

## Inhalt

<b>1</b>	<b>Molekularer Aufbau des pflanzlichen Organismus</b>	1
Elmar W. Weiler		
1.1	Elementare Zusammensetzung des Pflanzenkörpers .....	3
1.2	Kohlenstoff: Grundelement organischer Verbindungen .....	6
1.3	Die wichtigsten organischen Verbindungen .....	12
1.3.1	Monomere Verbindungen .....	14
1.3.2	Polymere Verbindungen .....	26
1.4	Wasser .....	42
<b>2</b>	<b>Zellstruktur</b>	45
Elmar W. Weiler		
2.1	Übersicht über die Zellbestandteile .....	47
2.2	Struktur des Cytoplasmas .....	48
2.3	Cytoplasmatische Einschlüsse .....	51
2.3.1	Cytoskelett .....	51
2.3.2	Ribosomen .....	57
2.4	Biomembranen .....	59
2.4.1	Chemische Zusammensetzung .....	59
2.4.2	Membranmodelle .....	61
2.4.3	Funktionen von Biomembranen .....	65
2.5	Das System der Grundmembranen .....	66
2.5.1	Endoplasmatisches Reticulum .....	67
2.5.2	Golgi-Apparat .....	68
2.5.3	Plasmalemma und Tonoplast .....	69
2.5.4	Zellkern .....	70
2.5.5	Microbodies .....	73
2.5.6	Vesikelfluß im System der Grundmembranen .....	74
2.5.7	Plasmodesmen .....	77
2.6	Semiautonome Zellorganellen .....	79
2.6.1	Mitochondrien .....	79
2.6.2	Plastiden .....	81
2.7	Zellwand .....	88
2.7.1	Chemie der Zellwand .....	88
2.7.2	Aufbau der Zellwand .....	94
<b>3</b>	<b>Zellspezialisierungen</b>	99
Elmar W. Weiler		
3.1	Gewebetypen .....	101
3.2	Wachstum und Differenzierung der Zelle .....	102
3.2.1	Die Zellsaftvakuole .....	103
3.2.2	Zellwandwachstum .....	106
3.2.3	Zellfusionen .....	113
3.3	Sekundäre Veränderungen der Zellwand .....	116
3.3.1	Verholzung .....	117
3.3.2	Mineralstoffeinlagerung .....	118
3.3.3	Cutinisierung und Ablagerung von Wachsen .....	118
3.4	Drüsenzellen .....	123

**4 Organisationsformen der Pflanzen** 125

Elmar W. Weiler

<b>4.1 Stammbaum der Pflanzen</b> .....	127
<b>4.2 Prokaryoten</b> .....	134
4.2.1 Bakterien .....	135
4.2.2 Archaea .....	145
4.2.3 Vielzellige Prokaryoten .....	146
<b>4.3 Einzellige Eukaryoten</b> .....	149
<b>4.4 Organisationsformen der Thallophyten</b> .....	154
4.4.1 Zellkolonie .....	154
4.4.2 Coenoblast .....	155
4.4.3 Fadenthallus .....	156
4.4.4 Flechtthallus .....	157
4.4.5 Gewebethallus .....	158
<b>4.5 Organisationsformen der Bryophyten</b> .....	160
<b>4.6 Organisationsform der Kormophyten</b> .....	162

**5 Kormus** 165

Elmar W. Weiler

<b>5.1 Sproßachse</b> .....	167
5.1.1 Sproßscheitel .....	167
5.1.2 Bau des Leitsystems .....	168
5.1.3 Primärer Bau der Sproßachse .....	170
5.1.4 Sekundäres Dickenwachstum der Sproßachse .....	171
5.1.5 Morphologie der Sproßachse .....	179
<b>5.2 Blatt</b> .....	182
5.2.1 Entwicklung des Blattes .....	183
5.2.2 Anordnung der Blätter an der Sproßachse .....	184
5.2.3 Anatomie des Laubblattes .....	188
5.2.4 Metamorphosen des Blattes .....	193
<b>5.3 Wurzel</b> .....	194
5.3.1 Wurzelscheitel .....	195
5.3.2 Primärer Bau der Wurzel .....	196
5.3.3 Seitenwurzeln .....	199
5.3.4 Sekundäres Dickenwachstum der Wurzel .....	202
5.3.5 Metamorphosen der Wurzel .....	203

**6 Bioenergetik: thermodynamische Grundlagen der Lebensprozesse** 205

Elmar W. Weiler

<b>6.1 Energie, Arbeit, Leistung</b> .....	207
6.1.1 Hauptsätze der Thermodynamik .....	208
6.1.2 Chemisches Potential .....	210
6.1.3 Wasserpotential .....	211
6.1.4 Energiewandlung und energetische Kopplung .....	216
<b>6.2 Transport durch Biomembranen</b> .....	218
6.2.1 Permeabilität von Biomembranen .....	218
6.2.2 Transportproteine in Biomembranen .....	219
<b>6.3 Enzymatische Katalyse</b> .....	225

