

---

# Inhalt

---

<b>1</b>	<b>Botanik: Die Pflanzen und ihre Lebenserscheinungen</b>	<b>1</b>
1.1	Eigenschaften der Lebewesen	1
1.2	Teilgebiete der Botanik	2
1.3	Die Pflanzenwelt und ihre Gliederung	3
1.3.1	Prinzipien der Systematik	3
1.3.1.1	Evolution	3
1.3.1.2	Verwandtschaftsforschung	4
1.3.1.3	Grundlagen der Namengebung: Taxonomie	5
1.3.2	Abteilungen (Stämme) und Organisationstypen	5
1.4	Pflanze und Tier	9
<b>2</b>	<b>Moleküle der Zelle</b>	<b>11</b>
2.1	Lipide	12
2.2	Kohlenhydrate	15
2.2.1	Monosaccharide und ihre Derivate	15
2.2.2	Oligosaccharide	17
2.2.3	Polysaccharide	17
2.3	Aminosäuren und Proteine	20
2.3.1	Aminosäuren und ihre peptidische Verknüpfung	20
2.3.2	Proteine	23
2.4	Nucleotide und Nucleinsäuren	26
2.4.1	Nucleotide	26
2.4.2	Nucleinsäuren	27
2.5	Porphyrine	30
2.6	Aromaten	30
2.7	Aufgaben der verschiedenen Moleküle im Stoffwechsel	32
<b>3</b>	<b>Cytologie</b>	<b>35</b>
3.1	Die Zelle als Grundbaustein der Lebewesen	35
3.1.1	Gestalt der Zellen	35
3.1.2	Größe der Zellen	36
3.1.3	Protocyte und Eucyte	36
3.1.4	Genetische Information und epigenetisches System	36
3.1.5	Grundeigenschaften von Zellen	37
3.1.6	Charakterisierung der Pflanzenzelle	37
3.1.7	Polyenergetide, Plasmodium, Symplast	39
3.2	Bau der Pflanzenzelle	39
3.2.1	Methoden der Cytologie	39
3.2.1.1	Mikroskopie und Elektronenmikroskopie	39
3.2.1.2	Isolierung von Organellen und Makromolekülen	40
3.2.1.3	Zellfreies System und Zellkultur	40
3.2.1.4	Wachstum einer Zellkultur	40
3.2.2	Übersicht über den Bau der Pflanzenzelle	41
3.2.3	Plasmatische und nichtplasmatische Räume der Zelle	43
3.2.4	Protoplast	43
3.2.4.1	Grundstrukturen des Cytoplasmas (Grundplasma)	43
3.2.4.2	Membran	44

3.2.4.3	Organellen ohne Membran .....	46
3.2.4.4	Kleine Organellen .....	50
3.2.4.5	Zellkern (Nucleus, Karyon) .....	55
3.2.4.6	Mitochondrien und Plastiden .....	61
3.2.5	Ergastische Gebilde .....	66
3.2.5.1	Vakuum .....	66
3.2.5.2	Kristalle .....	69
3.2.5.3	Stärke als Reservestoff .....	69
3.2.5.4	Zellwand .....	70
3.3	Bau der Prokaryoten-Zelle (Procyte) .....	79
3.4	Entstehung der Eucyte; Endosymbionten-Theorie .....	83
3.5	Wasserhaushalt der Pflanzenzelle .....	85
3.5.1	Diffusion .....	85
3.5.2	Osmose und Osmometer; Wasserpotenzial .....	86
3.5.3	Das Osmometermodell der Pflanzenzelle .....	87
3.5.4	Quellung .....	88
3.5.5	Plasmolyse .....	89
3.5.6	Zellen im Verband .....	89
3.5.7	Osmotische Regulation in der Zelle .....	90
<b>4</b>	<b>Organisationsstufen der eukaryotischen Pflanzen .....</b>	<b>91</b>
4.1	Evolution der Vielzeller und der Landpflanzen .....	91
4.1.1	Vom Einzeller zum Vielzeller .....	91
4.1.2	Von den Thallophyten zu den Landpflanzen .....	92
4.2	Protophyten .....	93
4.2.1	Organisation der Protophyten .....	93
4.2.2	Endosymbiosen .....	93
4.2.3	Übergänge zum Vielzeller .....	95
4.3	Thallophyten .....	95
4.3.1	Coenoblast .....	95
4.3.2	Fadenthallus .....	96
4.3.3	Gewebethallus .....	97
4.3.4	Organisation der Moose .....	97
4.4	Kormophyten .....	98
4.4.1	Anpassung ans Landleben .....	98
4.4.2	Telomtheorie .....	98
4.4.3	Regressionen .....	99
<b>5</b>	<b>Histologie (Gewebelehre) .....</b>	<b>101</b>
5.1	Bildungsgewebe oder Meristeme .....	101
5.2	Dauergewebe .....	102
5.2.1	Grundgewebe .....	102
5.2.2	Abschluss- und Absorptionsgewebe .....	103
5.2.2.1	Epidermis .....	103
5.2.2.2	Spaltöffnungen (Stomata) .....	104
5.2.2.3	Haare (Trichome) und Emergenzen .....	105
5.2.2.4	Hypodermis .....	106
5.2.2.5	Rhizodermis .....	106
5.2.2.6	Exodermis .....	106
5.2.2.7	Endodermis .....	106
5.2.2.8	Periderm (Sekundäres Abschlussgewebe) .....	107
5.2.2.9	Spezielle Absorptionsgewebe .....	107
5.2.3	Festigungsgewebe (Mechanisches System) .....	107
5.2.3.1	Kollenchym .....	108
5.2.3.2	Sklerenchym .....	108

