

INSTITUT FÜR FILM UND BILD IN WISSENSCHAFT UND UNTERRICHT
HOCHSCHULFILM C 601/1950

Aus dem Botanischen Institut der Universität Münster (Westf.)

Faszikuläre und extrafaszikuläre Wasserleitung

Von

Prof. Dr. S. STRUGGER

(Mit 1 Abbildung)

Göttingen 1953

Druck: Hubert & Co., Göttingen

Faszikuläre und extrafaszikuläre Wasserleitung

Von Prof. Dr. S. STRUGGER

(Mit 1 Abbildung)

In fluoreszenz-mikroskopischen Aufnahmen wird die faszikuläre Wasserleitung bei *Impatiens parviflora* und *Helxine Soleirolii*, die extrafaszikuläre Wasserleitung bei *Helxine Soleirolii* und *Secale cereale* mit Zeitraffung dargestellt. Das aufleuchtende Fluorochrom (oxyppyrentrisulfosaures Natrium), das dem Wasser als Indikator beigelegt ist, macht den Verlauf des Wasserstromes in kontrastreicher Form sichtbar. Die Aufnahmen lassen eindeutig erkennen, daß die extrafaszikuläre Leitung in den submikroskopischen Kapillaren der Zellmembranen verläuft, und beweisen damit die Gültigkeit der Imbibitionstheorie von SACHS.

Der Film ist für den Hochschulunterricht bestimmt. Die Schmalfilmkopie (16 mm-Stummfilm) hat eine Länge von 95 m entsprechend 9 Minuten Vorführdauer bei einer Vorführgeschwindigkeit von 24 B/s.

I. Allgemeine Vorbemerkungen

Die Landpflanze nimmt mit ihrem Wurzelsystem das Wasser und die gelösten mineralischen Nährsalze aus dem Boden auf. Das Sproßsystem gibt mit seiner großen inneren und äußeren Oberfläche durch den Transpirationsvorgang große Mengen Wasserdampf an die Atmosphäre ab. Parallel zur morphologisch ausgeprägten Polarität der Landpflanze muß also der Pflanzenkörper ständig von unten nach oben von einem Wasserstrom durchströmt werden, welcher bis zu den äußersten Organverzweigungen sich erstrecken muß. Diese Fernleitung des Wassers und der darin gelösten Nährsalze muß infolge der starken Transpiration mit relativ großer Geschwindigkeit laufen.

Betrachtet man die Gewebsdifferenzierung einer Landpflanze, so findet man besondere bündelartige Gewebelemente, welche der

Erfüllung dieser Fernleitungsfunktion besonders angepaßt sind. Es handelt sich um die Leitbündel. Im Holzteil (Xylem) der Leitbündel sind mikroskopisch kleine Wasserleitungsröhren durch eine Fusion von Zellen entstanden, welche in ihrem Lumen genau so wie in einem technischen Röhrensystem den Wasserstrom zu leiten vermögen. Die Fernleitungskomponente wird, da sie in den Leitbündeln durchgeführt wird, faszikuläre Komponente der Wasserbewegung im Pflanzenkörper genannt. Sie beschränkt sich also nur auf den Verlauf der anatomisch nachweisbaren Leitbündelzüge.

Zur Sichtbarmachung der Wasserbewegung im Pflanzenkörper verwendet man schon seit dem klassischen Zeitalter der Pflanzenphysiologie Farbstoffe (MAGNOL [4]¹), BONNET [1], DUHAMEL DU MONCEAU [2], SACHS [5], STRASBURGER [6]). Normale Farben, sogenannte Diachrome, werden der Pflanze an Schnittflächen geboten, so daß sich die Gefäße in den Leitbündeln mit einem gefärbten Wasserstrom füllen und dadurch der Wasseranstieg unmittelbar beobachtet werden kann.