---

<b>13.11</b>	<b>Gentechnik und DNA-Sequenzierung</b> .....	425
13.11.1	DNA-Klonierung .....	425
13.11.2	Die Polymerasekettenreaktion (PCR) .....	427
13.11.3	Kopplung von reverser Transkription mit PCR (RT-PCR) .....	428
13.11.4	DNA-Sequenzierung .....	429
<b>13.12</b>	<b>Pflanzentransformation und transgene Pflanzen</b> .....	430
13.12.1	Transiente Transformation und Reporterassays .....	431
13.12.2	Herstellung transgener Pflanzen .....	432
13.12.3	Anbau transgener Pflanzen .....	434

**14 Fortpflanzung und Vermehrung bei Niederer und Höheren Pflanzen** ..... 437

Lutz Nover

<b>14.1</b>	<b>Definitionen und Grundbegriffe</b> .....	439
14.1.1	Sexualität – Bildung von Gameten und Befruchtung .....	439
14.1.2	Generationswechsel .....	441
14.1.3	Vegetative Vermehrung .....	443
<b>14.2</b>	<b>Drei Formen von Entwicklungszyklen bei Grünalgen</b> .....	445
<b>14.3</b>	<b>Drei Formen von Generationswechsel bei Braunalgen</b> .....	450
<b>14.4</b>	<b>Generationswechsel bei Rotalgen</b> .....	454
<b>14.5</b>	<b>Zelluläre Schleimpilze</b> .....	458
<b>14.6</b>	<b>Fortpflanzung und Vermehrung der echten Pilze</b> .....	462
14.6.1	Ascomyceten (Schlauchpilze) .....	462
14.6.2	Basidiomyceten (Ständerpilze) .....	470
<b>14.7</b>	<b>Generationswechsel der Archegoniaten</b> .....	474
14.7.1	Moose .....	474
14.7.2	Farne .....	476
<b>14.8</b>	<b>Generationswechsel der Samenpflanzen</b> .....	479

**15 Genexpression und ihre Kontrolle** ..... 485

Lutz Nover

<b>15.1</b>	<b>Informationsverarbeitung</b> .....	487
15.1.1	Genexpression und Informationsamplifikation .....	487
15.1.2	Genstruktur und Grundprozesse der Genexpression .....	488
<b>15.2</b>	<b>Transkription bei <i>E. coli</i></b> .....	494
15.2.1	Biochemie der Transkription .....	495
15.2.2	RNA-Polymerase von <i>E. coli</i> .....	496
15.2.3	Drei Phasen der Transkription .....	496
<b>15.3</b>	<b>Regulation der Transkription bei <i>E. coli</i></b> .....	498
15.3.1	Das <i>Lac</i> -Operon .....	498
15.3.2	Promotorstärke und alternative Sigmafaktoren .....	503
<b>15.4</b>	<b>Transkription und RNA-Verarbeitung in Pflanzenzellen</b> .....	505
15.4.1	Sechs RNA-Polymerasen in Pflanzenzellen .....	505
15.4.2	RNA-Verarbeitung: Kappenbildung und Spleißen .....	506
15.4.3	Alternatives Spleißen .....	511
15.4.4	RNAP II als biologische Maschine .....	513
15.4.5	Organisation der Transkription am Chromatin .....	519
<b>15.5</b>	<b>Transkriptionskontrolle bei Eukaryoten</b> .....	520
15.5.1	Klassifizierung von Transkriptionsfaktoren .....	521
15.5.2	Funktionelle Anatomie von Transkriptionsfaktoren .....	524
15.5.3	Kernimport und -export .....	525
15.5.4	Das Galactose-Regulon in Bäckerhefe .....	527
15.5.5	Transkriptionskontrolle bei der Hitzestressantwort .....	529

