

58 (07)  
581



# Lehrbuch der **Botanik** für Hochschulen

Begründet von

E. Strasburger · F. Noll  
H. Schenck · A.F.W. Schimper

## **35. Auflage**

neubearbeitet von

Peter Sitte  
Elmar W. Weiler  
Joachim W. Kadereit  
Andreas Bresinsky  
Christian Körner



Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg · Berlin

58 (07)

# Inhalt

<b>Zeittafel</b> . . . . .	XII
<b>Einleitung</b> . . . . .	1

## ERSTER TEIL: STRUKTUR

<b>1 Molekulare Grundlagen – die Bausteine der Zellen</b> . . . . .	15
1.1 Struktur und Eigenschaften des Wassers . . . . .	16
1.2 Nucleinsäuren . . . . .	18
1.3 Proteine . . . . .	24
1.4 Polysaccharide . . . . .	30
1.5 Lipide . . . . .	33
<b>2 Bau und Feinbau der Zelle</b> . . . . .	37
2.1 Zellforschung . . . . .	38
2.2 Die Pflanzenzelle . . . . .	42
2.3 Zellbau bei Prokaryoten . . . . .	107
2.4 Endosymbionten-Theorie und Hydrogen-Hypothese . . . . .	112
<b>3 Die Gewebe der Sprosspflanzen</b> . . . . .	115
3.1 Bildungsgewebe (Meristeme) . . . . .	116
3.2 Dauergewebe . . . . .	122

## ZWEITER TEIL: PHYSIOLOGIE

<b>6 Stoffwechselphysiologie</b> . . . . .	221
6.1 Energetik des Stoffwechsels . . . . .	223
6.2 Mineralstoffhaushalt . . . . .	239
6.3 Wasserhaushalt . . . . .	252
6.4 Photosynthese: die Lichtreaktion . . . . .	267
6.5 Photosynthese: der Weg des Kohlenstoffs . . . . .	288
6.6 Die Assimilation von Nitrat . . . . .	307
6.7 Die Assimilation von Sulfat . . . . .	310
6.8 Der Transport der Assimilate in der Pflanze . . . . .	311
6.9 Chemoautotrophie . . . . .	314
6.10 Energiegewinnung durch den Abbau von Kohlenhydraten . . . . .	315
6.11 Die Bildung der Struktur- und Speicherlipide . . . . .	327
6.12 Die Mobilisierung der Speicherlipide . . . . .	330

<b>4 Morphologie und Anatomie der Sprosspflanzen</b> . . . . .	143
4.1 Morphologie und Anatomie . . . . .	144
4.2 Die Sprossachse . . . . .	151
4.3 Blattorgane: Gestalten und Metamorphosen . . . . .	188
4.4 Wurzeln . . . . .	200
<b>5 Gestaltungsprinzipien bei Thallophyten</b> . . . . .	209
5.1 Einzeller und Vielzeller . . . . .	209
5.2 Zellthallus und Schlauchthallus . . . . .	211
5.3 Vielzellige Algenthalli . . . . .	212
5.4 Das Mycel der Pilze . . . . .	214
5.5 Organisationsformen bei Leber- und Laubmoosen . . . . .	215
6.13 Die Bildung der Aminosäuren . . . . .	332
6.14 Die Bildung von Purinen und Pyrimidinen . . . . .	335
6.15 Die Bildung von Tétrapyrrolen . . . . .	337
6.16 Sekundärstoffwechsel . . . . .	339
6.17 Pflanzentypische fundamentale Polymere . . . . .	351
6.18 Stoffausscheidungen der Pflanzen . . . . .	357
<b>7 Entwicklungsphysiologie</b> . . . . .	361
7.1 Entwicklungsphysiologische Grundprinzipien . . . . .	362
7.2 Genetische Grundlagen der Entwicklung . . . . .	365
7.3 Zelluläre Grundlagen der Entwicklung . . . . .	388
7.4 Interaktionen von Zellen im Entwicklungsgeschehen . . . . .	403

