

schen Rhythmus ihres phototaktischen Reaktionsvermögens (POHL, 1948); der Versuch gelingt am besten in der Zeit zwischen 10 und 17 Uhr, wenn die Algen im normalen Licht-Dunkel-Wechsel angezogen wurden.

Die phototaktische Ansammlung beruht bei dieser Versuchsanordnung nicht wie bei den in den Versuchen 84—87 untersuchten Taxien auf einem „phobischen“ (Erklärung bei Versuch 84), sondern auf einem „topischen“ Reaktionsmechanismus. Die *Euglenen* sind wie viele Flagellaten und Schwärmer in der Lage, die Lichtrichtung zu perzipieren und ihre Bewegung unmittelbar danach zu orientieren; sie sind aber außerdem meist auch zu Schreckreaktionen befähigt. Ob die Topotaxis dadurch zustande kommt, daß das Basalkorn der Geißel bei der Rotation der Zelle um ihre Längsachse durch den „Augenfleck“ periodisch beschattet wird, ist noch nicht endgültig geklärt; Phobo- und Topotaxis scheinen in den untersuchten Fällen durch 2 getrennte Reizaufnahmesysteme gesteuert zu werden.

Literatur

BUDER, J.: Jb. wiss. Bot. **58**, 105—220 (1917).

HAUPT, W.: Handbuch der Pflanzenphysiologie. Bd. XVII/1, S. 318—370. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1959.

POHL, R.: Z. Naturforsch. **3b**, 367—374 (1948).

Anhang

A. Anzucht von Versuchspflanzen

1. *Helianthus*-Keimpflanzen

Zeitbedarf: 6 Tage.

Körner von *Helianthus annuus* (Sonnenblume) werden nach etwa gleicher Größe ausgelesen und in großen Petrischalen auf feuchtem Filtrierpapier zum Keimen ausgelegt. Die Schalen bleiben 24 Std bei Zimmertemperatur und werden anschließend 12 Std in einen Thermostaten bei 28° gestellt. Körner, die nach dieser Zeit eine aus der Schale hervorbrechende Keimwurzel zeigen, werden in kleine, mit Gartenerde gefüllte runde Glas- oder Kunststoffgefäße (Höhe 40 mm, Durchmesser 20 mm) eingepflanzt. Die weitere Anzucht erfolgt in einem temperaturkonstanten Raum (20—22°) bei etwa 70% relativer Luftfeuchtigkeit und künstlicher Beleuchtung mit Leuchtstoffröhren (z. B. Osram, Lichtfarbe 21; Philips, Lichtfarbe 29 oder 32); die Lichtintensität in der Höhe der Pflanzen soll 3000—5000 Lux betragen, die Licht-Dunkel-Periode 14 : 10 Std. Die Erde muß regelmäßig gegossen werden, soll aber nicht zu naß sein. 6 Tage nach der Aussaat haben die Keimpflanzen ein etwa 50 mm langes Hypokotyl entwickelt und können zu den Versuchen verwendet werden.

2. *Avena*-Koleoptilen

Zeitbedarf: 4—5 Tage.

Zur Erzielung möglichst gleichmäßiger Versuchsergebnisse empfiehlt es sich, immer die gleiche Hafersorte zu verwenden. Bewährt haben sich verschiedene Hochzuchtrassen, z. B. Siegeshafer I und II aus Svalöf, Flämings Gold usw.

Je 3 Körner werden in runde Glas- oder Kunststoffgefäße (40 mm hoch, 20 mm weit) mit feuchtem Sägemehl eingepflanzt; das Sägemehl soll nicht zu naß sein, da sonst die Körner verschimmeln. Die Gefäße kommen in einen Thermostaten bei 25° und möglichst hoher Luftfeuchtigkeit. Nach dem Heraustreten der Koleoptilen (meist nach 60—72 Std) werden die Pflanzen 2 Stunden mit Rotlicht (z. B. Leuchtstoffröhren Philips TL 40 W/15, A 032) bestrahlt, um ein Auswachsen des Mesokotyls zu verhindern. Danach verbleiben die Keimlinge wieder im Dunkelbrutschrank, bis sie die gewünschte Länge erreicht haben. Von den Koleoptilen in jedem Kulturgefäß wird die geeignetste (etwa 25 mm lang, völlig gerade, das Primärblatt soll die Koleoptile nicht ganz ausfüllen) verwendet, die beiden anderen werden abgeschnitten.