---

<b>15.6</b>	<b>Ribosomensynthese</b>	530
<b>15.7</b>	<b>Proteinbiosynthese</b>	535
15.7.1	Aminosäureaktivierung	535
15.7.2	Der Translationszyklus an Ribosomen	537
15.7.3	Eukaryotische mRNP-Komplexe	540
15.7.4	Postsynthetische Modifikation von Proteinen	541
<b>15.8</b>	<b>Kontrolle der Translation</b>	546
<b>15.9</b>	<b>Proteinfaltung und die Rolle molekularer Chaperone</b>	548
15.9.1	Entstehung der Raumstruktur von Proteinen	548
15.9.2	Hitzestressproteine als molekulare Chaperone	550
15.9.3	Zwei biologische Nanomaschinen	552
15.9.4	Faltung von Proteinen in einem Netzwerk von Chaperonen	554
<b>15.10</b>	<b>Proteintopogenese</b>	556
15.10.1	Zwei Klassen von Proteinen werden bei der Translation getrennt	557
15.10.2	Proteinimport in Plastiden	559
15.10.3	Vesikeltransport von Proteinen	562
15.10.4	Entstehung und Reifung von Glykoproteinen	566
<b>15.11</b>	<b>Proteinabbau und seine Kontrolle</b>	570
15.11.1	Das Ubiquitin-Proteasom-System	570
15.11.2	E3-Ubiquitin-Ligase-Komplexe	571
15.11.3	Pflanzliche Proteasen	574
<b>15.12</b>	<b>Genexpression in Plastiden</b>	574
15.12.1	Plastidengenom und Transkription	575
15.12.2	Prozessierung polycistronischer mRNAs	577
15.12.3	RNA-Editing	579
15.12.4	Translation und Proteinfaltung	580
15.12.5	Lichtkontrollierte Translation am Beispiel des D1-Proteins	581
15.12.6	Abstimmung der Genexpressionsprozesse zwischen Kern und Plastiden	583
<b>15.13</b>	<b>Mikrobielle Sekundärmetabolite als Antibiotika und Biopharmaka</b>	585

---

## **16 Phytohormone und Signalstoffe** 589

Lutz Nover

<b>16.1</b>	<b>Begriffe und Analysen</b>	591
<b>16.2</b>	<b>Phytohormone – auf einen Blick</b>	593
<b>16.3</b>	<b>Cytokinine</b>	594
16.3.1	Struktur, Biosynthese, Abbau	595
16.3.2	Biologische Wirkungen der Cytokinine	597
16.3.3	Molekularer Wirkungsmechanismus	598
<b>16.4</b>	<b>Auxine</b>	600
16.4.1	Struktur, Biosynthese und Abbau der Auxine	601
16.4.2	Auxintransport	605
16.4.3	Wirkung von Auxinen	606
16.4.4	Auxinrezeptoren und Signaltransduktion	609
<b>16.5</b>	<b>Gibberelline</b>	612
16.5.1	Struktur, Biosynthese und Abbau von Gibberellinen	612
16.5.2	Biologische Wirkung	615
16.5.3	Signaltransduktion	618
<b>16.6</b>	<b>Brassinosteroide</b>	620
16.6.1	Biosynthese und Inaktivierung der Brassinosteroide	621
16.6.2	Biologische Wirkungen der Brassinosteroide	624
16.6.3	Molekularer Wirkungsmechanismus	624

<b>16.7</b>	<b>Ethylen</b> .....	627
16.7.1	Biosynthese von Ethylen .....	627
16.7.2	Biologische Wirkungen .....	628
16.7.3	Ethylen und Fruchttechnologie .....	630
16.7.4	Ethylenrezeption und Signaltransduktion .....	633
<b>16.8</b>	<b>Abscisinsäure</b> .....	635
16.8.1	ABA-Biosynthese und -Abbau .....	636
16.8.2	Biologische Wirkungen .....	638
16.8.3	ABA-Rezeption und Signaltransduktion .....	640
<b>16.9</b>	<b>Jasmonsäure</b> .....	641
16.9.1	JA-Biosynthese und Metabolisierung .....	642
16.9.2	Wirkungen der Jasmonsäure .....	644
16.9.3	Wirkungsmechanismus .....	647
<b>16.10</b>	<b>Weitere pflanzliche Signalstoffe</b> .....	648
16.10.1	Peptidsignale .....	648
16.10.2	Stickstoffmonoxid (NO) .....	650
16.10.3	Ca <sup>2+</sup> und Signaltransduktionsketten .....	655
16.10.4	Salicylsäure .....	657
<b>16.11</b>	<b>Hormonnetzwerke</b> .....	659
16.11.1	Zellzykluskontrolle durch Hormone .....	660
16.11.2	Apikaldominanz .....	662
16.11.3	Pflanzenregeneration .....	665

## 17 Licht und Schwerkraft 669

Lutz Nover

<b>17.1</b>	<b>Pflanzen und Licht</b> .....	671
17.1.1	Lichtrezeptoren .....	673
17.1.2	Phytochrome .....	674
17.1.3	Cryptochrom .....	678
17.1.4	Phototropine .....	679
<b>17.2</b>	<b>Lichtgesteuerte Wachstumsprozesse</b> .....	680
17.2.1	Etiolierung und Deetiolierung von Keimpflanzen .....	681
17.2.2	Schattenvermeidungssyndrom .....	685
17.2.3	Circadiane Rhythmen .....	688
17.2.4	Photoperiodismus .....	693
17.2.5	Kontrolle der Nitrat-Reductase .....	699
<b>17.3</b>	<b>Gravitropismus</b> .....	701
17.3.1	Begriffe und Definitionen .....	701
17.3.2	Wahrnehmung und Verarbeitung von Schwerkraftreizen .....	703