7.5	Systemische Kontrolle der Entwicklung	410	9	Allelophysiologie	489
7.6	Kontrolle der Entwicklung durch Phytohormone	411	9.1	Besonderheiten der heterotrophen Ernährung	490
7.7	Kontrolle der Entwicklung durch Außenfaktoren	438	9.2	Symbiose	493
8	Physiologie der Bewegungen	457	9.3	Pathogene	503
8.1	Grundbegriffe der Reizphysiologie	457	9.4	Herbivorie	512
8.2	Die freien Ortsbewegungen	458	9.5	Allelopathie	516
8.3	Bewegungen lebender Organe	466			
8.4	Sonstige Bewegungen	485			

## DRITTER TEIL: EVOLUTION UND SYSTEMATIK

10	Evolution	521	11	Systematik und Stammesgeschichte	571
10.1	Variation	522	11.1	Methoden der Systematik	572
10.2	Muster und Ursachen natürlicher Variation	546	11.2	Bakterien, Pilze und Pflanzen	581
10.3	Artbildung	552	11.3	Stammes- und Vegetationsgeschichte	866
10.4	Makroevolution	568			

## VIERTER TEIL: ÖKOLOGIE

12	Grundlagen der Pflanzenökologie	889	14	Populations- und Vegetationsökologie	961
12.1	Limitierung, Fitness und Optimum	889	14.1	Populationsökologie	961
12.2	Stress und Anpassung	891	14.2	Pflanzenareale	972
12.3	Der Faktor Zeit und nichtlineare Reaktionen	892	14.3	Vegetationsökologie	986
12.4	Biologische Variabilität	893			
12.5	Das Ökosystem und seine Struktur	894	15	Die Vegetation der Erde	1003
12.6	Pflanzenökologische Forschungsansätze	906	15.1	Die Vegetation Mitteleuropas	1004
13	Pflanzen im Lebensraum	907	15.2	Die Biome der Erde	1010
13.1	Strahlung und Energiehaushalt	907			
13.2	Licht als Signal	911	Literaturhinweise	1045	
13.3	Temperaturresistenz	912	Register	1083	
13.4	Mechanische Einflüsse	916	Gebräuchliche Abkürzungen	1121	
13.5	Wasserhaushalt	916	Einheiten und Symbole	1122	
13.6	Nährstoffhaushalt	924			
13.7	Wachstum und Kohlenstoffhaushalt	933			
13.8	Biotische Wechselwirkungen	951			
13.9	Biomasse- und Landnutzung durch den Menschen	954			

## Verzeichnis der Boxen

Box 2-1:	Zellfraktionierung	43	Box 4-5:	Metamorphosen der Wurzel	204
Box 2-2:	Die Kernteilungsspindel	64	Box 6-1:	Verfahren der Elektrophysiologie	250
Box 2-3:	Kompartimentierung und Gliederung der Zelle	76	Box 6-2:	In der Photobiologie wichtige Einheiten	306
Box 3-1:	Restmeristeme und Meristemoide	122	Box 7-1:	Die Acker-Schmalwand	367
Box 4-1:	Symmetrien und Muster	149	Box 7-2:	Konventionen zur Benennung von Genen, Proteinen und Phänotypen	370
Box 4-2:	Morphologie der Infloreszenzen	165	Box 7-3:	Herstellung transgener Pflanzen	371
Box 4-3:	Ausbildungsformen der Stele	176	Box 7-4:	Anwendungen transgener Pflanzen	374
Box 4-4:	Die Blätter tierfangender Pflanzen	199	Box 7-5:	Evolution pflanzlicher Rezeptoren	454