5.2.4	Leitgewebe	109
5.2.4.1	Phloem	109
5.2.4.2	Xylem	111
5.2.4.3	Leitbündel	111
5.2.4.4	Transferzellen	112
5.2.5	Ausscheidungsgewebe (Exkretionsgewebe)	113
5.2.5.1	Exkretionsgewebe s. str. (Absonderungsgewebe)	113
5.2.5.2	Drüsen	113
<b>6</b>	<b>Anatomie und Morphologie des Vegetationskörpers</b>	<b>117</b>
6.1	Keimung bei Blütenpflanzen	117
6.2	Sprossachse	118
6.2.1	Phylogenie der Sprossachse	118
6.2.2	Ontogenie der Sprossachse	118
6.2.2.1	Vegetationskegel	118
6.2.2.2	Determination	119
6.2.2.3	Differenzierungszone	119
6.2.2.4	Entstehung der Leitbündel	119
6.2.2.5	Primäres Dickenwachstum (Erstarkungswachstum)	120
6.2.2.6	Längsdifferenzierung der Sprossachse	120
6.2.3	Anatomie der Sprossachse	121
6.2.3.1	Dicotyle und Coniferen	121
6.2.3.2	Monocotyle	123
6.2.3.3	Mechanische Bauprinzipien der Sprossachse	123
6.2.3.4	Stelärtheorie	123
6.2.4	Sekundäre Veränderungen der Sprossachse	125
6.2.4.1	Sekundäres Dickenwachstum	125
6.2.4.2	Bau des Holzes	125
6.2.4.3	Bau der sekundären Rinde	130
6.2.4.4	Sekundäre und tertiäre Abschlussgewebe	131
6.2.4.5	Abweichende Formen sekundären Dickenwachstums	133
6.2.4.6	Wundheilung	133
6.2.5	Morphologie der Sprossachse	133
6.2.5.1	Längenwachstum der Sprossachse	133
6.2.5.2	Symmetrie und Dickenwachstum der Sprossachse	134
6.2.5.3	Blattstellung (Phyllotaxis)	134
6.2.5.4	Verzweigung der Sprossachse	136
6.3	Blatt	137
6.3.1	Phylogenie des Blattes	137
6.3.2	Ontogenie des Blattes	138
6.3.2.1	Blattanlagen	138
6.3.2.2	Blattwachstum	138
6.3.3	Anatomie des Blattes	139
6.3.3.1	Blattspreite (Lamina)	139
6.3.3.2	Blattstiel	144
6.3.4	Morphologie des Blattes	144
6.3.5	Blattfolge am Spross	147
6.3.6	Lebensdauer der Blätter, Blattfall	148
6.4	Wurzel	149
6.4.1	Ontogenie und primäre Anatomie der Wurzel	149
6.4.1.1	Wurzelanlage	149
6.4.1.2	Wurzelhaube (Calyptra)	151
6.4.1.3	Rhizodermis	151
6.4.1.4	Wurzelrinde	151
6.4.1.5	Zentralzylinder	152

