

Inhaltsverzeichnis

Teil I Struktur

Danksagung	2
1 Bau und Feinbau der Zelle	3
<i>Benedikt Kost</i>	
1.1 Zellbiologie	4
1.1.1 Lichtmikroskopie.....	4
1.1.2 Elektronenmikroskopie.....	8
1.2 Die Pflanzenzelle.....	9
1.2.1 Übersicht	9
1.2.2 Cytoplasma	12
1.2.3 Zellkern.....	20
1.2.4 Ribosomen	34
1.2.5 Biomembranen	36
1.2.6 Zelluläre Membranen und Kompartimente	39
1.2.7 Zellwände	47
1.2.8 Mitochondrien	59
1.2.9 Plastiden.....	61
1.3 Endosymbiontentheorie und Hydrogenhypothese	67
1.3.1 Endocytobiose	67
1.3.2 Entstehung der Plastiden und Mitochondrien durch Symbiogenese.....	68
Weiterführende Literatur	69
2 Die Gewebe der Gefäßpflanzen	71
<i>Benedikt Kost</i>	
2.1 Bildungsgewebe (Meristeme)	72
2.1.1 Apikale (Scheitel-)Meristeme und Primärmeristeme	73
2.1.2 Laterale Meristeme (Cambien)	78
2.2 Dauergewebe	78
2.2.1 Parenchym.....	79
2.2.2 Abschlussgewebe	79
2.2.3 Festigungsgewebe	87
2.2.4 Leitgewebe	89
2.2.5 Drüsenzellen und -gewebe	93
Weiterführende Literatur	96
3 Funktionelle Morphologie und Anatomie der Gefäßpflanzen.....	97
<i>Benedikt Kost, Joachim W. Kadereit</i>	
3.1 Morphologie und Anatomie	98
3.1.1 Homologie und Analogie	99
3.1.2 Kormus und Thallus	101
3.2 Sprossachse.....	102
3.2.1 Längsgliederung	104
3.2.2 Blattstellungen.....	106
3.2.3 Rhizome	107
3.2.4 Lebensformen	108
3.2.5 Verzweigung der Sprossachse	110
3.2.6 Besondere Funktionen und Anpassungsformen	114
3.2.7 Anatomie der Sprossachse im primären Zustand	118
3.2.8 Sprossachsen im sekundären Zustand	122

Inhaltsverzeichnis

3.3	Blattorgane: Formen und Metamorphosen	132
3.3.1	Laubblatt	133
3.3.2	Blattfolge	138
3.3.3	Gestaltabwandlungen bei Blättern	139
3.4	Wurzeln	143
3.4.1	Wurzelsysteme	143
3.4.2	Anatomie der Wurzel	149
3.5	Reproduktionsorgane der Samenpflanzen	152
3.5.1	Blüten	152
3.5.2	Blütenstände	164
3.5.3	Bestäubung	165
3.5.4	Befruchtung	169
3.5.5	Samen	170
3.5.6	Früchte	171
3.5.7	Samen- und Fruchtausbreitung	173
3.5.8	Samenkeimung	175
	Weiterführende Literatur	176

Teil II Genetik

	Danksagung	179
4	Proteine	181
	Benedikt Kost	
4.1	Aminosäuren, die Bausteine der Proteine	182
4.2	Aufbau von Proteinen	182
4.2.1	Primärstruktur	182
4.2.2	Räumliche Struktur von Proteinen	184
4.2.3	Proteinkomplexe	186
	Weiterführende Literatur	187
5	Nucleinsäuren	189
	Benedikt Kost	
5.1	Bausteine der Nucleinsäuren	190
5.2	Struktur der Desoxyribonucleinsäure (DNA)	191
5.3	Ribonucleinsäuren (RNAs)	193
	Weiterführende Literatur	193
6	Replikation	195
	Benedikt Kost	
	Weiterführende Literatur	197
7	Die genetischen Systeme der Pflanzenzelle	199
	Uwe Sonnewald	
7.1	Die Acker-Schmalwand (<i>Arabidopsis thaliana</i>) als Modellpflanze	200
7.2	Konventionen zur Benennung von Genen, Proteinen und Phänotypen	202
7.3	Das Kerngenom	203
7.4	Das Plastidengenom	205
7.5	Das Mitochondriengenom	207
	Weiterführende Literatur	208