3. Mais-Koleoptilen

Zeitbedarf: 4—5 Tage.

Körner einer Hochzuchtrasse von *Zea mays* werden etwa 1 Tag lang in schwach fließendem Leitungswasser gequollen. Dann werden sie in Tonschalen mit feuchtem Sägemehl oder feinen Sägespänen ausgelegt; das Sägemehl soll nicht zu naß sein, da sonst die Körner verschimmeln. Die Schalen stellt man in einen Dunkelthermostaten bei etwa 25° C und möglichst hoher Luftfeuchtigkeit. Die jungen Pflanzen werden täglich etwa 1 Std lang mit Rotlicht (z. B. Leuchtstoffröhren Philips TL 40 W/15, A 032) bestrahlt, um ein zu starkes Auswachsen des Mesokotyls zu verhindern. Nach 3—4 Tagen im Brutschrank haben die Koleoptilen die gewünschte Länge von 3—4 cm erreicht.

4. Junge *Phaseolus*-Pflanzen

Zeitbedarf: 2—3 Wochen.

Um möglichst gleichmäßige Versuchspflanzen zur Verfügung zu haben, empfiehlt es sich, eine Hochzuchtrasse (reine Linie) von *Phaseolus multiflorus* (Feuerbohne) zu verwenden. Die Samen werden über Nacht in Leitungswasser eingequollen und dann einzeln mit dem „Nabel“ nach unten in Tontöpfchen (Durchm. 8—10 cm) mit Gartenerde eingesetzt. Man stellt die Töpfe am besten in ein warmes, helles Gewächshaus oder in einen An-

zuchtraum mit heller Beleuchtung und hält die Erde immer gut feucht aber nicht zu naß. Will man Pflanzen mit möglichst gleichmäßigen Primärblättern erzielen (für Blattbewegungsversuche), so schneidet man die Gipfelknospe nach der Entfaltung der Primärblätter (10—14 Tage nach dem Auspflanzen) ab und entfernt auch laufend die austreibenden Achselknospen. Nach 2—3 Wochen sind die Primärblätter ausgewachsen und können dann 1—2 Wochen lang zu Versuchen verwendet werden.

5. *Pilobolus*

Zeitbedarf: 6—10 Tage.

a) Frischer Pferdemist wird in kleinen Portionen auf einigen Petrischalen (Durchmesser 5—6 cm) verteilt. Über die Schalen stülpt man eine mit nassem Filterpapier ausgekleidete Glasglocke und läßt sie bei etwa 25° in diffusem Licht stehen. Durch Begießen mit dest. Wasser (in Glasgefäßen destilliert) wird das Substrat feucht gehalten. Nach 6—8 Tagen hat sich auf den Kulturen eine genügende Anzahl reifer Sporangien entwickelt.

b) An Stelle von Pferdemist kann auch ein Nährboden von folgender Zusammensetzung verwendet werden:

0,45% Ammoniumacetat	0,2% Stärke
0,2% Biomalz	2,0% Agar

Zum Ansetzen wird „Mais-Wasser“ verwendet, das man folgendermaßen herstellt: Etwa 30 g Maisschrot werden mit 1 l dest. Wasser (in Glasgefäßen destilliert) übergossen und gut umgeschüttelt; nach 6—12stündigem Stehen wird das Wasser abgegossen und filtriert.

Der Nährboden wird dann sterilisiert und unter sterilen Bedingungen in Petrischalen (Durchmesser 5—6 cm) so ausgegossen, daß die Schalen bis etwa 5 mm unter ihrem Rand gefüllt sind. Nach dem Abkühlen beimpft man das Substrat mit Mycelstückchen oder mit steril aufgefangenen Sporangien und stellt die Platten bei etwa 25° in diffusem Licht auf.

6. *Mougeotia*

Die Algen werden am zweckmäßigsten in Petrischalen (Durchmesser 9 cm) kultiviert. Jede Schale wird mit 10—15 ml Nährlösung beschickt, die alle 2—3 Tage erneuert werden muß. Als Nährmedium kann man filtriertes Standortswasser (Teichwasser) verwenden.