Infolge der grünen Eigenfärbung der oberirdischen Pflanzenorgane sind jedoch Diachrome als optische Indikatoren für die faszikuläre Wasserbewegung nicht sehr geeignet. Daher wurde durch STRUGGER [7] [8] [9] [10] [11] eine neue Gruppe von Farbstoffen für derartige Experimente herangezogen, welche optisch empfindlicher und kontrastreicher nachweisbar sind. Eine solche Farbstoffgruppe stellen die Fluoreszenz-Farbstoffe dar (Fluorochrome). Diese Fluorochrome lassen sich bereits in relativ geringer Konzentration bei Beleuchtung mit möglichst kurzwelligem Licht in kontrastreicher Form beobachten.

Die Auswahl geeigneter Fluorochrome muß dabei nach bestimmten Gesichtspunkten erfolgen. Basische, elektropositive Fluorochrome sind als optische Indikatoren für die Wasserbewegung in den Gefäßen nicht geeignet, da die fluoreszierenden Farbkationen von den elektronegativ geladenen Membranen adsorptiv weggespeichert werden. Dadurch würde eine scheinbare Verlangsamung der Wasserströmung im Experiment eintreten. Nur saure, elektronegativ geladene Fluorochrome lassen die reelle Geschwindigkeit beobachten, da infolge der gleichen Ladung der fluoreszierenden Anionen und der Gefäßmembranen die Elektroadsorption des

¹) Siehe Literaturverzeichnis am Ende des Textes.

optischen Indikators unterbleibt. Aus diesem Grunde wurde bei den Filmaufnahmen das saure Fluorochrom 3-oxy-5, 8, 10-pyren-trisulfosaures Natrium als optischer Indikator für die Wasserströmung gewählt. Dieses Fluorochrom zeigt außerdem noch eine so starke Fluoreszenz, daß bestimmte Aufnahmen durch die Heranziehung dieses Indikators überhaupt erst ermöglicht wurden.

Die Beobachtung der Wasserbewegung erfolgt unter dem Fluoreszenz-Mikroskop im Auflicht. Bei Beleuchtung mit kurzwelligem Licht wird der Verlauf der Wasserströmung in eindrucksvoller Form sichtbar; das Fluorochrom leuchtet in heller Fluoreszenzfarbe auf, während die Pflanze selbst nur eine schwach rote Eigenfluoreszenz aufweist. Ein geeignetes, in den Strahlengang des Mikroskops eingeschaltetes Sperrfilter sorgt dafür, daß reflektierte Anteile des eingestrahnten Lichts unterdrückt werden und nur das Fluoreszenzbild sichtbar ist.

Naturgemäß ist das Fluoreszenzbild, das sich mit der normalen für direkte Beobachtung bestimmten Apparatur erzeugen läßt, sehr lichtschwach; seine Helligkeit ist bei weitem zu gering, um ausreichend belichtete Filmaufnahmen der erforderlichen Bildfrequenz zu erhalten. Eine Steigerung der Beleuchtungsintensität ist wegen der Empfindlichkeit des lebenden Gewebes nur in mäßigen Grenzen zulässig. Insbesondere wirken ultraviolette Strahlen, die an sich als energiereichster Anteil des Lichtes die stärkste Fluoreszenz hervorrufen, außerordentlich schädigend auf das lebende pflanzliche Gewebe, so daß die Zellen sehr bald absterben. Dies prägt sich darin aus, daß die für das lebende Gewebe typische rote Eigenfluoreszenz alsbald verblaßt und in eine grünliche Fluoreszenz umschlägt; gleichzeitig kommt der Transpirationsstrom und damit die Farbstoffwanderung zum Stillstand, der Farbstoff diffundiert in das Plasma und in die Kerne der absterbenden Zellen. Auch durch intensive Strahlung im sichtbaren Blau tritt gelegentlich noch eine Schädigung ein. Infolgedessen muß durch strenge Filterung dafür Sorge getragen werden, daß die ultraviolette Strahlung vollständig unterdrückt und auch die Helligkeit des Blau-Lichtes so weit als nötig herabgemindert wird, damit die Lebensfähigkeit der Pflanze für die gesamte Dauer des Experiments voll erhalten bleibt. Nur dann ist die Gewähr dafür gegeben, daß der Transpirationsstrom in seinem normalen Verlauf sichtbar gemacht wird.