Box 9-1: Das Blumenkohlmosaikvirus . . . . .	506	Box 11-7: Vorkommen und Lebensweise der Algen . . . . .	696
Box 9-2: Biologie der Wurzelhalbstumoren . . . . .	509	Box 11-8: Embryophyten . . . . .	699
Box 10-1: Erfassung und Analyse phänotypischer und genetischer Variation . . . . .	538	Box 11-9: Tracheophyten . . . . .	717
Box 10-2: Populationsgenetik . . . . .	550	Box 11-10: Samenpflanzen (Spermatophyten) . . . . .	752
Box 11-1: Organisationstyp Prokaryoten . . . . .	585	Box 11-11: Massenextinktionen . . . . .	868
Box 11-2: Organisationstyp Schleimpilze . . . . .	601	Box 12-1: Klassifizierung von Böden . . . . .	904
Box 11-3: Organisationstyp Pilze . . . . .	605	Box 13-1: Mit $\delta^{13}\text{C}$ dem Kohlenstoff- und Wasserhaushalt auf der Spur . . . . .	942
Box 11-4: Vorkommen und Lebensweise der Pilze . . . . .	643	Box 14-1: Metapopulationen: die Folgen der Habitatfragmentierung für das Überleben von Arten . . . . .	966
Box 11-5: Organisationstyp eukaryotische Algen . . . . .	652		
Box 11-6: Verwendung von Algen . . . . .	676		