Noch besser bewährt hat sich die folgende Lösung (nach MÜLLER, vgl. SCHÖNBOHM, Z. Bot. 51, 233—276 [1963]):

200 g trockene Lauberde werden mit 750 ml aqua bidest. innerhalb von 48 Std 3mal autoklaviert. Nach dem Filtrieren werden 50 ml des Filtrats mit aqua bidest. auf 1000 ml aufgefüllt und je Liter 50 mg Na_2HPO_4 und 50 mg NaNO_3 zugesetzt.

Die Anzucht soll unter möglichst konstanten Licht- und Temperaturbedingungen erfolgen; als günstig hat sich eine Temperatur von 20—22° und eine Belichtung von täglich 14 h mit Glühlampenlicht von etwa 100 Lux erwiesen.

7. *Pseudomonas*-Arten

Zeitbedarf: Mehrere Stunden.

In 100 ml-Erlenmeyerkolben werden 30 ml Nährlösung folgender Zusammensetzung eingefüllt:

0,3% Hefeextrakt, 0,5% Pepton, 0,3% Glucose, 0,1% K_2HPO_4 , 0,1% NaCl.

Den pH-Wert stellt man vor dem Sterilisieren mit verdünnter NaOH bzw. HCl auf etwa 7,2 ein und autoklaviert die Kolben dann 20 min lang. Bebrütet wird bei etwa 25° C; die Bakterien befinden sich etwa 2—5 Std nach dem Animpfen in ihrer logarithmischen Wachstumsphase.

8. *Rhodospirillum rubrum*

Zeitbedarf: Mehrere Tage.

Eine 1%ige Lösung von Hefeextrakt in Leitungswasser (kupferfrei) wird aufgekocht, filtriert und in Flaschen (Inhalt etwa 250 ml) mit Schliffstopfen oder dicht schließendem Schraubdeckel eingefüllt. Die Flaschen werden zunächst mit Wattestopfen verschlossen und dann autoklaviert oder an 2 aufeinanderfolgenden Tagen in strömendem Dampf sterilisiert. Die Schliffstopfen oder Schraubdeckel müssen mitsterilisiert werden (eingepackt in Papier oder Aluminiumfolie), außerdem weitere 50 ml Nährlösung in einem Erlenmeyerkolben. Nach dem Abkühlen werden die Flaschen beimpft und dann bis zum Rand mit Nährlösung gefüllt; schließlich wird der Schliffstopfen oder Schraubdeckel möglichst luftblasenfrei aufgesetzt (Sicherung weitgehend anaerober Bedingungen!). Die Kulturen stellt man in etwa 20 cm Abstand um eine Glühbirne auf; nach mehreren Tagen haben sich gut bewegliche Spirillen in genügender Menge entwickelt (mikroskopische Kontrolle!)

9. *Euglena*

Zeitbedarf: 2—3 Wochen.

3—4 Stückchen (etwa je 1 ccm) Emmentaler Käse werden in ein Becherglas (etwa 400 ml, breite Form) gelegt und bis zur halben Höhe des Glases mit gewaschenem Sand bedeckt. Dann wird das Glas bis 2 cm unter den Rand mit abgestandenem Leitungswasser gefüllt und einige Zeit im kochen-

den Wasserbad erhitzt. Nach dem Abkühlen wird das Becherglas mit einer Roh- oder Reinkultur von *Euglena gracilis* oder *viridis* beimpft und ohne Deckel in diffusem Licht (Nordfenster, Anzuchtraum) aufgestellt. Im Laufe von 2—3 Wochen hat sich eine dichte Suspension von lebhaft beweglichen Zellen entwickelt. Das verdunstete Wasser muß in regelmäßigen Abständen ersetzt werden; außerdem empfiehlt es sich, eine meist auftretende Kahlhaut gelegentlich zu entfernen.

Will man die *Euglena*-Kultur über längere Zeit weiterziehen, so muß der Ansatz mindestens alle 3 Wochen erneuert werden, da sich sonst die immer vorhandenen Bakterien zu stark vermehren; als Impfmateriale verwendet man dabei die alte Zellsuspension.

