

2684-9478

Peter Schopfer

# Experimentelle Pflanzenphysiologie

---

*Band 2* Einführung in die Anwendungen

---

Mit 47 Abbildungen

Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York  
London Paris Tokyo Hong Kong

# Inhalt

<b>1. Qualitative und quantitative Analyse von Pflanzenmaterial</b> . . . .	<b>1</b>
Vorbemerkungen . . . . .	1
Demonstrationsexperimente	
1.1 Chemischer Nachweis der Makroelemente . . . . .	2
1.2 Biologischer Nachweis verschiedener Kohlenhydrate mit Bäckerhefe . . . . .	4
1.3 Präparative Trennung der Carotin-Isomeren aus Karottenwurzeln durch Säulenchromatographie . . . . .	5
Analytische Experimente	
1.4 Bestimmung von Frischmasse, Trockenmasse und Wassergehalt bei Weizenkeimlingen . . . . .	9
1.5 Chemischer Nachweis verschiedener Kohlenhydrate . . . . .	11
1.6 Isolierung und Nachweis von Fett (Triacylglycerol) . . . . .	14
A. <i>SOXHLET-Extraktion</i> . . . . .	16
B. <i>Extraktion nach BLIGH und DYER</i> . . . . .	17
C. <i>Nachweis von Fett in der Lipidfraktion</i> . . . . .	17
1.7 Isolierung und Nachweis von Protein . . . . .	18
1.8 Isolierung und Nachweis von Nucleinsäuren . . . . .	22
1.9 Trennung der Blütenfarbstoffe (Flavonoide) der Rose . . . . .	26
A. <i>Zweidimensionale chromatographische Analyse der             Flavonoid-Glycoside</i> . . . . .	27
B. <i>Chromatographische Analyse der Flavonoid-Aglyca             nach saurer Hydrolyse</i> . . . . .	29
1.10 Isolierung und Nachweis der Alkaloide des Schöllkrauts . . . . .	30
1.11 Bestimmung und Trennung der Photosynthesepigmente . . . . .	33
A. <i>Bestimmung der Pigmente im Rohextrakt</i> . . . . .	36
B. <i>Isolierung der Pigmente durch Dünnschichtchromatographie</i> . . . . .	37

1.12	Bestimmung der Speicherstoffe von Samen: Vergleichende Messungen an Weizen, Erbse und Raps . . .	39
A.	<i>Proteinbestimmung</i> . . . . .	42
B.	<i>Stärkebestimmung</i> . . . . .	43
C.	<i>Triacylglycerolbestimmung</i> . . . . .	45
1.13	Bestimmung des Gesamt-Zuckergehalts und des Ascorbatgehalts in Früchten . . . . .	47
A.	<i>Zuckerbestimmung</i> . . . . .	48
B.	<i>Ascorbatbestimmung</i> . . . . .	49
<b>2.</b>	<b>Enzyme</b> . . . . .	52
	Vorbemerkungen . . . . .	52
	Demonstrationsexperimente	
2.1	Qualitativer Nachweis einiger Enzyme (Katalase, Peroxidase, Phenoloxidase, Amylase, Phosphorylase) . . .	53
2.2	Histochemischer Enzymnachweis (Peroxidase) . . . . .	60
2.3	Präparative enzymatische Darstellung von Glucose-1-Phosphat . . . . .	61
	Analytische Experimente	
2.4	Nachweis und quantitative Bestimmung von Proteinase (Endopeptidase) aus Maisendosperm mit einem Radial- diffusionstest . . . . .	62
2.5	Die kinetische Charakterisierung eines Enzyms (Peroxidase der Meerrettichwurzel) . . . . .	64
2.6	Elektrophoretische Trennung von Isoenzymen (Peroxidase und Katalase von Senfkeimlingen) . . . . .	68
2.7	Operationale Kriterien der Enzymaktivitätsbestimmung (Fumarase in den Kotyledonen des Senfkeimlings) . . . . .	72
<b>3.</b>	<b>Isolierung von Zellen, Protoplasten und Organellen</b> . . . . .	76
	Vorbemerkungen . . . . .	76
	Demonstrationsexperiment	
3.1	Isolierung von Zellen aus Geweben . . . . .	77
	Analytische Experimente	
3.2	Isolierung von Protoplasten aus Haferblättern . . . . .	78
3.3	Isolierung von Chloroplasten aus Spinatblättern . . . . .	82

