Inst. Wiss. Film, Göttingen 1965.
- [3] HEYSE, E.: Über Schwierigkeiten bei botanischen Filmaufnahmen am Beispiel von *Funaria hygrometrica*. Research Film **6**, 4 (1968), 353—359.
- 
- [4] BOPP, M., und H. BRANDES: *Funaria hygrometrica* (Musci) — Proto-nema-Entwicklung. Film E 962 des Inst. Wiss. Film, Göttingen 1965.
- [5] BOPP, M., und H. BRANDES: *Funaria hygrometrica* (Musci) — Entwicklung des Sporophyten. Film E 1544 des Inst. Wiss. Film, Göttingen 1971.
- [6] BOPP, M., und H. BRANDES: Entwicklung des Laubmooses *Funaria hygrometrica* (Musci). Film C 1061 des Inst. Wiss. Film, Göttingen 1971.
- 

### Angaben zum Film

Das Filmdokument wurde 1971 zur Auswertung in Forschung und Hochschulunterricht veröffentlicht. Stummfilm, 16 mm, schwarzweiß, 72 m, 6 ½ min (Vorführgeschw. 24 B/s).

Die Aufnahmen entstanden in den Jahren 1964 bis 1967. Veröffentlichung aus dem Institut für Botanik der Technischen Hochschule Hannover, Prof. Dr. M. BOPP, Dr. H. BRANDES, und dem Institut für den Wissenschaftlichen Film, Göttingen, Dr. H.-K. GALLE, E. HEYSE.

### Inhalt des Films

Der Film zeigt die Entwicklung der Stämmchen des Laubmooses *Funaria hygrometrica*; er beginnt mit der Anlage der Stämmchen als Seitenknospen des Protonemas, die sich im weiteren zu dreizeilig beblätterten Moospflanzen

entwickeln. Entfaltung der Blätter und schraubiges Wachstum der ganzen Stämmchen werden veranschaulicht. In Standaufnahmen stellt der Film dann die Ausbildung von Antheridien und Archegonien dar, bildet Spermatozoide in Bewegung ab und gibt schließlich ein Beispiel für die Entstehung des Sporophyten innerhalb des Archegoniumbauches.

### **Summary of the Film**

The film shows the development of the stalk of the moss *Funaria hygrometrica*. It begins with the stalks appearing as lateral buds of the protonema and their subsequent development into moss plants with three rows of fronds. The fronds and spiral growth of the whole stalks are shown unfolding. In the stills the film then illustrates the formation of antheridia and archegonia, shows spermatozoids in movement and then gives an example of the formation of the sporophyte inside the archegonium belly.

### **Résumé du Film**

Ce film met en lumière le développement des tigelles de la mousse *Funaria hygrometrica*. On voit tout d'abord la disposition des tigelles qui se présentent sous la forme de bourgeons latéraux du Protonéma; ceux-ci se développent en donnant des mousses. Les feuilles s'insèrent sur trois rangs parallèles le long de la tige. On observe le développement des feuilles et la croissance hélicoïdale de l'ensemble de la tige. Le film montre ensuite la formation des anthéridies et des archégonés, reproduit le mouvement des spermatozoïdes et donne finalement un exemple de la formation du sporophyte à l'intérieur de l'urne de l'archégone.