B. Herstellung von grünem Sicherheitslicht

Phototropische Krümmungen werden unmittelbar nur durch den violetten und blauen Anteil des Lichts ausgelöst. Zur Dunkelkammerbeleuchtung wurde deshalb bisher meist das tropistisch unwirksame Rotlicht verwendet. In den letzten Jahren durchgeführte Untersuchungen haben jedoch gezeigt, daß rotes Licht zwar keine Krümmungen induziert, daß es aber das Ausmaß der Bewegungsreaktionen merklich beeinflusst; diese Wirkung beschränkt sich nicht nur auf den Phototropismus, sie konnte z. B. auch beim Geotropismus festgestellt werden. Das für die Perzeption des Rotlichts verantwortliche Pigment ist sehr wahrscheinlich das Phytochromsystem.

Will man tropistisch wirksames Licht ausschließen und außerdem auch eine photische Beeinflussung der Reaktionsstärke über das Phytochromsystem vermeiden, so muß man bei Grünlicht von einem möglichst engen Spektralbereich arbeiten. Solches „grünes Sicherheitslicht“ läßt sich auf folgende Weise relativ einfach herstellen:

a) Raumbelichtung

Eine grüne Leuchtstoffröhre (Philips TL 40 W/17) wird in einen lichtdichten Blechkasten eingebaut, dessen eine Seite offen ist und eine Halterung zum Einsetzen von Farbfiltern besitzt. Als Lichtfilter haben sich folgende Kombinationen bewährt:

1. Uvilexglas (Deutsche Spiegelglas AG, Grünenplan) zusammen mit 2—3 Schichten Cellonfolie „S“ H9/882 (Dynamit Nobel AG),

Durchlässigkeitsbereich etwa 520—600 nm, Maximum bei etwa 555 nm.

2. Eine dreiteilige Plexiglas kombination in der Anordnung orange (Nr. 478) — grün (Nr. 701) — orange (Nr. 478) (Fa. Röhm und Haas GmbH, Darmstadt),

Durchlässigkeitsbereich etwa 530—610 nm, Maximum bei etwa 560 nm.

Da selbst das auf diese Weise gewonnene Licht noch geringe Mengen von physiologisch wirksamen Wellenbereichen enthält, soll die Beleuchtungs-

stärke am Arbeitsplatz nur so groß sein, daß sie noch ein sicheres Arbeiten ermöglicht.

b) Herstellung von Schattenbildern oder Photogrammen

Da für diesen Zweck eine möglichst punktförmige Lichtquelle notwendig ist, verwendet man anstelle von Leuchtstoffröhren besser Glühlampen:

Eine weiße Glühlampe (60—100 Watt) wird in einen lichtdichten Blechkasten eingebaut, dessen eine Seite ein Fenster mit einem Rahmen zum Einsetzen von Filtern besitzt. Als Lichtfilter können auch hier die im Abschnitt a) angeführten Kombinationen verwendet werden.

Sachverzeichnis

- Aerotaxis von Bakterien 125 f.
Agar-Abfangmethode 39
Antheren, Öffnungsmechanismus 8
Anulus des Farnsporangiums 7
Anzucht von Versuchspflanzen 130 f.
Augenfleck von *Euglena* 130
Autonome Bewegungen 104 f.
Auxin, siehe Wuchsstoff
Avena-Koleoptilen, Anzucht 131
— —, Spitzen- und Basisreaktion 67 f.
— —, Verteilung der phototropischen
Empfindlichkeit 68 f.
— -Krümmungstest 40
- Bakterien, Aerotaxis 125 f.
—, Chemotaxis 127
—, Phototaxis 128
Basisreaktion bei der *Avena*-Koleoptile
67 f.
Berberis, Thigmonastie der Staubblätter
96
Blattgelenke von Gramineen 9 f.
— — *Mimosa* 93 f.
— — *Phaseolus*, Anatomie 54 f.
— — —, geotropische Reaktion 13 f.
— — —, phototropische Reaktion 51 f.
— — —, Tagesperiodische Bewegungen
104 f.
Blattmosaik 75 f.
Blütenbewegungen, photonastische 101
—, tagesperiodische 111 f.
—, thermonastische 99 f.
Blütenstiele, geotropisches Verhalten 48
Blüten- und Fruchtsiele, Änderungen
im phototropischen Verhalten 83
Bryonia, Rankenbewegung 92
- Calendula*, Blütenbewegungen 112 f.
Caragana-Hülsen, Schraubenbewegung 3
Centaurea, Thigmonastie der Filamente
97
- Chemotaxis von Bakterien 127
Chloroplastenbewegungen 116 f.
Circumnutation der Sproßspitze 114 f.
Coniferenzapfen, Quellungsbewegung 2
Cyclamen, Phototropismus 83 f.
- Dionaea*, Thigmonastie des Fangblattes
98
Dosis-Wirkungskurve beim Phototropismus
61 f.
Drosera, Reizbewegungen am Blatt 102
- Ecballium*, Spritzmechanismus 11
Elektroden, unpolarisierbare 87
Elektrotropismus 87 f.
Elodea, Plasmaströmung 116
Endogene Bewegungen 108 f.
Epinastie von *Coleus*-Blättern 103
— bei Blütenstielen von *Cyclamen* 103 f.
Equisetum-Sporen, Hapteren 6
Erodium-Granne 5
Euglena, Anzucht 133
—, Phototaxis 129
- Faltblätter der Gramineen 9
Fangblatt von *Dionaea* 98
— — *Drosera* 102
Farbfilter 50, 71, 123
Farnanulus 7
Farnsporangium, Öffnungsbewegung 7
Fliehkraft, tropistische Wirksamkeit 23
Fühlborsten am Fangblatt von *Dionaea*
98
Funaria, Chloroplastenbewegung 116 f.
- Gazania*, photonastische Blüten-
bewegungen 101
Gedächtnis, geotropisches 37 f.
Geotropismus 13 f.
Geotropische Krümmung, aktive Natur
16
— —, Messung der Anfangsphase 20 f.
— —, Registrierung des Verlaufs 17 f.