8	Grundlagen der Genaktivität .....	.209
	<i>Uwe Sonnewald</i>	
8.1	Genstruktur .....	.210
8.2	Ablauf der Transkription .....	.210
8.3	Kontrolle der Transkription .....	.216
	Weiterführende Literatur .....	.216
9	Grundlagen der Biosynthese und des Abbaus von Proteinen .....	.217
	<i>Uwe Sonnewald</i>	
9.1	Der genetische Code .....	.218
9.2	Translation .....	.219
9.3	Proteinabbau .....	.222
9.4	Sortierung der Proteine in der Zelle: Biogenese der Zellorganellen .....	.223
	Weiterführende Literatur .....	.226
10	Grundlagen der Vererbung .....	.227
	<i>Joachim W. Kadereit</i>	
10.1	Mendelsche Regeln .....	.228
10.2	Extranukleäre Vererbung .....	.231
	Weiterführende Literatur .....	.232
11	Mutationen .....	.233
	<i>Joachim W. Kadereit</i>	
11.1	Genmutation .....	.234
11.2	Chromosomenmutation .....	.236
11.3	Genommutation .....	.238
	Weiterführende Literatur .....	.240
12	Epigenetische Regulation .....	.241
	<i>Uwe Sonnewald</i>	
12.1	Epigenetische Regulation der Chromatinstruktur .....	.242
12.2	Epigenetische Regulation der mRNA-Stabilität und Translatierbarkeit .....	.243
12.3	RNA-Interferenz als Werkzeug der Molekularbiologie .....	.245
	Weiterführende Literatur .....	.245
13	Gentechnik .....	.247
	<i>Uwe Sonnewald</i>	
13.1	Geschichte der Grünen Gentechnik .....	.248
13.2	Biologie der Wurzelhalstumore .....	.248
13.3	Methoden des Gentransfers .....	.251
13.4	Merkmale und Anwendungsbeispiele .....	.254
	Weiterführende Literatur .....	.258

Teil III Entwicklung

14	Zelluläre Grundlagen der Entwicklung: entwicklungsbiologische Prinzipien .....	.261
	<i>Benedikt Kost</i>	
14.1	Wachstum .....	.263
14.2	Zellzyklus und Zellzykluskontrolle .....	.265
14.3	Zelldifferenzierung .....	.267
	Weiterführende Literatur .....	.271

15	Interaktionen von Zellen im Entwicklungsgeschehen.....	.273
	<i>Benedikt Kost</i>	
15.1	Kontrolle der Embryogenese .....	.274
15.2	Musterbildung in Gewebeschichten.....	.276
15.3	Kontrolle der Meristem- und Organidentität im Sprossmeristem .....	.277
15.4	Mechanismen der Zellkommunikation .....	.278
15.4.1	Austausch von Makromolekülen zwischen Zellen .....	.279
	Weiterführende Literatur .....	.280
16.	Systemische Kontrolle der Entwicklung .....	.281
	<i>Benedikt Kost</i>	
	Weiterführende Literatur .....	.283
17	Kontrolle der Entwicklung durch Phytohormone.....	.285
	<i>Benedikt Kost</i>	
17.1	Auxine .....	.286
17.1.1	Vorkommen.....	.287
17.1.2	Stoffwechsel .....	.287
17.1.3	Transport der Indol-3-essigsäure .....	.289
17.1.4	Wirkungen des Auxins.....	.290
17.1.5	Molekulare Mechanismen der Auxinwirkung.....	.294
17.2	Cytokinine .....	.294
17.2.1	Vorkommen.....	.294
17.2.2	Stoffwechsel und Transport .....	.294
17.2.3	Wirkungen von Cytokininen .....	.296
17.2.4	Molekulare Mechanismen der Cytokininvirkung .....	.298
17.3	Gibberelline.....	.299
17.3.1	Vorkommen.....	.299
17.3.2	Stoffwechsel und Transport .....	.300
17.3.3	Wirkungen von Gibberellinen.....	.301
17.4	Abscisinsäure .....	.303
17.4.1	Vorkommen, Stoffwechsel und Transport der Abscisinsäure.....	.304
17.4.2	Wirkungen der Abscisinsäure .....	.304
17.4.3	Molekulare Mechanismen der ABA-Wirkung .....	.306
17.5	Ethylen.....	.307
17.5.1	Vorkommen, Stoffwechsel und Transport .....	.307
17.5.2	Physiologische Wirkungen des Ethylen .....	.307
17.5.3	Molekulare Mechanismen der Ethenwirkung .....	.310
17.6	Weitere Signalstoffe mit phytohormonähnlicher Wirkung .....	.310
17.6.1	Brassinolide.....	.311
17.6.2	Oxylipine .....	.311
	Weiterführende Literatur .....	.312
18	Kontrolle der Entwicklung durch Außenfaktoren.....	.313
	<i>Benedikt Kost</i>	
18.1	Wirkung der Temperatur .....	.314
18.1.1	Thermoperiodismus und Thermomorphosen .....	.314
18.1.2	Aufhebung von Ruhezuständen durch Einwirken bestimmter Temperaturen.....	.314
18.1.3	Blühinduktion durch Einwirken bestimmter Temperatur .....	.315
18.2	Wirkung des Lichts .....	.316
18.2.1	Photomorphogenese und Skotomorphogenese .....	.317
18.2.2	Photoperiodisch induzierte Morphosen .....	.318
18.2.3	Circadiane Rhythmus und physiologische Uhren.....	.320
18.2.4	Photorezeptoren und Signalwege der lichtgesteuerten Entwicklung .....	.324
18.3	Sonstige Außenfaktoren .....	.330
	Weiterführende Literatur .....	.331