A. Isolierung durch fraktionierende Zentrifugation (ungereinigte Chloroplasten) . . . . .	83
B. Weitere Reinigung durch Dichtegradientenzentrifugation . . . . .	84
3.4 Isolierung von Mitochondrien aus Kartoffelknollen . . . . .	85
3.5 Trennung und enzymatische Charakterisierung von Chloroplasten, Mitochondrien und Peroxisomen aus Gurkenkotyledonen . . . . .	88
<b>4. Photosynthese</b> . . . . .	<b>96</b>
Vorbemerkungen . . . . .	96
Demonstrationsexperimente	
4.1 Photoreduktion von Methylenblau (Modellreaktion zur Funktion des photochemisch aktiven Chlorophylls) . . . . .	97
4.2 Fluoreszenz von Chlorophyll in vitro und in vivo . . . . .	98
4.3 Licht, CO <sub>2</sub> , Chlorophyll und Enzyme als essentielle Faktoren der Photosynthese . . . . .	101
4.4 Bildung von Assimilationsstärke im Blatt . . . . .	102
4.5 Nachweis der Akkumulation von K <sup>+</sup> in den Schließzellen bei der lichtinduzierten Stomataöffnung . . . . .	103
Analytische Experimente	
4.6 Polarographische Messung der photosynthetischen O <sub>2</sub> -Produktion (O <sub>2</sub> -Elektrode) . . . . .	105
4.7 Demonstration und Messung des photosynthetischen Elektronentransports (HILL-Reaktion) an isolierten Chloroplasten . . . . .	108
A. Demonstration der HILL-Reaktion . . . . .	110
B. Photometrische Messung der HILL-Reaktion . . . . .	110
4.8 Messung der lichtinduzierten Protonenpumpe an isolierten Thylakoiden . . . . .	112
4.9 Photosynthetische CO <sub>2</sub> -Fixierung und Assimilattranslocation im Blatt der Gartenbohne . . . . .	114
4.10 Induktion des diurnalen Säurerhythmus bei der fakultativen CAM-Pflanze <i>Mesembryanthemum crystallinum</i> . . . . .	116
A. Messung des pH-Werts und des Säuregehalts . . . . .	118
B. Messung des Malatgehalts . . . . .	119
4.11 Bestimmung des Lichtkompensationspunktes und des CO <sub>2</sub> -Kompensationspunktes der Photosynthese . . . . .	120

X	Inhalt	
	A. Lichtkompensationspunkt . . . . .	123
	B. CO <sub>2</sub> -Kompensationspunkt . . . . .	124
4.12	Regulation der Stomataöffnungsweite von Maisblättern durch Umweltfaktoren . . . . .	126
<b>5.</b>	<b>Dissimilation</b> . . . . .	130
	Vorbemerkungen . . . . .	130
Demonstrationsexperimente		
5.1	Fe-katalysierte Elektronenübertragung (Modellreaktion zur Funktion der Atmungskette) . . . . .	131
5.2	Spektroskopische Demonstration des Redoxzustandes der Cytochrome . . . . .	132
5.3	Wärmeabgabe atmender Gewebe . . . . .	133
5.4	Manometrischer Nachweis von Atmung und Gärung . . . . .	134
5.5	Fermentation bei der höheren Pflanze . . . . .	136
5.6	Aerobe und anaerobe Energiemobilisierung bei der Entwicklung von Weizen- und Reis-Keimlingen . . . . .	137
5.7	Der Respiratorische Quotient (RQ) . . . . .	138
5.8	Fett → Kohlenhydrat-Umwandlung bei der Keimung fetthaltiger Samen ( <i>Ricinus communis</i> ) . . . . .	139
5.9	Nachweis der dissimilatorischen Aktivität verschiedener Organe und Gewebe . . . . .	140
Analytische Experimente		
5.10	Nachweis von Elektronen- und Protonentransport an der Plasmamembran von Maiswurzeln . . . . .	141
5.11	Messung der aeroben und anaeroben Dissimilation von Hefezellen mit der WARBURG-Manometrie . . . . .	145
5.12	Messung des respiratorischen Elektronentransports an isolierten Mitochondrien mit der O <sub>2</sub> -Elektrode . . . . .	147
5.13	Induktion fermentativer Enzyme durch Anaerobiose in der Wurzel von Maiskeimlingen . . . . .	151
<b>6.</b>	<b>Pflanzenernährung</b> . . . . .	155
	Vorbemerkungen . . . . .	155
Demonstrationsexperimente		
6.1	Induktion katabolischer Enzyme durch das Substrat bei Bäckerhefe . . . . .	156