- Getreidehalme, geotropische Aufkrümmung 31
 Grasblätter, Roll- und Faltbewegung 9
 Grasknoten, geotropische Krümmung 31
- Hapteren der *Equisetum*-Sporen 6
Helianthus-Keimpflanzen, Anzucht 130
Helichrysum, Quellungs- und Bewegung 1
 Hellrot-Dunkelrot-Wirkung auf Chloroplastenbewegungen 122 f.
 Horizontalmikroskop 20, 60, 66
 Hülsenklappe von *Caragana*, Anatomie 4
 Hydrotropismus 85 f.
 Hygroskopische Bewegungen 1 f.
 — —, Modellversuche 4 f.
- Impatiens*, Schleuderbewegung 12
 β -Indolyllessigsäure, siehe Wuchsstoff
 Induktion, geotropische, Trennung von Reaktion 36 f.
 —, phototropische, Trennung von Reaktion 74 f.
- Kalanchoë*, Blütenbewegungen 112 f.
 Kippstativ für geotropische Versuche 18
 Klinostat 22
 Kohäsionsmechanismen 7 f.
 Krümmungstest zur Wuchsstoffbestimmung 40
 Krümmungswinkel, Messung 19
- Längskraft 26 f.
 Laubblätter, Wachstumsphototropismus 75 f.
 Licht-Dunkel-Rhythmus der Blattbewegung 109 f.
 — — — der Blütenbewegung 112 f.
 Lichtfallen-Versuch bei der Phototaxis 128
 Lichtfilter 50, 71, 123
 Lichtperception bei der *Avena*-Koleoptile 67 f.
 — bei Laubblättern 77 f.
 Lichtquellen für phototropische Versuche 57 f.
 — für einfarbiges Licht 71
 — für hell- und dunkelrotes Licht 123
 Lichtstarre bei der Blattbewegung 109
 Lichtwachstumsreaktion 66
Linaria, Phototropismus 83
- Mais-Koleoptilen, Anzucht 131
Mimosa, Reizbewegungen 93 f.
 —, Reizleitung 9
Mimulus, Thigmonastie der Narbe 97
Momordica, Rankenbewegung 92
 Moosperistom, Quellungs- und Bewegung 3
Mougeotia, Anzucht 132
 —, Chloroplastendrehung 120 f.
- Nachschwingungen bei den Blattbewegungen 108
 Nachtstellung bei den Blattbewegungen 107
 Nastien 93 f.
 Negativer Geotropismus, Verlauf 17 f.
 Nickbewegungen von Blütenstielen 48
- Orthogeotropismus 14 f.
 Orthophototropismus 55 f.
- Panicum*-Koleoptile, Geotropismus 29
Papaver, Nickbewegung der Blütenstiele 48
 Papilionaceen-Hülsen, Quellungs- und Bewegung 3
Passiflora, Rankenbewegung 90 f.
 Peristom, Quellungs- und Bewegung 3
Phaseolus, Anzucht 131
 —, Blattgelenke, Anatomie 54 f.
 —, —, Geotropismus 13 f.
 —, —, Phototropismus 51 f.
 —, —, tagesperiodische Bewegungen 104 f.
- Phobotaktische Reaktion auf Licht 128
 — — — O_2 125 f.
 Phototaxis von *Euglena* 129
 — von *Rhodospirillum* 128
 Phototropismus 51 f.
 Phototropische Krümmung, Registrierung 57 f.
 — Nachwirkung 59
 Physiologische Spitze, Regeneration 33
 Phytochromsystem, Einfluß auf Geotropismus 50 f.
 —, Induktion von Chloroplastenbewegungen 122 f.
Pilobolus, Anzucht 132
 —, Phototropismus 64 f.
 Plagiogeotropismus von Seitenwurzeln 46 f.
 — von Seitenzweigen 49
 Plasmaströmung, rotierende 116
 —, zirkulierende 115