6.4.1.6	Wurzelhals	152
6.4.2	Sekundäre Veränderungen der Wurzel	152
6.4.2.1	Sekundäres Dickenwachstum	152
6.4.2.2	Seitenwurzelbildung	154
6.4.3	Morphologie der Wurzel	154
6.4.4	Bewurzelungsformen	155
6.5	Anpassungen des Kormus	155
6.5.1	Ökologische Potenz und ökologische Nische	156
6.5.2	Anatomisch-morphologische Anpassungen an Standortbedingungen	156
6.5.2.1	Anpassungen an die Wasserverfügbarkeit	156
6.5.2.2	Anpassungen an die Überdauerung ungünstiger Zeiten	160
6.5.2.3	Anpassungen an die Lichtverhältnisse und zur Erhöhung der mechanischen Stabilität	163
6.5.2.4	Anpassungen an besondere Ernährungsbedingungen	167
6.5.2.5	Anpassungen als Schutz vor Tierfraß	169
6.5.2.6	Anpassungen an Feuer (Pyrophyten)	170
6.5.3	Lebensformen	170
<b>7</b>	<b>Fortpflanzung</b>	<b>173</b>
7.1	Fortpflanzungssysteme	173
7.1.1	Vegetative Fortpflanzung durch Zerfall oder Zerteilung	173
7.1.1.1	Einzeller	173
7.1.1.2	Vielzeller	173
7.1.2	Ungeschlechtliche Fortpflanzung durch besondere Zellen	175
7.1.3	Geschlechtliche Fortpflanzung	176
7.1.3.1	Formen der Syngamie	176
7.1.3.2	Meiose	177
7.1.3.3	Zeitpunkt der Meiose; Generationswechsel	179
7.1.3.4	Generationswechsel bei Landpflanzen (Moose und Kormophyten)	181
7.2	Blüte	186
7.2.1	Aufbau der Angiospermen-Blüte	186
7.2.2	Blütenbildung und Lebensdauer der Pflanze	188
7.2.3	Blütenstände (Infloreszenzen)	188
7.2.3.1	Aufbau von Blütenständen	188
7.2.3.2	Pseudanthien	188
7.2.3.3	Synfloreszenzen	189
7.2.3.4	Wichtige Infloreszenz-Formen	189
7.2.4	Phylogenie der Blüte	191
7.2.4.1	Phylogenie der Blütenhülle	191
7.2.4.2	Phylogenie der Staubblätter	191
7.2.4.3	Phylogenie der Fruchtblätter	191
7.2.5	Ontogenie der Blüte	192
7.2.6	Blütenhülle	192
7.2.7	Androeceum	192
7.2.7.1	Staubblätter	192
7.2.7.2	Staminodien	193
7.2.7.3	Pollensack und Bildung der Pollenkörner	193
7.2.7.4	Pollenkorn	193
7.2.8	Gynoeceum	194
7.2.8.1	Bau der Fruchtknotens	194
7.2.8.2	Placentation	195
7.2.8.3	Bau der Samenanlage	195
7.2.8.4	Lage des Fruchtknotens	196
7.2.9	Geschlechterverteilung und Bestäubung	196
7.2.9.1	Geschlechterverteilung in Blüten	196
7.2.9.2	Bestäubung	197

