

ENCYCLOPAEDIA CINEMATOGRAFICA

Editor: G. WOLF

E 1544/1971

Funaria hygrometrica (Musci) Entwicklung des Sporophyten

Mit 3 Abbildungen

GÖTTINGEN 1971

INSTITUT FÜR DEN WISSENSCHAFTLICHEN FILM

Film E 1544

Funaria hygrometrica (Musci) **Entwicklung des Sporophyten¹**

M. BOPP, Heidelberg

Allgemeine Vorbemerkungen

Der Film stellt die Entwicklung des Sporogon eines Laubmooses vom Beginn seiner Entwicklung innerhalb des Epigon bis zu seiner Sporenenreife dar. Er schließt unmittelbar an die 2. Enzyklopädieeinheit an. Dargestellt ist das Moos *Funaria hygrometrica*, eine Art, die sehr häufig für experimentelle Untersuchungen verwendet wird. Da die Sporogone ziemlich groß sind und sich verhältnismäßig schnell entwickeln, eignen sie sich viel besser für Experimente als die vieler anderer Moose. Man kann dieses Moos ohne weiteres im Gewächshaus in Töpfen kultivieren, wo die Sporogone bis zur Sporenenreife heranwachsen.

Sporophytenentwicklung

Der Sporophyt der Laubmoose entsteht aus der befruchteten Eizelle. Diese ist in das Archegonium eingeschlossen. Nach der Befruchtung durch ein Spermatozoid beginnt die Entwicklung des Embryo mit einer Teilung senkrecht zur Achse des Archegonium in exoskopischer Anlage. Mit der Vergrößerung des Embryo geht die Vergrößerung des Archegonienbauches einher, so daß der wachsende Embryo völlig im Gametophytengewebe eingeschlossen bleibt. Außer dem Archegonienbauch beteiligt sich auch der oberste Teil des Stämmchens an der Bildung dieser Embryohülle, die man als Epigon bezeichnet.

Wenn das Sporogon eine längliche Spindelform angenommen hat, führt seine weitere Streckung dazu, das Epigongewebe an einer vorgegebenen Stelle durchzureißen. Dadurch entsteht die Kalyptra, die die Spitze des wachsenden Sporogon umhüllt und die Vaginula, in der das Sporogon steckt und von der aus es ernährt wird. Die Kalyptra wird vom

¹ Angaben zum Film und kurzgefaßter Filminhalt (deutsch, englisch, französisch) s. S. 7 u. 8.

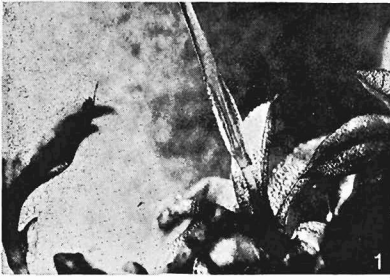


Abb. 1. Sporogon von *Funaria hygrometrica* unmittelbar nach dem Abreißen der Kalyptra

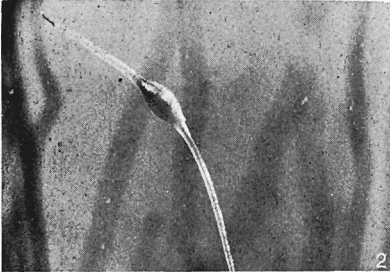


Abb. 2. Sporogon an dem gerade die Kapsel mit der Schwellung beginnt. Sie ist aus dem Kalyptrahals zurückgezogen

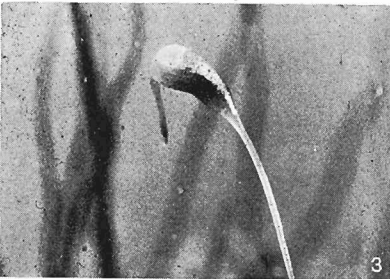


Abb. 3. Nahezu reife Kapsel. Die Kalyptra ist fast abgehoben, die Apophyse ist durchscheinend

wachsenden Sporogon hochgeschoben, sie ist bei *Funaria* in einen eng dem Sporogon anliegenden Hals und einen weiteren Bauch gegliedert. Als dünnes Anhangsgebilde sitzt ihr außerdem der ursprüngliche Archegoniumhals auf.