Für die Herstellung des Films war es deshalb Voraussetzung, eine fluoreszenz-mikroskopische Aufnahmeanordnung zu entwickeln, die eine genügend lichtstarke Abbildung ermöglicht. Als Lichtquelle konnte eine Quecksilber-Höchstdrucklampe 200 Watt (OSRAM HBO 200), deren Licht durch ein oder zwei Blau-Filter BG 12/2 mm (SCHOTT) sowie eine Küvette mit Kupfersulfatlösung (1%) gefiltert wurde, mit gutem Erfolg verwendet werden. Soweit erforderlich, wurde noch ein zusätzliches Filter zur Abschwächung des kurzwelligen Blau benutzt. Ferner wurde zur weiteren Schonung des Objekts die Beleuchtung während der Schaltzeiten des Filmtransports durch einen rotierenden Sektor unterbrochen.

Im Strahlengang der Aufnahmeanordnung wurden zur Erzielung der notwendigen hohen Lichtausbeute möglichst lichtstarke optische Elemente verwendet und besonders darauf geachtet, daß jeder unnötige Lichtverlust vermieden wurde. Die Beleuchtung erfolgte über einen speziellen lichtstarken Vertikalilluminator; der normale mikroskopische Epikondensor erwies sich als ungeeignet. Zur mikroskopischen Abbildung wurden Mikroobjektive hoher Apertur herangezogen. Für Aufnahmen mit schwacher Vergrößerung diente ein lichtstarkes Fotoobjektiv. Als Sperrfilter wurde in den Abbildungsstrahlengang ein Orange-Filter OG 5/1 mm (SCHOTT) eingeschaltet. Die Aufnahmen erfolgten auf 16 mm-Schmalfilm (Filmmaterial: GEVAERT Hyperrapid) mit einer für Mikro-Zeitrafferaufnahmen umgebauten AGFA-Kamera.

II. Erläuterungen zum Film

Faszikuläre Leitung des Wassers im Blatt von Impatiens parviflora¹⁾

Ein jüngeres Blatt von *Impatiens parviflora* wurde mit dem Blattstiel durch einen Rasiermesserschnitt von der Sproßachse abgetrennt und die Schnittfläche sofort in ein kleines Gefäß mit Wasser eingestellt. Das Blatt wurde, mit der Oberseite dem Objektiv zugekehrt, sorgfältig zwischen zwei Glasplatten ausgebreitet und die obere Hälfte des Blattes in das Blickfeld eingestellt. Dann wurde das Wassergefäß mit einem Gefäß ausgetauscht, in welchem eine Lösung von oxyppyrentrisulfosaurem Natrium im Verhältnis 1:50 bis 1:100 in Leitungswasser enthalten war, so daß die Leitbündel an der Schnittfläche die stark fluoreszierende Lösung aufsaugen konnten. Dann wurde mit den Filmaufnahmen begonnen.

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

Zunächst ist der Farbstoff noch nicht in das Gesichtsfeld eingetreten. Das Blatt erscheint daher nur infolge der schwach roten Chlorophyll-Fluoreszenz mattgrau und ist lediglich in seinen Umrißformen sichtbar. Bald aber schießt in dem Mittelnerv des Blattes mit großer Geschwindigkeit der fluoreszierende Wasserstrom hoch. Die Aufnahme zeigt anschaulich die Ausbreitung und gesetzmäßige Verteilung des Wasserstromes in der Blattnervatur. Bis zu den letzten Nervaturenden werden alle Leitbündel mit erstaunlicher Geschwindigkeit durchströmt. Die durchschnittliche Geschwindigkeit im *Impatiens*blatt beträgt 20—40 Meter in der Stunde. (Aufnahmedauer 7 Minuten; Aufnahme mit $2\frac{2}{3}$ Bildern pro Sekunde, d.h. Zeitraffung auf $\frac{1}{9}$ ¹⁾.)