6.2	Auslösung der Wurzelknöllchenbildung durch <i>Rhizobium</i> bei der Gartenbohne . . . . .	157
6.3	Reduktion von $Fe^{3+}$ an der Wurzeloberfläche von Gartenbohnen . . . . .	160
6.4	Selektive Ionenaufnahme durch die Wurzel . . . . .	161
Analytische Experimente		
6.5	Nachweis essentieller Nährelemente durch Mangelkultur von Senfkeimlingen . . . . .	162
6.6	Wirkung von Eisenmangel auf die Entwicklung von Bohnenpflanzen . . . . .	165
6.7	Ernährung heterotropher Pflanzenorgane: Kultur isolierter Tomatenwurzeln in künstlicher Nährlösung . . . . .	168
<b>7. Wasserzustand und Wassertransport . . . . .</b>		
	Vorbemerkungen . . . . .	173
Demonstrationsexperimente		
7.1	Osmose im $\psi$ -Gradienten (PFEFFERsche Zelle, TRAUBEsche Zelle; Modellversuche zum Wassertransport) . . . . .	174
7.2	Beobachtung von Plasmolyse und Deplasmolyse, mikroskopische Bestimmung der Grenzplasmolyse . . . . .	177
7.3	Beobachtung des Wassertransports in den Leitbündeln . . . . .	178
7.4	Transpirationsmessung mit dem Potetometer . . . . .	179
7.5	Demonstration von Wurzeldruck, Exudation und Guttation . . . . .	181
Analytische Experimente		
7.6	Bestimmung des Wasserpotentials ( $\psi$ ) und seiner Komponenten ( $\pi$ , $P_T$ ) als Funktion des Wassergehalts im Gewebe . . . . .	184
7.7	Bestimmung der Grenzplasmolyse mit einem Biegetest . . . . .	188
7.8	Der Wassertransport durch die Pflanze und seine Steuerung . . . . .	191
7.9	Die Wirkung von Wasserstreß auf das Wachstum und andere physiologische Prozesse bei der Gartenbohne . . . . .	195
<b>8. Aufnahme und Translocation von anorganischen Ionen und organischen Molekülen . . . . .</b>		
	Vorbemerkungen . . . . .	199
Demonstrationsexperimente		
8.1	Modellversuche zum Mechanismus des Phloemtransports . . . . .	200

XII	Inhalt	
8.2	Nachweis der Endodermisbarriere beim Wassertransport durch die Wurzel	203
8.3	Lokalisierung der transportaktiven Zone der Wurzel und Demonstration der Stoffwechselaktivität bei der Ionenaufnahme	204
Analytische Experimente		
8.4	Salzinduzierte pH-Veränderungen in der Umgebung von Gerstenwurzeln	205
A.	<i>Messung der pH-Veränderung im Wurzelmedium</i>	207
B.	<i>Qualitativer Nachweis und Lokalisation der pH-Veränderung an der Wurzeloberfläche</i>	208
8.5	Protonenpumpe und aktive Zuckeraufnahme am Scutellum von Maiskeimlingen	209
A.	<i>Messung der <math>H^+</math>-Pumpaktivität</i>	211
B.	<i>Messung der Zuckeraufnahme</i>	212
8.6	Phloembeladung und Zuckerferntransport im Maisblatt	213
9.	<b>Phytohormone</b>	217
	Vorbemerkungen	217
Demonstrationsexperimente		
9.1	Multiple Wirkung von Auxin in der Sproßachse von Bohnenkeimlingen	218
9.2	Spezifische Wirkungen zweier „Wachsstoffe“ (Auxin, Gibberellin) auf das Wachstum der Organe von Bohnenpflanzen	220
9.3	Wirkung von Cytokinin auf die Entwicklung von Erbsenkeimlingen	221
9.4	Induktion von amyolytischer Aktivität im Endosperm der Gerstencaryopse durch einen niedermolekularen Faktor (Gibberellin) aus dem keimenden Embryo	222
9.5	Induktion des Internodienwachstums von Kopfsalatpflanzen durch Gibberellinsäure	225
9.6	Gewebespannung und die Rolle der Epidermis beim Auxin-induzierten Streckungswachstum der Maiskoleoptile	226
9.7	Nachweis der Auxin-induzierten Protonensekretion von Maiskoleoptilen	228
9.8	Wirkung von Ethylen auf das Sproßwachstum von Erbsenpflanzen	230