Teil IV Physiologie

Danksagung .....	.335
19 Stoffwechselphysiologie .....	.337
<i>Uwe Sonnewald</i>	
19.1 Mineralstoffhaushalt .....	.339
19.1.1 Stoffliche Zusammensetzung des Pflanzenkörpers .....	.339
19.1.2 Nährelemente .....	.340
19.1.3 Aufnahme und Verteilung mineralischer Nährelemente .....	.346
19.2 Wasserhaushalt .....	.351
19.2.1 Transportmechanismen .....	.352
19.2.2 Zellulärer Wasserhaushalt .....	.353
19.2.3 Aufnahme des Wassers durch die Pflanze .....	.355
19.2.4 Abgabe von Wasser durch die Pflanze .....	.356
19.2.5 Leitung des Wassers .....	.360
19.2.6 Wasserbilanz .....	.362
19.3 Photosynthese: Lichtreaktion .....	.362
19.3.1 Licht und Lichtenergie .....	.362
19.3.2 Photosynthesepigmente .....	.363
19.3.3 Aufbau der lichtsammelnden Antennenkomplexe .....	.368
19.3.4 Übersicht über den photosynthetischen Elektronen- und Protonentransport .....	.369
19.3.5 Photosystem II .....	.373
19.3.6 Cytochrom-b₆/f-Komplex .....	.374
19.3.7 Photosystem I .....	.375
19.3.8 Regulations- und Schutzmechanismen der Lichtreaktion .....	.376
19.3.9 Photophosphorylierung .....	.376
19.4 Photosynthese: Weg des Kohlenstoffs .....	.378
19.4.1 Carboxylierende Phase des Calvin-Zyklus .....	.378
19.4.2 Reduzierende Phase des Calvin-Zyklus .....	.380
19.4.3 Regenerierende Phase des Calvin-Zyklus .....	.380
19.4.4 Verarbeitung der Primärprodukte der Kohlenstoffassimilation .....	.380
19.4.5 Regulationsmechanismen bei der photosynthetischen Kohlenhydratproduktion und -verteilung .....	.385
19.4.6 Photorespiration .....	.386
19.4.7 Aufnahme von CO₂ in die Pflanze .....	.388
19.4.8 Vorgeschaltete CO₂-Fixierung bei C₄-Pflanzen .....	.390
19.4.9 Vorgeschaltete CO₂-Fixierung bei Pflanzen mit Crassulaceen-Säuremetabolismus (CAM) .....	.393
19.4.10 Vorgeschaltete CO₂-Konzentrierung durch Hydrogencarbonatpumpen .....	.395
19.4.11 Abhängigkeit der Kohlenstoffassimilation von Außenfaktoren .....	.395
19.5 Assimilation von Nitrat .....	.397
19.5.1 Photosynthetische Nitratassimilation .....	.398
19.5.2 Nitratassimilation in photosynthetisch nicht aktiven Geweben .....	.400
19.6 Assimilation von Sulfat .....	.400
19.7 Transport von Assimilaten in der Pflanze .....	.401
19.7.1 Zusammensetzung des Phloeminhalts .....	.401
19.7.2 Beladung des Phloems .....	.402
19.7.3 Transport der Assimilate im Phloem .....	.403
19.7.4 Phloementladung .....	.404
19.8 Energiegewinnung durch den Abbau von Kohlenhydraten .....	.404
19.8.1 Glykolyse .....	.405
19.8.2 Gärungen .....	.405
19.8.3 Zellatmung .....	.407
19.9 Bildung von Struktur- und Speicherlipiden .....	.414
19.9.1 Biosynthese der Fettsäuren .....	.415
19.9.2 Biosynthese von Membranlipiden .....	.415
19.9.3 Biosynthese von Speicherlipiden .....	.417
19.10 Mobilisierung von Speicherlipiden .....	.418