Dieser Versuch wird bei der gleichen Anordnung zum zweiten Mal gezeigt. Hier ist die Blatttranspiration etwas eingeschränkt, so daß die Geschwindigkeit der faszikulären Wasserbewegung gegenüber der ersten Aufnahme wesentlich herabgesetzt ist. Man kann auch beobachten, wie in verschiedenen Blattbezirken die Durchströmungsgeschwindigkeit verschieden sein kann. Erfahrungsgemäß hängen solche Arealunterschiede mit dem verschiedenen Öffnungszustand der Stomata in den einzelnen Blattbezirken zusammen. (Aufnahmedauer 10 Minuten; Zeitraffung auf $\frac{1}{9}$.)

Nach Beendigung der faszikulären Durchströmung der Blattnervatur muß der Wasserstrom die Leitbündel verlassen und seinen Weg durch das Parenchymgewebe des Blattmesophylls nehmen, da jede lebende Zelle des Blattes mit Wasser und Nährsalzen versorgt werden soll. Schon bei der übersichtlichen Betrachtung des *Impatiens*blattes fällt bei der Wiederholung dieses Versuchs in das Auge, daß in solchen Blattarealen, in denen die faszikuläre Durchströmung sehr gefördert war, der fluoreszierende Wasserstrom die Leitbündel in den Blattarealen verläßt und sich links und rechts von der Nervatur allmählich im Parenchymgewebe ausbreitet. Diese Wasserleitungs-komponente wird als extrafaszikuläre Komponente bezeichnet. Sie ist physiologisch außerordentlich wichtig, da nur auf extrafaszikulärem Wege das lebende Zellmaterial des Blattes mit Wasser und Nährsalzen versorgt werden kann. Eine Andeutung der extra-

¹⁾ Die angegebene Zeitraffung gilt für die normale Vorführ-geschwindigkeit von 24 B/s. Die Vorführdauer dieser Aufnahme beträgt dann also 47 Sekunden.

faszikulären Ausbreitung ist bereits in der zweiten Bildfolge bei aufmerksamer Beobachtung zu bemerken.

Faszikuläre Leitung im Sproß von Helxine Soleirolii

In den folgenden Laufbildern wird die faszikuläre Durchströmung eines beblätterten Sproßsystems von *Helxine Soleirolii* demonstriert. *Helxine Soleirolii* ist eine zarte Urticacee, welche auf feuchten Standorten Korsikas heimisch ist. Sie hat glasklare Sproßachsen, welche wechselständig zweizeilig beblättert sind. Die Blattflächen liegen dabei in einer Ebene, so daß dieses Sproßsystem sich besonders gut abbilden läßt.

Auch hier wurde ein sorgfältig ausgewählter Sproß zunächst von der Pflanze mit dem Rasiermesser abgetrennt und in ein kleines, einseitig zugeschmolzenes Glasröhrchen in Wasser eingestellt. Dann wurde dieser Sproß mit der Blattunterseite nach oben zwischen zwei Glasplatten ausgebreitet, was den Vorteil mit sich brachte, daß diese stark transpirierende Pflanze in ihrer Wasserdampf-abgabe etwas eingeschränkt wurde. Nachdem im Übersichtsfeld der Sproß ins Bildfeld eingestellt war, erfolgte der Wechsel des Wasserversorgungsgefäßes, indem an Stelle von Wasser eine konzentrierte Lösung von oxypyrentrisulfosaurem Natrium plötzlich der Schnittfläche geboten wurde. Dann wurde mit den Film-aufnahmen begonnen.