Das Sporogon besitzt an seiner Spitze eine Scheitelzelle, unter der ein kurzer Bereich von Abkömmlingen dieser Scheitelzelle liegt, die später zur Sporenkapsel werden. An diesen Bereich schließt sich das Setameristem an, das von oben her laufend erneuert wird. Besonders in diesem Setameristem laufen aktive Zellteilungen ab. Die dabei entstehenden Zellen strecken sich, was zur Verlängerung des Sporogonstiels, der Seta, führt. Dem Setameristem liegt die Kalyptra eng an. Durch ihren me-

chanischen Druck wird verhindert, daß die Zellen des Meristems sich außer in der Länge auch in der Breite ausdehnen können. Wenn man die Kalyptra entfernt, verdickt sich die Seta. Die Kalyptra verhindert außerdem auch solche Teilungen des Setameristems, die zur Verdickung führen würden.

Wenn das Sporogon eine bestimmte Länge erreicht hat, wird die Kalyptra plötzlich, wahrscheinlich durch eine geringe Verdickung des Teils unterhalb der Kapsel (der Apophyse), vom Sporogon abgeschoben. Der oberste Teil des Sporogon kommt dadurch bei *Funaria* in den Kalyptra-bauch zu liegen. Dort entwickelt er sich zur Kapsel, die im Zuge ihrer Differenzierung drei Regionen ausbildet: Deckelregion, eigentliche Kapsel und Apophyse. Im eigentlichen Kapselteil liegen die Sporensäcke mit dem Archespor. Die Apophyse besteht aus einem massiven Gewebe und ist damit deutlich von der Kapsel abgesetzt. Sie enthält Spaltöffnungen. Die Deckelregion besitzt eine komplizierte mehrschichtige Struktur. Die oberste Schicht wird bei der Reife abgeworfen. Die darunter liegenden Peristomzähne öffnen sich und entlassen die durch Meiosis aus dem Archespor entstandenen Sporen. Zur Ausschüttung der Sporen tragen sowohl hygroskopische Bewegungen der Peristomzähne als auch, jedenfalls bei *Funaria*, solche der Seta bei.

Zur Entstehung des Films

Objekt: *Funaria hygrometrica* SIBTH. Die Aufnahmen sind durchweg Makroaufnahmen, die an wachsenden, in Blumentöpfen kultivierten, Moosrasen aufgenommen wurden. Die Technik ist ausführlich bei HEYSE [5] beschrieben. Die Hauptschwierigkeit liegt darin, daß es sich um Prozesse handelt, die mehrere Wochen dauern und deshalb mit größter Zeitraffung aufgenommen werden müssen. Dabei verändern die aufgenommenen Objekte dauernd ihre Lage.

Filmbeschreibung¹

Strecken der Seta, Abreißen und Abheben der Kalyptra, Reifen der Sporenkapsel

2 B/h bis 15 B/h

1. Einstellung (Aufn.-Freq. 2 B/h): Moosrasen mit Sporogon.

Viele Sporogone schieben sich aus dem gleichmäßig gewachsenen Moosrasen mit schlängelnden Wachstumsbewegungen hervor. Die Sporogonspitzen einschließlich des Setameristems sind zunächst von der Kalyptra

¹ Die *Kursiv*-Überschrift entspricht dem Zwischentitel im Film.

bedeckt. Erst wenn die Sporogone ihr Längenwachstum eingestellt haben, wird die Kalyptra abgestoßen, was man bei zahlreichen Pflanzen gut erkennen kann. Die anschwellende Kapsel füllt dann den Bauch der Kalyptra aus. Während der Zeit, in der die Sporogone wachsen, verändert sich der Moosrasen selbst nur wenig.

2. Einstellung (Aufn.-Freq. 4 B/h): Reife Sporogone.

Reife Sporogone bewegen sich in Folge von Feuchtigkeitsänderungen ruckartig hin und her. Dies führt zum Abwerfen der den Kapseln seitlich aufsitzenden schon gesprengten Kalyptren.

3. Einstellung (Aufn.-Freq. 8 B/h): Entwicklung zweier Sporogone und Abreißen der Kalyptra.

Bei einem Sporogon ist zum Zeitpunkt des Filmbeginns die Kalyptra schon abgetrennt, beim zweiten sieht man das Durchreißen des Epigon deutlich. Die Kalyptra wird vom wachsenden Sporogon aus dem Bild herausgeschoben. Die Geschwindigkeit des Prozesses kann man daran abschätzen, wie rasch Wassertropfen auf den Blättern des Moosrasens verschwinden.

4. Einstellung (Aufn.-Freq. 15 B/h): Abreißen der Kalyptra.

Im Gegenlicht ist der dicke Kalyptrabauch durchscheinend, man kann deshalb in seinem Innern die Seta erkennen. Durch das Wachstum des jungen Sporogon wird der Kalyptrabauch passiv gedehnt und legt sich dadurch in Längsfalten, bis er schließlich an einem vorgebildeten Ring abreißt. Dabei tritt aus dem gestreckten Kalyptrabauch Wasser aus.