19.11 Bildung der Aminosäuren	.419
19.11.1 Familien der Aminosäuren	.419
19.11.2 Aromatische Aminosäuren	.421
19.11.3 Nichtproteinogene Aminosäuren und Aminosäureabkömmlinge	.421
19.12 Bildung von Purinen und Pyrimidinen	.421
19.13 Bildung von Tetrapyrrolen	.423
19.14 Sekundärstoffwechsel	.424
19.14.1 Phenole	.426
19.14.2 Terpenoide	.430
19.14.3 Alkaloide	.435
19.14.4 Glucosinolate und cyanogene Glykoside	.436
19.14.5 Chemische Coevolution	.437
19.15 Pflanzentypische fundamentale Polymere	.439
19.15.1 Polysaccharide	.439
19.15.2 Lignin	.440
19.15.3 Cutin und Suberin	.442
19.15.4 Speicherproteine	.444
19.16 Stoffausscheidungen der Pflanzen	.445
Weiterführende Literatur	.446
 20 Bewegungsphysiologie	.447
<i>Uwe Sonnewald</i>	
20.1 Grundbegriffe der Reizphysiologie	.448
20.2 Freie Ortsbewegungen	.449
20.2.1 Taxien	.450
20.2.2 Intrazelluläre Bewegungen	.453
20.3 Bewegungen lebender Organe	.454
20.3.1 Tropismen	.454
20.3.2 Nastien	.463
20.3.3 Autonome Bewegungen	.471
20.3.4 Durch den Turgor vermittelte Schleuder- und Explosionsbewegungen	.471
20.4 Sonstige Bewegungen	.472
Weiterführende Literatur	.473
 21 Allelophysiologie	.475
<i>Uwe Sonnewald</i>	
21.1 Besonderheiten der heterotrophen Ernährung	.476
21.1.1 Saprophyten und Parasiten	.476
21.1.2 Carnivore Pflanzen	.478
21.2 Symbiose	.478
21.2.1 Luftstickstofffixierende Symbiosen	.480
21.2.2 Biochemie und Physiologie der N₂-Fixierung	.485
21.2.3 Mykorrhiza	.486
21.2.4 Flechten	.488
21.3 Pathogene	.488
21.3.1 Grundbegriffe der Phytopathologie	.489
21.3.2 Mikrobielle Pathogene	.490
21.3.3 Mechanismen der Pathogenese	.492
21.3.4 Pathogenabwehr	.493
21.4 Herbivorie	.494
21.4.1 Herbivorabwehr	.495
21.4.2 Trirophe Interaktionen	.497
21.5 Allelopathie	.498
Weiterführende Literatur	.500