Analytische Experimente	
9.9	Zwergmutanten der Erbse und ihre Normalisierung durch Gibberellinsäure . . . . . 232
9.10	Induktion des Streckungswachstums von Maiskoleoptilsegmenten durch Auxin . . . . . 235
9.11	Überprüfung der CHOLODNY-WENT-Theorie für das tropische Krümmungswachstum von Sonnenblumenhypokotylen und Maiskoleoptilen . . . . . 238
9.12	Umwandlung eines Speicherorgans in ein Assimilationsorgan und ihre Abhängigkeit von Cytokinin (Kotyledonen der Gurke) . . . . . 242
9.13	Induktion der Synthese von $\alpha$ -Amylase durch Gibberellinsäure im Gerstenaleuron . . . . . 246
9.14	Halmsegmenttest auf Gibberellin bei Haferpflanzen . . . . . 251
<b>10.</b>	<b>Entwicklung von Pflanzenorganen . . . . . 254</b>
	Vorbemerkungen . . . . . 254
Demonstrationsexperimente	
10.1	Lokalisierung der Wachstumszonen eines Maiskeimlings . . . . . 255
10.2	Differentielles Flankenwachstum bei der Aufrechterhaltung und lichtinduzierten Öffnung des Plumulahakens der Gartenbohne . . . . . 256
10.3	Die Rolle des Cytosekeletts für die Wachstumsallometrie der Organe des Maiskeimlings . . . . . 259
10.4	Beeinflussen sich genetisch verschiedene Pfropfpartner gegenseitig in ihrer Entwicklung? . . . . . 261
10.5	Repression des Wachstums von Seitenknospen durch den Apex (apikale Dominanz) . . . . . 264
10.6	Differentielle Wirkung von Wasserstreß auf das Wachstum von Sproß und Wurzel . . . . . 265
Analytische Experimente	
10.7	Bestimmung der elastischen und der plastischen Zellwundehnung beim Wachstum der Maiskoleoptile . . . . . 266
10.8	Bestimmung des Wachstumspotentials von Maiskoleoptilsegmenten . . . . . 268
10.9	Verteilungsfunktion (Probitanalyse) des Hypokotylwachstums in einer Population von Rapskeimlingen . . . . . 271
10.10	Induktion von „negativem Wachstum“ bei Bohnenblättern durch Wasserstreß . . . . . 273

<b>11. Reifung und Keimung von Samen und Pollen</b> . . . . .	278
Vorbemerkungen . . . . .	278
Demonstrationsexperimente	
11.1 Prüfung der Keimfähigkeit von Saatgut . . . . .	280
11.2 Samendormanz und ihre Aufhebung durch Kältebehandlung (Stratifikation) . . . . .	281
11.3 Beschleunigung der Keimung durch Vorbehandlung der Samen mit Osmoticum (seed priming) . . . . .	282
11.4 Induktion der Dormanz durch Abscisinsäure . . . . .	283
Analytische Experimente	
11.5 Aktivierung des Energiestoffwechsels während der Quellungs- und der Wachstumsphase keimender Rapssamen . . . . .	285
11.6 Messung des Quellungsdrucks keimender Samen . . . . .	287
11.7 Entwicklung und Verlust der Austrocknungstoleranz während der Reifung bzw. Keimung von Senfsamen . . . . .	289
11.8 Bestimmung des Keimungspotentials von Rapssamen . . . . .	292
11.9 Lebensfähigkeit und Keimfähigkeit von Pollenkörnern der Nachtkerze . . . . .	295
A. <i>Cytologischer Test der Lebensfähigkeit</i> . . . . .	297
B. <i>Test der Keimfähigkeit</i> . . . . .	297
<b>12. Seneszenz</b> . . . . .	299
Vorbemerkungen . . . . .	299
Demonstrationsexperimente	
12.1 Blattseneszenz als intraorganismisch gesteuerter Entwicklungsprozeß bei der Gartenbohne . . . . .	300
12.2 Lokale Seneszenzverhinderung und Rejuvenation von Bohnenblättern durch Cytokinine . . . . .	302
12.3 Seneszenz der Blütenkronröhre bei der Prunkwinde und ihre Steuerung durch Ethylen . . . . .	303
Analytische Experimente	
12.4 Einfluß der Stickstoffversorgung auf die Seneszenz der Kotyledonen junger Senfpflanzen . . . . .	305
12.5 Steuerung von Seneszenz und Rejuvenation von Roggenblättern durch Cytokinine . . . . .	307
12.6 Proteinstoffwechsel während der durch Verdunkelung induzierten Seneszenz von Weizenblättern . . . . .	310