- Positiver Geotropismus, Verlauf 19 f.
 Präsentationszeit, geotropische 24 f.
Pseudomonas, Aerotaxis 125
 —, Anzucht 133
 —, Chemotaxis 127

 Quellungsbewegungen 1 f.

 Rankenbewegungen 89 f.
 Reaktionszeit beim Phototropismus 60
 Registrierung von Blattbewegungen
 105 f.
 — von tropistischen Krümmungen 17 f.,
 57 f.
 Reizleitung beim Geotropismus 29 f.
 — bei *Mimosa pudica* 95
 Reizsummation 26
 Resultantengesetz beim Phototropismus
 63 f.
Rhodospirillum, Anzucht 133
 —, Phototaxis 128
 Rollblätter der Gramineen 9
 Rotlicht, Einfluß auf Geotropismus 50 f.

 Schattenfluchtreaktion 77, 79
 Schleuderbewegungen 11 f.
 Schließzeiten von Blüten 114
 Schraubenbewegungen von Hülsen-
 klappen 3
 — — Grannen 5
 Schreck-Reaktion 125 f.
 Schwellenwert, geotropischer 24 f.
Selaginella, Chloroplastenbewegung
 118 f.
 Sicherheitslicht, grünes 134
Sicyos, Rankenbewegung 92
 Sinus-Gesetz 28 f.
Sparmannia, Thigmonastie der Staub-
 blätter 96
 Spitzen-Perzeption beim Geotropismus
 29 f.
 — -Reaktion bei der *Avena*-Koleoptile
 67 f.
 Sporangienträger, Phototropismus 64 f.
 Sporenkapsel 3

 Springkraut, Schleuderbewegung 12
 Spritzgurke 11
 Statolithenstärke 44 f.
 Strohlume, Quellungsbewegung 1

 Tagstellung bei der Blattbewegung 107
 Taxien 125 f.
 Tentakel am Blatt von *Drosera* 102
 Thigmonastie von Blütenorganen 96 f.
 — des Fangblattes von *Dionaea* 98
 Thermonastie von Tulpenblüten 99 f.
 Topotaktische Reaktion auf Licht 129
 Torsionsbewegungen 3 f.
Tradescantia, Plasmaströmung 115
 — -Sprosse, geotropische Aufkrümmung
 31
 — - —, Statolithenstärke 44 f.
 Transversalphototropismus von Laub-
 blättern 80 f.
 — von Thallusabschnitten 82
 Tulpenblüten, Thermonastie 99 f.
 Turgorgeotropismus 13 f.
 Turgorphototropismus 51 f.

 Überkrümmung, geotropische 30

Vallisneria, Plasmaströmung 116
 Venusfliegenfalle, Thigmonastie des
 Fangblattes 98

 Wachstumsgeotropismus 14 f.
 — -phototropismus 55 f.
 Windebewegung 114 f.
 Wirkungsspektrum des Phototropismus
 70 f.
 Wuchsstoff, Abfangen in Agar 39
 — -abgabe, asymmetrische 38 f.
 — -empfindlichkeit 34 f.
 — und geotropische Reaktion 32 f.
 — — Phototropismus 72 f.
 —, Quertransport beim Geotropismus
 41 f.
 —, — — Phototropismus 72 f.
 Wurzelkasten nach SACHS 46 f.

 Zentrifuge 23