Teil V Evolution und Systematik

Danksagung .....	.504
22 Evolution .....	.505
<i>Joachim W. Kadereit</i>	
22.1 Variation .....	.506
22.1.1 Phänotypische Plastizität .....	.507
22.1.2 Genetische Variation .....	.508
22.1.3 Rekombinationssystem .....	.508
22.2 Muster und Ursachen natürlicher Variation .....	.516
22.2.1 Natürliche Selektion .....	.516
22.2.2 Genetische Drift .....	.519
22.3 Artbildung .....	.519
22.3.1 Artdefinitionen .....	.519
22.3.2 Artbildung durch divergente Evolution .....	.521
22.3.3 Hybridisierung und Hybridartbildung .....	.525
22.4 Makroevolution .....	.530
Weiterführende Literatur .....	.532
23 Methoden der Systematik .....	.533
<i>Joachim W. Kadereit</i>	
23.1 Arterkennung .....	.534
23.2 Monografien, Floren und Bestimmungsschlüssel .....	.534
23.3 Verwandtschaftsforschung .....	.534
23.3.1 Merkmale .....	.535
23.3.2 Merkmalskonflikte .....	.535
23.3.3 Numerische Systematik .....	.536
23.3.4 Phylogenetische Systematik – <i>maximum parsimony</i> .....	.537
23.3.5 <i>Maximum likelihood</i> .....	.538
23.3.6 Bayessche Analyse .....	.538
23.3.7 Statistische Unterstützung von Verwandtschaftshypothesen .....	.538
23.4 Phylogenie und Klassifikation .....	.538
23.5 Nomenklatur .....	.539
Weiterführende Literatur .....	.541
24 Stammesgeschichte und Systematik der Bakterien, Archaeen, „Pilze“, Pflanzen und anderer photoautotropher Eukaryoten .....	.543
<i>Joachim W. Kadereit</i>	
24.1 Bakterien und Archaeen .....	.547
24.1.1 Zellbau, Vermehrung und genetischer Apparat .....	.547
24.1.2 Lebensweise der Bakterien und Archaeen und ihre Bedeutung für Eukaryoten .....	.552
24.2 Chitinpilze, Flechten, Cellulosepilze .....	.553
24.2.1 Chitinpilze – Mycobionta (Echte Pilze) .....	.553
24.2.2 Flechten – Lichenes .....	.560
24.2.3 Cellulosepilze – Oomyceten .....	.563
24.3 „Algen“ und andere photoautotrophe Eukaryoten .....	.564
24.3.1 Glaucobionta .....	.569
24.3.2 Rhodobionta .....	.569
24.3.3 Chlorobionta – Grünalgen, photoautotrophe Eukaryoten mit Chlorophyten als sekundären Endosymbionten, streptophytische Grünalgen .....	.588
24.4 Chlorobionta: Streptophyta – Landpflanzen (Moose, Farnpflanzen, Samenpflanzen) .....	.603
24.4.1 Organisationstyp Moose .....	.605
24.4.2 Organisationstyp Farnpflanzen .....	.619
24.4.3 Spermatophytina – Samenpflanzen .....	.642
24.4.4 Abstammung und Verwandtschaft der Samenpflanzen .....	.718
Weiterführende Literatur .....	.721

25	Vegetationsgeschichte	.723
	<i>Joachim W. Kadereit</i>	
25.1	Methoden	.724
25.2	Präkambrium und Paläozoikum (ca. 4600–252 Mio. Jahre)	.724
25.3	Mesozoikum (252–66 Mio. Jahre)	.727
25.4	Känozoikum (66 Mio. Jahre bis heute)	.728
	Weiterführende Literatur	.737

Teil VI Ökologie

Danksagung	.740
------------	------

26	Grundlagen der Pflanzenökologie	.741
	<i>Christian Körner</i>	
26.1	Limitierung, Fitness und Optimum	.742
26.2	Stress und Anpassung	.743
26.3	Der Faktor Zeit und nichtlineare Reaktionen	.744
26.3.1	Phänologie und biologische Zeitmaße	.744
26.3.2	Nichtlinearität und Häufigkeit	.745
26.4	Biologische Variation	.745
26.5	Das Ökosystem und seine Struktur	.746
26.5.1	Die Struktur der Biozönose	.746
26.5.2	Biotop: Standort und Umweltfaktoren	.749
26.6	Pflanzenökologische Forschungsansätze	.756
	Weiterführende Literatur	.757
27	Pflanzen im Lebensraum	.759
	<i>Christian Körner</i>	
27.1	Strahlung und Energiehaushalt	.761
27.1.1	Strahlungsmaße und Strahlungsbilanz	.761
27.1.2	Energiebilanz und Mikroklima	.761
27.1.3	Licht im Pflanzenbestand	.762
27.2	Licht als Signal	.764
27.2.1	Photoperiodismus und Saisonalität	.764
27.2.2	Rotlichtsignale in Pflanzenbeständen	.765
27.3	Temperaturresistenz	.765
27.3.1	Frostresistenz	.765
27.3.2	Hitzeresistenz	.766
27.3.3	Feuerökologie	.767
27.4	Mechanische Einflüsse	.770
27.5	Wasserhaushalt	.770
27.5.1	Wasserpotenzial und Transpiration	.770
27.5.2	Reaktionen auf Wassermangel	.772
27.5.3	Stomataverhalten in freier Natur	.773
27.5.4	Wasserhaushalt des Ökosystems	.774
27.6	Nährstoffhaushalt	.776
27.6.1	Verfügbarkeit von Bodennährstoffen	.776
27.6.2	Quellen und Senken für Stickstoff	.777
27.6.3	Strategien der Stickstoffinvestition	.778
27.6.4	Bodenheterogenität, Konkurrenz und Symbiosen im Wurzelraum	.781
27.6.5	Stickstoff und Phosphor in globaler Betrachtung	.783
27.6.6	Calcium, Schwermetalle, „Salz“	.784
27.7	Wachstum und Kohlenstoffhaushalt	.784
27.7.1	Ökologie von Photosynthese und Respiration	.784
27.7.2	Ökologie des Wachsens	.787
27.7.3	Funktionelle Wachstumsanalyse	.790