12.7	Hormonelle Kontrolle der Blattabszission bei der Gartenbohne . . . . .	316
A.	<i>Förderung und Hemmung der Abszission durch Hormonbehandlung</i> . . . . .	317
B.	<i>Quantitative Bestimmung der Ethylen-induzierten Abszission mit einem mechanischen Bruchtest</i> . . . . .	318
C.	<i>Histologische Veränderungen in der Trennzone vor der Abszission</i> . . . . .	318
<b>13.</b>	<b>Photomorphogenese</b> . . . . .	<b>321</b>
	Vorbemerkungen . . . . .	321
Demonstrationsexperimente		
13.1	Skoto- und Photomorphogenese während der Keimlingsentwicklung bei Monokotylen und Dikotylen . . . . .	323
13.2	Bedeutung des Plumulahakens für die Keimung unter der Erde . . . . .	325
13.3	Regulation der photonastischen Blattbewegung bei <i>Albizzia</i> durch Phytochrom . . . . .	326
Analytische Experimente		
13.4	Phytochrominduzierte Keimung von <i>Lactuca</i> -Achänen . . . . .	329
13.5	Phytochrominduzierte Flavonoidbiosynthese in den Kotyledonen des Senfkeimlings . . . . .	334
A.	<i>Messung der Anthocyansynthesekinetik</i> . . . . .	336
B.	<i>Messung der Flavonolakkumulation nach chromatographischer Reinigung</i> . . . . .	337
C.	<i>Messung der Induktionskinetik von Phenylalanin-ammoniumlyase</i> . . . . .	338
13.6	Messung der lichtinduzierten Chlorophyllbildung in Bohnenblättern in vivo und in vitro . . . . .	342
A.	<i>In-vivo-Messung der Protochlorophyllidreduktion</i> . . . . .	343
B.	<i>In-vitro-Messung der Protochlorophyllidreduktion</i> . . . . .	345
13.7	Lichtregulation des Ascorbatgehalts in den Kotyledonen des Senfkeimlings. Identifizierung des verantwortlichen Photoreceptors . . . . .	347
13.8	Lichtinduktion der Nitratreductase in den Kotyledonen des Senfkeimlings . . . . .	349
13.9	UV-induzierte Flavonoidsynthese als Schutzmechanismus gegen kurzweilige Strahlung im Begonienblatt . . . . .	353

13.10	Photoreaktivierung eines UV-Schadens an Kotyledonen des Senfkeimlings durch blauvioletttes Licht . . . . .	355
<b>14.</b>	<b>Regeneration . . . . .</b>	<b>359</b>
	Vorbemerkungen . . . . .	359
Demonstrationsexperimente		
14.1	Regeneration von Adventivembryonen an isolierten Begonienblättern . . . . .	360
14.2	Adventivwurzelregeneration an isolierten Sprossen und Blättern . . . . .	362
14.3	Sproßregeneration an Wurzeln . . . . .	363
14.4	Regeneration von Sproß und Wurzel an Segmenten des <i>Linum</i> -Keimlings . . . . .	363
14.5	Regeneration von Sklereiden im Blatt der Kamelie . . . . .	365
Analytische Experimente		
14.6	Induktion der Adventivwurzelbildung beim Senfkeimling durch Licht und Hormone . . . . .	367
14.7	Polare Adventivwurzelregeneration am Hypokotyl von Bohnenkeimlingen . . . . .	369
14.8	Wundinduzierte Regeneration von Xylemelementen am Hypokotyl von Bohnenkeimlingen und ihre Bedeutung für die Zelldifferenzierung . . . . .	370
14.9	Stoffwechselaktivierung bei der Regeneration eines neuen Abschlußgewebes an isoliertem Speichergewebe der Kartoffelknolle . . . . .	375
	<i>A. Analyse der cytologischen Veränderungen und der Atmungsaktivierung an der Wundfläche . . . . .</i>	<i>377</i>
	<i>B. Abhängigkeit der Stoffwechselaktivierung von der RNA- und Proteinsynthese . . . . .</i>	<i>379</i>
14.10	Bildung genetischer Tumoren als Entwicklungsanomalie bei Tabakhybriden . . . . .	380
	<i>A. Tumorinduktion an älteren Pflanzen durch Verletzung . . . . .</i>	<i>382</i>
	<i>B. Tumorinduktion an Keimlingen durch Auxin . . . . .</i>	<i>383</i>
<b>15.</b>	<b>Wachstum und Differenzierung von Geweben und Zellen in vitro . . . . .</b>	<b>385</b>
	Vorbemerkungen . . . . .	385
Demonstrationsexperimente		
15.1	Wundkallusbildung an Zweigsegmenten der Pappel . . . . .	386