7.3.	Entwicklung der Gametophyten, Befruchtung	199
7.3.1	Entwicklung des Pollenkorns zum Mikrogametophyten	199
7.3.2	Entwicklung des Embryosacks zum Megagametophyten	200
7.3.3	Befruchtung	200
7.4	Same und Frucht	201
7.4.1	Bildung von Embryo und sekundärem Endosperm	201
7.4.2	Samenbildung	201
7.4.3	Samenanhängsel	203
7.4.4	Apomixis	203
7.4.5	Fruchtbildung	204
7.4.6	Fruchtformen	205
7.4.6.1	Einzelfrüchte	205
7.4.6.2	Sammelfrüchte	205
7.4.6.3	Zusammengesetzte Früchte	207
7.4.7	Verbreitung der Diasporen	207
7.4.7.1	Autochore Verbreitung	208
7.4.7.2	Allochore Verbreitung	208
<b>8</b>	<b>Grundlagen der Genetik</b>	<b>211</b>
8.1	Grundbegriffe	211
8.2	Variabilität und Vererbung, Modifikationen	212
8.3	Gesetzmäßigkeiten der Vererbung	213
8.3.1	Kreuzungsversuche	213
8.3.2	Kreuzung von Haplonten	213
8.3.3	Kreuzung von Diplonten: MENDEL'sche Regeln	215
8.3.3.1	Intermediäre Vererbung	215
8.3.3.2	Dominante Vererbung	216
8.3.3.3	MENDEL'sche Regeln	216
8.3.3.4	Abweichungen von den MENDEL'schen Regeln	217
8.4	Geschlechtsbestimmung und -vererbung	217
8.4.1	Haplogenetische Geschlechtsbestimmung	217
8.4.2	Diplogenetische Geschlechtsbestimmung; Geschlechtschromosomen	218
8.4.3	Inkompatibilität	218
8.4.4	Abweichende Geschlechtsverhältnisse	218
8.5	Chemische Natur der Gene	219
8.5.1	Genetischer Code	219
8.5.2	Viren und Phagen	220
8.5.3	Struktur der DNA	222
8.5.3.1	DNA der Prokaryoten	223
8.5.3.2	DNA der Eukaryoten	223
8.5.3.3	Information der DNA	223
8.5.4	Replikation der DNA	224
8.5.5	Rekombination	226
8.5.5.1	Konjugation und Rekombination bei Bakterien	226
8.5.6	Untersuchung von Genen	227
8.5.7	Mutation	229
8.5.7.1	Genmutationen	229
8.5.7.2	Chromosomenmutationen	231
8.5.7.3	Genom-Mutationen	232
8.5.7.4	Transposons	232
8.5.7.5	Vererbung epigenetischer Muster	233
8.6	Realisierung der genetischen Information	233
8.6.1	Gene als Funktionseinheiten	233
8.6.2	Transkription	233
8.6.3	Reverse Transkriptasen und Struktur der Gene bei Eukaryoten	234

8.6.4	Funktion der Ribonucleinsäuren	235
8.6.4.1	Kleinmolekulare Ribonucleinsäuren	235
8.6.4.2	Ribosomale Ribonucleinsäuren (rRNA)	236
8.6.5	Posttranskriptionale Veränderung der Ribonucleinsäuren ( <i>processing</i> )	236
8.6.6	Translation	238
8.6.7	Proteinfaltung	240
8.6.8	Lokalisierung und posttranslationale Veränderung der Proteine	242
8.7	Extrachromosomale Vererbung	245
8.8	Transgene Pflanzen	246
8.8.1	Einbringung rekombinanter DNA	247
8.8.2	Nachweis der Genübertragung	247
8.8.3	Genexpression	247
8.8.4	Protoplasten-Technik	247
8.9	Protein-Engineering	248
8.10	Genomik und Proteomik	248
<b>9</b>	<b>Grundprinzipien der Stoffwechselfysiologie</b>	<b>251</b>
9.1	Grundlagen der Energetik	251
9.2	Energetische Kopplung; Bedeutung von ATP	253
9.3	Energetik der Redoxreaktionen	255
9.4	Biologische Katalyse: Enzyme	256
9.4.1	Katalysator-Funktion der Enzyme	256
9.4.2	Kinetik der Enzymreaktionen	258
9.4.3	Regulation von Enzymreaktionen	259
9.4.4	Enzyme im Stoffwechsel	260
9.5	Lebewesen als offene Systeme	260
9.6	Membrantransport	261
9.6.1	Permeation	261
9.6.2	Spezifischer Transport	261
<b>10</b>	<b>Energiestoffwechsel der Pflanze</b>	<b>265</b>
10.1	Photosynthese	265
10.1.1	Primärreaktionen der Photosynthese	267
10.1.1.1	Photosynthetische Farbstoffe, Absorptions- und Wirkungsspektren	267
10.1.1.2	Physikalische Vorgänge: Lichtabsorption und Energiewanderung	270
10.1.1.3	Chemische Primärreaktionen	272
10.1.1.4	Photoprotektive Reaktionen	279
10.1.2	Sekundärreaktionen der Photosynthese (CO <sub>2</sub> -Fixierung und Reduktion)	279
10.1.3	Photosynthese und Umweltfaktoren	283
10.1.3.1	Anpassungen der Photosynthese an Standortverhältnisse	283
10.1.3.2	Abhängigkeit der Photosynthese von Umweltfaktoren	287
10.1.4	Bakterielle Photosynthese	289
10.2	Chemosynthese	290
10.3	Assimilationsprodukte und deren weitere Umsetzungen	291
10.3.1	Photosyntheseprodukte	291
10.3.2	Umsatz der Monosaccharide	292
10.4	Dissimilation, Übersicht	293
10.5	Monosaccharid-Abbau	296
10.5.1	Oxidativer Pentosephosphatzyklus (Hexosemonophosphat-Abbau)	296
10.5.2	Glykolyse	296
10.5.3	Gärungen	299
10.6	Dissimilation durch Citratzyklus und Endoxidation	300
10.6.1	Citratcyclus	300
10.6.1.1	Ablauf des Citratzyklus	301
10.6.1.2	Synthesen vom Citratzyklus aus	302