Auch hier ist die faszikuläre Wasserleitung in der Sproßachse durch das ganze Sproßsystem hindurch zu verfolgen. In dem Blattstiel strömt der Wasserstrom durch die Leitbündel in die Nervatur der Blätter ein, wo auf Grund der morphologisch festgelegten Leitungsbahnen eine regelmäßige Verteilung der Wasserversorgung gewährleistet ist.

Nachdem alle Leitbündel mit dem fluoreszierenden Wasserstrom erfüllt sind, ist in den Blattarealen, wo die Leitbündelendigungen zu beobachten sind, der Beginn der extrafaszikulären Ausbreitung des Wasserstromes im Mesophyll deutlich zu erkennen. Die ursprünglich schmalen und scharf ausgeprägten Leuchtfäden, welche vom Gefäßinhalt stammen, scheinen sich bei dieser übersichtlichen Vergrößerung allmählich zu verbreitern, ohne daß einzelne Details infolge ihrer Kleinheit sichtbar werden. (Aufnahmedauer $5\frac{2}{3}$ und 5 Min.; Aufnahme mit $2\frac{2}{3}$ bzw. $5\frac{1}{3}$ B/s, d. h. Zeitraffung auf $1\frac{1}{9}$ bzw. $2\frac{2}{9}$.)

*Faszikuläre und extrafaszikuläre Leitung im Blatt von
Helxine Soleirolii*

In dieser Aufnahme wird derselbe Versuch unter gleichen technischen Bedingungen an einem Blatt von *Helxine Soleirolii* bei übersichtlicher, schwacher Vergrößerung gezeigt. Zu Beginn füllt sich das Nervensystem des Blattes auf faszikulärem Wege mit dem fluoreszierenden Wasserstrom. Scharf heben sich die gefüllten Lumina der Leitungsbahnen in Form von Leuchtfäden vom dunkleren Untergrund ab. Die extrafaszikuläre Ausbreitung, d.h. der Austritt des Wassers aus den Gefäßen in das umgebende Parenchymgewebe, setzt sofort nach der Gefäßfüllung ein. Die ursprünglich scharf konturierten, gefüllten Gefäßlumina werden unscharf, und man kann zu beiden Seiten der Nerven eine Ausbreitung des Fluoreszenzindikators im Gewebe beobachten. Schon bei dieser Vergrößerung ist zu erkennen, daß diese Ausbreitung nicht diffus erfolgt, sondern an das Membransystem der Parenchymzellen gebunden ist. Durch diese Aufnahme ist also die faszikuläre und extrafaszikuläre Komponente der Wasserbewegung im Pflanzenkörper klar gezeigt (STRUGGER [7] [8] [9] [10]). (Aufnahmedauer $9\frac{3}{4}$ Min.: Zeitraffung auf $\frac{1}{9}$.)

*Extrafaszikuläre Leitung in den Zellmembranen
(Helxine Soleirolii)*

Die nächsten Bildfolgen bringen eine Analyse der extrafaszikulären Wasserbewegung im Blatt von *Helxine Soleirolii* bei stärkerer Vergrößerung.

Die Versuchsanordnung ist dieselbe geblieben, nur wurde unter Verwendung stärkerer Objektive ein kleiner Teil der Blattunterseite im Fluoreszenz-Mikroskop aufgenommen. Man beobachtet also lediglich die Epidermis. Vom darunter liegenden Gewebe ist nur ein undeutliches Bild zu erkennen.

Zu Beginn der Bildreihe ist infolge der schwachroten Chlorophyllfluoreszenz nur ein grauer Schimmer vom Gewebe beobachtbar. Dann strömt der fluoreszierende Wasserstrom in die feinen Blattnerven ein. Die Füllung der Gefäßlumina schimmert hell leuchtend durch das Zellgewebe hindurch. Die sofort einsetzende extrafaszikuläre Ausbreitung verläuft eindeutig in den Zellulose-

membranen der Parenchymzellen. In kurzer Zeit wird das oberflächliche Membransystem der nervnahen Epidermiszellen erreicht, so daß das Mosaik der Epidermiszellen infolge der Fluoreszenz ihrer Membranen scharf zum Vorschein kommt. Nicht nur eine Ausbreitung von unten nach oben ist auf diese Weise nachweisbar, sondern auch eine Ausbreitung zu beiden Seiten der Nervatur, welche sich im Verlauf des Vorganges über das gesamte nervfreie Blattgewebe erstreckt. So kann also demonstriert werden, daß auch Zellen, welche in weiterer Distanz von den Leitbündeln liegen, in relativ kurzer Zeit auf dem Wege über das Membransystem mit Wasser und mit gelösten Substanzen versorgt werden können.