5. Einstellung (Aufn.-Freq. 2 B/h): Wachstum eines Sporogon.

Bei der weiteren Streckung ist der Bauch der Kalyptra engfaltig um das Sporogon geschlossen. Das Wachstum des Sporogon verläuft über längere Zeit vollkommen gleichmäßig und ohne Unterbrechung. Gelegentliches Stehenbleiben ist nur scheinbar und durch das Nachstellen der Kamera bedingt. Da das Wachstum nicht auf allen Flanken gleichzeitig erfolgt, ist die Streckung von einer dauernden schraubigen Drehung des Sporogon begleitet.

Bemerkenswert ist das (im Film) fast schlagartig erfolgende Herausschieben der Sporogonspitze aus der Kalyptra. Sobald die Spitzenregion den Kalyptrabauch erreicht hat, schwillt sie an, bis sie ihn durch weiteres Wachstum sprengt. In diesem Zustand sind Apophyse und Sporenkapselanteil gut zu erkennen.

6. Einstellung (Aufn.-Freq. 2 B/h): Drei Sporogone bei der Kapselreife.

Zunächst verfolgt die Kamera den bisher noch nicht geklärten Vorgang des Herausschiebens der Kapsel aus dem Kalyptrahals, dann das Anschwellen des Kapselanteils und die Ausbildung der Apophyse. Unter der durchscheinenden Kalyptra sieht man den sich differenzierenden An-

nulus, der den Deckel umgibt. Während der Reife trocken die Kapseln ein, so daß Längsrippen hervortreten. Die Kapseln selbst sind stark gekrümmt. Durch Feuchtigkeitsänderungen führen die Seten hygroscopische Bewegungen durch.

7. Einstellung (Aufn.-Freq. 24 B/s): Geöffnete Sporenkapseln.

In einer Standaufnahme werden zum Schluß reife Kapseln mit geöffneten Sporogonzähnen gezeigt.

Literatur und Filmveröffentlichungen

- [1] BOPP, M.: Die Morphogenese der Laubmoose. Biol. Rev. **36** (1961), 487—531.
 - [2] BOPP, M.: Entwicklungsphysiologie der Moose. Handb. Pflanzenphysiol., Springer Berlin-Heidelberg-New York XV/5 (1965), 802—843.
 - [3] BOPP, M.: Die Bedeutung der Kalyptra für die Entwicklung der Laubmoosporogone. Ber. Dtsch. Bot. Ges. **69** (1956), 455—468.
 - [4] GOEBEL, K.: Organographie der Pflanzen II. Teil. Gustav Fischer, Jena.
 - [5] HEYSE, E.: Über Schwierigkeiten bei botanischen Filmaufnahmen am Beispiel von *Funaria hygrometrica*. Research Film **6** (1968), 353—359.
-
- [6] BOPP, M., und H. BRANDES: *Funaria hygrometrica* (Musci) — Protozema-Entwicklung. Film E 962 des Inst. Wiss. Film, Göttingen 1965.
 - [7] BOPP, M., und H. BRANDES: *Funaria hygrometrica* (Musci) — Entwicklung des Moospflänzchens. Film E 1543 des Inst. Wiss. Film, Göttingen 1971.
 - [8] 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, 56 m, 5½ 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 gibt eine Übersicht über die Entwicklung des Sporophyten bei dem Laubmoos *Funaria hygrometrica*. Dabei werden sowohl die gesamte Entwicklung, als auch einige besonders wichtige Einzelprozesse, wie das Ab-

reißen der Kalyptra und das Hinausschieben der Kapsel aus der Kalyptra, zum ersten Male in klaren Bildern gezeigt. Durch die starke Zeitraffung ist es möglich, den gesamten Entwicklungsgang als einen einheitlichen Prozeß zu überblicken.

Summary of the Film

The film gives an overall picture of the development of the sporophyte in the moss *Funaria hygrometrica*. Both the complete development is shown and some of the more important individual processes such as the calyptra being torn off and the capsule being pushed out of the calyptra, this being shown for the first time in clear pictures. By very quick motion it is possible to follow the whole process as if it were a unitary one.

Résumé du Film

Ce film donne un aperçu du développement du sporophyte de la mousse *Funaria hygrometrica*. Pour la première fois, il a été possible, non seulement de saisir en des vues claires et précises, cette évolution dans son ensemble, mais encore d'en isoler certains phénomènes importants, tels que le détachement de la Kalyptra et l'expulsion de la capsule hors de la Kalyptra. Les prises de vues à cadence fortement accélérée permettent de voir l'ensemble du développement comme un processus continu.