## Verzeichnis der Tabellen

Tab. 1: Biologische Komplexität . . . . .	10	Tab. 6-22: Standardredoxpotentiale der Redoxsysteme in der Atmungskette . . . . .	320
Tab. 1-1: Elektronegativität wichtiger Elemente . . . . .	17	Tab. 6-23: Dunkelatmung ausgewachsener Blätter . . . . .	325
Tab. 1-2: Größen und Funktionen der RNA-Arten im Vergleich zur DNA . . . . .	22	Tab. 6-24: Hauptgruppen pflanzlicher Toxine . . . . .	339
Tab. 1-3: Speicher- und Strukturpolysaccharide . . . . .	33	Tab. 6-25: Übersicht über die Terpenklassen und einige typische Vertreter . . . . .	344
Tab. 1-4: Anteile verschiedener Lipidklassen am Aufbau zellulärer Membranen . . . . .	35	Tab. 7-1: Dauer und Geschwindigkeit des Streckungswachstums einiger Pflanzenorgane . . . . .	364
Tab. 2-1: Übersicht über die 5 Grundtypen der Histone . . . . .	56	Tab. 7-2: Größen einiger komplett sequenzierter Genome . . . . .	370
Tab. 2-2: Einige Ribosomen-Daten . . . . .	71	Tab. 7-3: Der genetische Standardcode . . . . .	388
Tab. 2-3: Leitenzyme/charakteristische Verbindungen zellulärer Membranen und Kompartimente . . . . .	75	Tab. 7-4: Einige Abweichungen vom genetischen Standardcode . . . . .	389
Tab. 2-4: Chromoplasten und Gerontoplasten . . . . .	106	Tab. 7-5: Photomorphosen . . . . .	442
Tab. 4-1: Kletterpflanzen (Lianen) und ihre Halteorgane . . . . .	172	Tab. 7-6: Abhängigkeit der Blühinduktion von der Photoperiode . . . . .	444
Tab. 6-1: Wege der Kohlenstoffassimilation bei den Organismen . . . . .	223	Tab. 7-7: Beispiele für circadiane Rhythmen . . . . .	446
Tab. 6-2: Verbrennungswärmen wichtiger organischer Verbindungen . . . . .	224	Tab. 7-8: Photorezeptoren und durch sie vermittelte lichtregulierte Vorgänge . . . . .	450
Tab. 6-3: Änderungen der molaren freien Standardenthalpie für wichtige Stoffwechselreaktionen . . . . .	226	Tab. 7-9: Keiminduktion bei Salatachänen . . . . .	452
Tab. 6-4: Die internationale Klassifizierung von Enzymen . . . . .	234	Tab. 7-10: Klassifizierung der Phytochromantworten nach physikalischen Gesichtspunkten . . . . .	455
Tab. 6-5: Wassergehalte . . . . .	240	Tab. 8-1: Beispiele für chemotaktisch wirksame Verbindungen bei Pro- und Eukaryoten . . . . .	460
Tab. 6-6: Aschengehalt und -bestandteile bei verschiedenen Pflanzenteilen . . . . .	240	Tab. 9-1: Gattungen, die Arten mit Actinomyceten- Wurzelknöllchen aufweisen . . . . .	496
Tab. 6-7: Notwendigkeit von mineralischen Elementen für verschiedene Organismen . . . . .	241	Tab. 9-2: Anteil der Pflanzenschädlinge innerhalb bestimmter Organismengruppen . . . . .	503
Tab. 6-8: Zusammensetzung der Nährlösung nach Knop . . . . .	245	Tab. 9-3: Beispiele für tritrophe Wechsel- beziehungen zwischen Pflanzen, Herbivoren und deren Parasiten . . . . .	516
Tab. 6-9: In ionischer Form aufgenommene Nährelemente . . . . .	247	Tab. 10-1: Verschiedene Formen der Geschlechts- verteilung bei Angiospermen . . . . .	540
Tab. 6-10: Beweglichkeit mineralischer Elemente im Phloem . . . . .	252	Tab. 11-1: Wichtige taxonomische Rangstufen . . . . .	581
Tab. 6-11: Relative Wasserdampfkonzentration der Luft . . . . .	261	Tab. 11-3: Chemische Merkmale der Algenklassen . . . . .	662
Tab. 6-12: Transpiration von Blättern verschiedener Pflanzen . . . . .	263	Tab. 12-1: Korngrößenklassen . . . . .	901
Tab. 6-13: Querschnittsfläche des Wasser- leitungssystems bei verschiedenen Pflanzen . . . . .	265	Tab. 12-2: Porengrößenklassen . . . . .	902
Tab. 6-14: Mittägliche Spitzengeschwindigkeiten des Transpirationsstromes . . . . .	265	Tab. 13-1: Blattstickstoffkonzentration und spezifische Blattfläche in wichtigen Biomen . . . . .	926
Tab. 6-15: Hydraulische Leitfähigkeit des Xylems . . . . .	266	Tab. 13-2: Kennzahlen der funktionellen Wachstumsanalyse . . . . .	941
Tab. 6-16: Die Biomasse auf der Erde und ihre Verteilung auf die Kontinente und Meere . . . . .	268	Tab. 13-3: Wurzelmasse und Wurzeltiefe in den großen Biomen . . . . .	944
Tab. 6-17: Energiegehalt und elektrochemische Potentialdifferenz . . . . .	270	Tab. 13-4: Biomassen eines mitteleuropäischen Eichen-Hainbuchen-Mischwaldes . . . . .	946
Tab. 6-18: Bestandteile der photosynthetischen Elektronentransportkette . . . . .	282	Tab. 13-5: Weltweite Erträge an Pflanzenprodukten für den menschlichen Gebrauch (FAO 1999) . . . . .	955
Tab. 6-19: Lokalisierung einiger Enzyme in den beiden Chloroplastentypen von $C_4$ -Pflanzen . . . . .	300	Tab. 14-1: Korrelation von Samenmasse und Pflanzengröße . . . . .	971
Tab. 6-20: Untergruppen der $C_4$ -Arten . . . . .	302	Tab. 14-2: Grobklassifizierung der Abundanz-Werte . . . . .	989
Tab. 6-21: Das Stickstoffgleichgewicht auf der Erde . . . . .	307	Tab. 14-3: Lebensformenspektren einiger wichtiger Formationen und ökologischer Reihen . . . . .	990
		Tab. 14-4: Syntaxonomisches System der Pflanzengesellschaften nach J. Braun-Blanquet . . . . .	997
		Tab. 14-5: Zeigerwerte nach Ellenberg . . . . .	997