Der fluoreszierende Farbstoff ist in diesen Experimenten eine relativ großmolekulare Modellsubstanz für den Transport gelöster Stoffe im Parenchymgewebe. Die Ausbreitung des Wassers in den Zellmembranen des Parenchyms erfolgt durch ein submikroskopisches Kapillarsystem, welches in planmäßiger Orientierung die Membranen der Parenchymzellen durchsetzt. Dieses Kapillarsystem wurde durch röntgenanalytische Untersuchungen von Zellmembranen durch FREY-WYSSLING [3] entdeckt. Seine Messungen ergaben einen Durchmesser von 100 Å-Einheiten. Damit ist die Gültigkeit der seinerzeit abgelehnten Imbibitionstheorie von SACHS [5] für die extrafaszikuläre Komponente der Wasserbewegung im Pflanzenkörper direkt unter Beweis gestellt.

Der gleiche Vorgang wird nacheinander bei verschiedener Vergrößerung gezeigt. Es ist besonders darauf hinzuweisen, daß die Farbstoffansammlung in den oberflächlichen, epidermalen Membransystemen nicht homogen ist. Diejenigen Orte, an denen die kutikuläre Transpiration besonders gesteigert ist, zeigen eine dementsprechend starke Ansammlung des Fluorochroms an den Stellen, wo Wasserdampf in verstärktem Maße abgegeben wird. Solche Stellen sind folgende:

1. Die Orte, an denen die Antiklinen an die Oberflächenmembranen der Epidermis anstoßen.
2. Die basalen Membranteile der zahlreichen Gernskrückenhaare.
3. Die basalen Membranteile der großen, nervständigen Deckhaare.

(Aufnahmedauer 23, 15 und $14\frac{1}{3}$ Min.; Zeitraffung auf $\frac{1}{36}$.)

Extrafaszikuläre Leitung in den Zellmembranen
(*Secale cereale*)

In dieser Bildfolge wird in zwei Abläufen die extrafaszikuläre Ausbreitung des Wasserstromes im Blatt von *Secale cereale* gezeigt (STRUGGER [11]). Das Roggenblatt wird hier während der Einströmung des Fluorochroms von der Blattoberseite aus im Fluoreszenz-Mikroskop beobachtet. Es sind also nur die epidermalen Teile des Blattes sichtbar.

Infolge des derben Aufbaues des Gräserblattes ist von der faszikulären Einleitung in der Parallelnervatur fast nichts zu sehen. Höchstens ein diffuses Aufleuchten im Inneren macht sich bemerk-

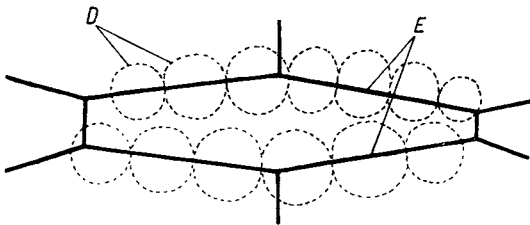


Abb. 1. Zellstruktur im Blatt von *Secale cereale*
E: Epidermiszellenantiklinen, D: Palisadenzellen

bar. Die extrafaszikuläre Ausbreitung geht wiederum in den Membransystemen der Mesophyllzellen vor sich; auch davon ist in der Filmaufnahme nichts zu beobachten. Lediglich die Ankunft des fluoreszierenden Wasserstromes in den Epidermiszellen ist hier analysiert.