15.2	Adventivpflanzenbildung an Hypokotylexplantaten von <i>Linum</i> -Keimlingen . . . . .	387
15.3	Regeneration haploider Embryonen aus unreifen Tabakpollen . . . . .	388
Analytische Experimente		
15.4	Regeneration von Sproß- und Wurzelanlagen an einer Kalluskultur aus Tabakgewebe . . . . .	390
15.5	Herstellung einer Zellsuspensionskultur aus Karottenwurzelgewebe . . . . .	395
<b>16.</b>	<b>Bewegung und Orientierung im Raum . . . . .</b>	<b>400</b>
	Vorbemerkungen . . . . .	400
Demonstrationsexperimente		
16.1	Photophobische Reaktion bei <i>Rhodospirillum</i> . . . . .	401
16.2	Phototaxis bei <i>Euglena</i> . . . . .	402
16.3	Lichtabhängige Chloroplastenorientierung bei <i>Funaria</i> und <i>Mougeotia</i> . . . . .	404
16.4	Nachweis der photosynthetischen O <sub>2</sub> -Produktion durch die Chemotaxis von Bakterien (ENGELMANN'scher Versuch) . . . . .	406
16.5	Plasmaströmung in den Epidermiszellen der Haferkoleoptile . . . . .	407
16.6	Seismonastische Bewegung der <i>Mimosa</i> -Blätter . . . . .	408
16.7	Grundphänomene und Wellenlängenabhängigkeit des Phototropismus junger Keimpflanzen . . . . .	409
16.8	Photonastische und phototropische Bewegung der Primärblätter der Gartenbohne . . . . .	410
16.9	Grundphänomene des Gravitropismus junger Keimpflanzen . . . . .	411
Analytische Experimente		
16.10	Wirkungsdichroismus bei der lichtinduzierten Starklichtorientierung der Chloroplasten im <i>Funaria</i> -Blatt . . . . .	413
16.11	Gravitropische Reaktion des Sonnenblumenhypokotyls und der Maiskoleoptile – ein Vergleich . . . . .	417
16.12	Die phototropische Reaktion der Haferkoleoptile . . . . .	420
16.13	Auslösung der nastischen Bewegung des Bohnenprimärblattes durch Auxin . . . . .	425
<b>17.</b>	<b>Biorhythmen: Endogene Rhythmik („innere Uhr“) und Photoperiodismus . . . . .</b>	<b>429</b>
	Vorbemerkungen . . . . .	429

## Demonstrationsexperimente

- |      |  |     |
|------|--|-----|
| 17.1 | Schwingungsauslösung durch überschießende Reaktion bei der Gravireaktion des Sonnenblumenhypokotyls („gravitropisches Pendel“) | 430 |
| 17.2 | Transpirationsrhythmik bei Bohnenpflanzen  | 431 |
| 17.3 | Exudationsrhythmik der Wurzel dekapitierter Bohnenpflanzen   | 432 |
| 17.4 | Photoperiodismus der Blühinduktion bei der Kurztagpflanze <i>Chenopodium rubrum</i> und der Landtagpflanze <i>Sinapis alba</i> | 433 |

## Analytische Experimente

- |      |   |     |
|------|---|-----|
| 17.5 | Kontinuierliche Registrierung der Blattbewegungsrhythmik bei Bohnenpflanzen             | 435 |
| 17.6 | Auslösung der Knollenbildung an Kartoffelstecklingen durch unterkritische Photoperioden | 437 |

**Anhang** . . . . . 440

- |    |  |     |
|----|--|-----|
| 1. | Herstellung einer HOAGLANDSchen Nährlösung                             | 440 |
| 2. | Physikalische Meßgrößen, Einheiten, Umrechnungsfaktoren und Konstanten | 441 |
| 3. | Anschriften der im Text erwähnten Firmen                               | 444 |

**Sachverzeichnis** . . . . . 446