27.7.4	Das stabile Isotop ^{13}C in der Ökologie	.791
27.7.5	Biomasse, Produktivität, globaler C-Kreislauf	.794
27.7.6	Biologische Aspekte des „CO₂-Problems“	.799
27.8	Biotische Wechselwirkungen	.801
27.9	Biomasse- und Landnutzung durch den Menschen	.805
27.9.1	Nutzung und Umgestaltung der Vegetation	.805
27.9.2	Waldnutzung und Waldrodung	.807
27.9.3	Weide- und Wiesenwirtschaft	.809
27.9.4	Nutzpflanzenbau	.809
	Weiterführende Literatur	.810
28	Populations- und Vegetationsökologie	.811
	<i>Christian Körner</i>	
28.1	Populationsökologie	.812
28.1.1	Wachstum von Populationen	.812
28.1.2	Konkurrenz und Coexistenz	.816
28.1.3	Reproduktionsökologie	.818
28.2	Pflanzenareale	.821
28.2.1	Arealtypen	.822
28.2.2	Ausbreitung	.823
28.2.3	Ursachen für Arealgrenzen und Arealbesetzung	.826
28.2.4	Florengebiete und Florenreiche	.828
28.3	Biodiversität und ökosystemare Stabilität	.829
28.3.1	Biodiversität	.829
28.3.2	Biodiversität und Ökosystemfunktion	.830
28.4	Vegetationsökologie	.832
28.4.1	Zusammensetzung von Pflanzengemeinschaften	.832
28.4.2	Entstehung und Veränderung von Pflanzengemeinschaften	.835
28.4.3	Klassifikation von Vegetationstypen	.837
28.4.4	Korrelative Analyse von Vegetationsmustern	.838
28.4.5	Physiognomische Vegetationsgliederung	.839
28.4.6	Räumliche Standort- und Vegetationsgliederung	.840
	Weiterführende Literatur	.841
29	Vegetation der Erde	.843
	<i>Christian Körner</i>	
29.1	Vegetation der temperaten Zone	.844
29.1.1	Vom Tiefland zur untersten Bergwaldstufe	.844
29.1.2	Oberer Bergwald und alpine Stufe	.847
29.2	Die Biome der Erde	.850
29.2.1	Feucht-tropische Tieflandwälder	.852
29.2.2	Feucht-tropische Bergwälder	.854
29.2.3	Tropische und subtropische Hochgebirgsvegetation	.856
29.2.4	Tropische halbimmergrüne Wälder	.858
29.2.5	Tropische Savannen	.860
29.2.6	Vegetation der heißen Wüsten	.862
29.2.7	Winterregengebiete des mediterranen Klimatyps	.864
29.2.8	Lorbeerwaldzone	.866
29.2.9	Laubabwerfende Wälder der temperaten Zone	.868
29.2.10	Bergwälder der temperaten Zone	.870
29.2.11	Alpine Vegetation der temperaten Hochgebirge	.872
29.2.12	Steppen und Prärien	.874
29.2.13	Wüsten der temperaten Zone	.876
29.2.14	Boreale Wälder	.878
29.2.15	Subarktische und arktische Vegetation	.880
29.2.16	Küstenvegetation	.882
	Weiterführende Literatur	.884

Serviceteil .....	.885
Literaturverzeichnis .....	.886
Sachwortregister .....	.890
Taxonomieregister .....	.906