## 18 Pflanzliche Entwicklung 709

Lutz Nover

<b>18.1</b>	<b>Grundlagen pflanzlicher Entwicklung</b> .....	711
<b>18.2</b>	<b>Meristeme</b> .....	713
18.2.1	Vegetative Meristeme in Pflanzen .....	713
18.2.2	Das Sproßapikalmeristem (SAM) .....	714
18.2.3	SAM als morphogenetisches Feld für die Entstehung von Blattanlagen .....	716
18.2.4	Entwicklung von Blättern und Leitbündeln .....	720
18.2.5	Das Apikalmeristem der Wurzel (RAM) .....	724
<b>18.3</b>	<b>Muster der Zellspezialisierungen in der Epidermis</b> .....	727
18.3.1	Entwicklung von Trichomen bei <i>Arabidopsis</i> .....	728
18.3.2	Bildung von Wurzelhaaren .....	729

<b>18.4</b>	<b>Blütenentwicklung</b> .....	731
18.4.1	Blühinduktion .....	731
18.4.2	Kontrolle der Blütenorganidentität .....	733
18.4.3	Realisierung der Blütenmorphologie .....	737
<b>18.5</b>	<b>Bestäubung und Befruchtung</b> .....	742
18.5.1	Pollenentwicklung auf der Narbe .....	742
18.5.2	Blütenbiologie und Bestäubungsbiologie .....	747
18.5.3	Molekulare Mechanismen der Selbstinkompatibilität .....	750
<b>18.6</b>	<b>Embryonal- und Fruchtentwicklung</b> .....	753
18.6.1	Embryogenese .....	754
18.6.2	Samen- und Fruchtentwicklung .....	758
18.6.3	Samen und Früchte als Verbreitungseinheiten .....	764
18.6.4	Samenruhe und Samenkeimung .....	766

<b>19</b>	<b>Pflanzen und Stress</b> .....	771
-----------	----------------------------------	-----

Lutz Nover

<b>19.1</b>	<b>Das Stresssyndrom im Alltag der Pflanzen</b> .....	773
<b>19.2</b>	<b>Hitzestressantwort</b> .....	776
<b>19.3</b>	<b>Kälte-, Salz- und Wassermangelstress</b> .....	778
19.3.1	Molekulare Mechanismen .....	780
19.3.2	Kältestress .....	782
19.3.3	Salzstress .....	783
<b>19.4</b>	<b>Oxidativer Stress</b> .....	783
<b>19.5</b>	<b>Hypoxie durch Überflutung</b> .....	786
<b>19.6</b>	<b>Wirkung chemischer Stressoren</b> .....	788
19.6.1	Schwermetallstress .....	789
19.6.2	Chemischer Stress durch Herbizide .....	791
<b>19.7</b>	<b>Mechanischer Stress und Verwundung</b> .....	796

<b>20</b>	<b>Biotische Stressoren – Wechselwirkung von Pflanzen mit anderen Organismen</b> .....	803
-----------	--	-----

Lutz Nover

<b>20.1</b>	<b>Direkte und indirekte Wechselwirkung zwischen Organismen</b> .....	805
<b>20.2</b>	<b>Pflanzenparasiten</b> .....	809
<b>20.3</b>	<b>Flechten</b> .....	811
<b>20.4</b>	<b>Mykorrhiza</b> .....	813
<b>20.5</b>	<b>Symbiotische Stickstoff-Fixierung</b> .....	816
<b>20.6</b>	<b>Pflanzenpathogene Mikroorganismen</b> .....	822
20.6.1	Erkennung von Pflanzen und Mikroorganismen .....	822
20.6.2	Entstehung von Pflanzentumoren nach Infektion mit <i>Agrobacterium tumefaciens</i> .....	828
<b>20.7</b>	<b>Viren und Viroide</b> .....	833
20.7.1	Symptome von Viruserkrankungen .....	834
20.7.2	Virusgenome: Replikation und Expression .....	835
20.7.3	Wege der Infektion und Verbreitung .....	841
20.7.4	Pflanzliche Abwehr gegen Viruserkrankungen .....	843

<b>21</b>	<b>Anhang</b> .....	845
-----------	---------------------	-----

<b>Weiterführende Literatur</b> .....	847
<b>Sachverzeichnis</b> .....	858