10.6.1.3	Porphyrin-Synthese	302
10.6.1.4	Anaplerotische CO <sub>2</sub> -Fixierung	302
10.6.2	Glyoxylat-Zyklus und Gluconeogenese	302
10.6.3	Speicherung von Carbonsäuren	303
10.6.4	Endoxidation	304
10.6.4.1	Elektronentransportkette	304
10.6.4.2	Atmungskettenphosphorylierung	306
10.6.4.3	Regulation der Atmungskette	306
10.6.4.4	Anaerobe Atmung (Nitrat- und Sulfatatmung)	306
10.7	Nebenatmung	307
10.8	Dissimilation und Umweltfaktoren	308
10.8.1	Untersuchung der Atmungsvorgänge	308
10.8.2	Einflüsse verschiedener Umweltfaktoren	309
<b>11</b>	<b>Stoffwechsel der Kohlenhydrate, Lipide und Stickstoffverbindungen</b>	<b>311</b>
11.1	Kohlenhydrat-Stoffwechsel: Oligo- und Polysaccharide	311
11.1.1	Oligosaccharide	312
11.1.2	Stärke	313
11.1.3	Zellwand-Polysaccharide	314
11.1.4	Glykoside (Heteroside)	315
11.2	Lipid-Stoffwechsel	316
11.2.1	Fettsäuren: Synthese und Abbau	316
11.2.1.1	Fettsäure-Biosynthese	316
11.2.1.2	Bildung ungesättigter Fettsäuren	318
11.2.1.3	Abbau der Fettsäuren	318
11.2.2	Fette (Reserve lipide)	319
11.2.3	Polare Lipide (Membran- oder Struktur lipide)	319
11.2.4	Oberflächen lipide	321
11.2.5	Terpenoide (Isoprenoide)	322
11.3	Stoffwechsel der Stickstoff-Verbindungen	324
11.3.1	Stoffwechsel des anorganischen Stickstoffs	325
11.3.1.1	Stickstoff-Fixierung	325
11.3.1.2	Nitrat-Reduktion	327
11.3.2	Stoffwechsel der Aminosäuren	327
11.3.2.1	Primäre Aminierung (Ammoniumassimilation)	327
11.3.2.2	Transaminierung	328
11.3.2.3	Aufbau des Kohlenstoff-Gerüsts der Aminosäuren	329
11.3.2.4	Abbau von Aminosäuren	329
11.3.2.5	Ammoniak-Entgiftung (Stickstoffspeicherung)	332
11.3.2.6	Sulfat-Reduktion	332
11.3.3	Stoffwechsel der Peptide und Proteine	334
11.3.3.1	Oligopeptide	334
11.3.3.2	Eigenschaften und Klassifizierung der Proteine	335
11.3.3.3	Stoffwechsel der Proteine	336
11.3.4	Nucleotidstoffwechsel	337
11.3.5	Alkaloide	338
11.3.6	Glucosinolate und cyanogene Verbindungen	340
11.4	Stoffwechsel der Aromaten	340
<b>12</b>	<b>Wasser- und Ionenhaushalt; Transportvorgänge</b>	<b>345</b>
12.1	Wasserhaushalt der Pflanze	345
12.1.1	Wasserabgabe	345
12.1.2	Wasseraufnahme	347
12.1.3	Wassertransport	348
12.2	Assimilat-Transport im Phloem	349