Plötzlich beginnen die Antiklinmembranen der längs gestreckten Epidermiszellen aufzuleuchten. Sie leuchten aber nur dort homogen auf, wo keine typischen Palisaden darunter gelagert sind. Dort, wo Palisadenzellen an die Epidermiszellen heranreichen, tritt das Aufleuchten in den Epidermisantiklinen fleckenweise auf. Erst später werden diese Fleckenzeichnungen ausgeglichen und undeutlich. (Aufnahmedauer 25 und 35 Min.; Aufnahme mit 20 B/Min., d.h. Zeitraffung auf $\frac{1}{72}$.)

Aus Abb. 1 ist die anatomische Situation im Roggenblatt zu entnehmen. Die in der Querrichtung des Blattes gestreckten, zylinderförmigen Palisadenzellen *D* stoßen direkt an die in der Längsrichtung gestreckten Epidermiszellenantiklinen *E* paarweise an.

Erfolgt die extrafaszikuläre Ausbreitung des Wasserstromes vom Gefäß bis zur transpirierenden Oberfläche des Blattes zunächst auf kürzestem Wege durch die submikroskopischen Kapillarsysteme der Zellmembranen, so muß eine Durchströmung der Zellmembranen der säulenförmigen Palisadenzellen eintreten, und dort, wo die Palisadenlängsmembranen paarweise an die Epidermisantiklinen anstoßen, muß in den Epidermisantiklinen ein fluoreszierender Fleck entstehen. Dieses Phänomen tritt im Gramineenblatt deutlich in Erscheinung. Damit ist die extrafaszikuläre Wasserleitung in den Membransystemen des Mesophylls auch auf anatomischer Basis zu belegen.

Literatur

1. BONNET, CH., Recherches sur l'usage des feuilles dans les plantes. 1754.
2. DUHAMEL DU MONCEAU, H. L., La physique des arbres. 1758.
3. FREY-WYSSLING, A., Röntgenometrische Verneisung der submikroskopischen Räume in Gerüstsubstanzen. Protoplasma 27 (1937), S. 372.
4. MAGNOL, P., Histoire de l'Academie des Sciences de Paris. 1709.
5. SACHS, J., Handbuch der Experimentalphysiologie der Pflanzen. Leipzig 1865.
6. STRASBURGER, E., Über den Bau und die Verrichtungen der Leitungsbahnen in den Pflanzen. Jena 1891.
7. STRUGGER, S., Fluoreszenzmikroskopische Untersuchungen über die Speicherung und Wanderung des Fluoreszeinkaliums in pflanzlichen Geweben. Flora 132 (1938), S. 253.
8. STRUGGER, S., Die lumineszenzmikroskopische Analyse des Transpirationsstromes in Parenchymen. — 1. Die Methode und die ersten Beobachtungen. Flora 133 (1938), S. 56.
9. STRUGGER, S., Die lumineszenzmikroskopische Analyse des Transpirationsstromes in Parenchymen. — 2. Die Eigenschaften des Berberinsulfates und die Speicherung durch die Zelle. Biol. Zbl. 59 (1939), S. 274.
10. STRUGGER, S., Die lumineszenzmikroskopische Analyse des Transpirationsstromes in Parenchymen. — 3. Untersuchungen an *Helxine Soleirolii*. Biol. Zbl. 59 (1939), S. 409.
11. STRUGGER, S., Studien über den Transpirationsstrom im Blatt von *Secale cereale* und *Triticum vulgare*. Z. Bot. 35 (1940), S. 97.

(Eingegangen am 21. 10. 1950)

Die Herstellung des Films erfolgte im Jahre 1950
durch das
Institut für Film und Bild in Wissenschaft und Unterricht
Abteilung Hochschule und Forschung, Göttingen (Dir.: Dr.-Ing. (i. WOLF)
Sachbearbeitung: G. BEKOW — Aufnahme: E. HEYSE