12.3	Stoffausscheidung (Exkretion) .....	350
12.4	Ionenhaushalt .....	351
12.4.1	Funktion der Ionen .....	351
12.4.2	Aufnahme und Transport der Ionen .....	352
12.4.3	Spaltöffnungsbewegung .....	354
12.4.4	Das Membranpotenzial als Folge der Ionenverteilung .....	354
12.4.5	Ionen als Standortfaktoren .....	356
<b>13</b>	<b>Heterotrophe Ernährung .....</b>	<b>357</b>
13.1	Saprophytismus .....	358
13.2	Parasitismus .....	358
13.3	Symbiose .....	359
13.3.1	Flechten .....	359
13.3.2	Mykorrhiza .....	360
13.4	Carnivorie .....	361
<b>14</b>	<b>Entwicklung und Wachstum .....</b>	<b>363</b>
14.1	Wachstum und Differenzierung .....	363
14.1.1	Wachstum der einzelnen Zellen .....	363
14.1.2	Wachstum der Organe .....	364
14.1.3	Differenzierung .....	364
14.1.3.1	Differenzierung und Totipotenz .....	364
14.1.3.2	Dedifferenzierung und Restitution .....	365
14.1.3.3	Determination und Musterbildung .....	365
14.1.3.4	Korrelationen .....	366
14.1.4	Polarität .....	366
14.1.5	Positionseffekt .....	367
14.2	Regulationsvorgänge .....	368
14.2.1	Differentielle Genaktivität .....	368
14.2.2	Voraussetzungen der Regulationsvorgänge in der Zelle .....	369
14.2.3	Intrazelluläre Regulation .....	369
14.2.3.1	Regulation der Art und Anzahl der Proteine .....	370
14.2.3.2	Posttranslationale Regulation .....	376
14.2.3.3	Regulation der Aktivität von Enzymen .....	376
14.2.3.4	Metaboliten-Regulation .....	378
14.2.4	Signaltransduktion in der Zelle .....	378
14.2.4.1	Proteine in der Signaltransduktion .....	378
14.2.4.2	Intrazelluläre Botenstoffe .....	379
14.2.4.3	Metabolit-Signale .....	380
14.2.4.4	Regulation des Zellzyklus .....	380
14.2.4.5	Zelluläre Regulation .....	380
14.3	Innere Entwicklungsfaktoren .....	381
14.3.1	Phytohormone .....	381
14.3.1.1	Auxine .....	381
14.3.1.2	Gibberelline .....	384
14.3.1.3	Cytokinine .....	384
14.3.1.4	Abscisinsäure .....	385
14.3.1.5	Ethen (Ethylen) .....	385
14.3.1.6	Octadecanoide und Jasmonate .....	386
14.3.1.7	Brassinosteroide .....	386
14.3.1.8	Weitere hormonartige Stoffe .....	386
14.3.1.9	Zusammenarbeit der Hormone .....	387
14.3.2	Morphoregulatoren .....	388
14.3.3	Gallbildungen .....	388
14.3.4	Gegenseitige Erkennung von Zellen .....	388

14.4	Äußere Entwicklungsfaktoren	389
14.4.1	Licht	389
14.4.1.1	Phytochrome und ihre Wirkungen	389
14.4.1.2	Wirkungen von Blaulicht und UV-Strahlung	392
14.4.2	Temperatur	392
14.4.3	Schwerkraft	393
14.4.4	Chemische Einflüsse auf die Entwicklung	393
14.4.5	Mechanische Wirkungen	393
14.4.6	Stressphysiologie	393
14.4.6.1	Temperaturstress	395
14.4.6.2	Dürrestress	397
14.4.6.3	Andere abiotische Stressfaktoren	397
14.4.6.4	Stress durch Parasitenbefall	397
14.5	Entwicklung und Rhythmik	399
14.5.1	Vegetative Entwicklung	399
14.5.2	Blütenbildung	399
14.5.2.1	Blühinduktion	399
14.5.2.2	Vernalisation	399
14.5.2.3	Photoperiodismus und Blütenbildung	400
14.5.2.4	Weitere photoperiodisch gesteuerte Vorgänge	401
14.5.2.5	Regulation der Blüten- und Embryobildung	401
14.5.3	Bildung der Samen und Früchte	402
14.5.4	Aktivitätswechsel ausdauernder Arten	403
14.5.5	Programmierter Zelltod	403
14.5.6	Keimruhe und Keimung	403
14.5.6.1	Keimfähigkeit	403
14.5.6.2	Umweltfaktoren und Keimung	404
14.5.6.3	Mobilisierung der Reservestoffe	404
14.5.7	Rhythmik	404
14.5.7.1	Circadiane Rhythmik	405
14.5.7.2	Molekularer Mechanismus der inneren Uhr	406
14.6	Tumoren	406
14.6.1	Infektionstumoren	407
14.6.2	Anwendung des T <sub>i</sub> -Plasmids	407
<b>15</b>	<b>Bewegungen</b>	<b>411</b>
15.1	Bewegung und Reizbarkeit bei Pflanzen	411
15.2	Intrazelluläre Bewegungen und Bewegungen von Zellen	412
15.2.1	Intrazelluläre Bewegungen	412
15.2.2	Mechanismen der Zellbewegungen	412
15.2.3	Freie Ortsbewegungen (Taxien)	413
15.3	Bewegungsmechanismen der vielzelligen Pflanzen	415
15.3.1	Mechanische Bewegungen	415
15.3.1.1	Quellungsbewegungen	415
15.3.1.2	Kohäsionsbewegungen	416
15.3.2	Bewegungen unter Beteiligung der Protoplasten	417
15.3.2.1	Wiederholbare Turgorbewegungen	417
15.3.2.2	Schleuder- und Explosionsbewegungen	418
15.3.2.3	Wachstumsbewegungen	419
15.4	Reizbewegungen vielzelliger Pflanzen	419
15.4.1	Wirkungen von Strahlung	419
15.4.2	Wirkungen der Schwerkraft	420
15.4.3	Chemische Wirkungen	422
15.4.4	Mechanische Wirkungen	422
15.4.5	Wirkungen der Temperatur	423

<b>16</b>	<b>Evolution</b> .....	<b>425</b>
16.1	Nachweis der Evolution .....	425
16.1.1	Baupläne der Lebewesen und ihr Vergleich .....	425
16.1.2	Beobachtungen an Populationen .....	425
16.1.3	Stammbaumforschung .....	426
16.2	Evolutionen Faktoren .....	428
16.2.1	Mutationen .....	428
16.2.2	Genetische Rekombination .....	429
16.2.3	Selektion .....	429
16.2.4	Gendrift .....	430
16.2.5	Aufspaltung von Genpools (genetische Separation) .....	430
16.3	Einige Prinzipien des Evolutionsvorgangs .....	432
16.4	Transspezifische Evolution .....	433
16.4.1	Indizien für die transspezifische Evolution .....	433
16.4.2	Entstehung und Ausbreitung neuer Organisationsformen .....	433
16.4.3	Anagenese (Höherentwicklung) .....	435
16.5	Entstehung des Lebens und Evolution des Pflanzenreiches .....	437
16.5.1	Entstehung des Lebens auf der Erde (Biogenese) .....	437
16.5.1.1	Chemische Evolution .....	437
16.5.1.2	Von Makromolekülen zu Protobionten .....	438
16.5.2	Evolution des Stoffwechsels .....	439
16.5.3	Evolution des Pflanzenreichs .....	439
	<b>Weiterführende Literatur</b> .....	<b>443</b>
	<b>Register</b> .....	<b>449</b>