

Gerhard Lerch

2704-3558

# Pflanzenökologie

Teil I Wachstum, Entwicklung, Pflanzenverbreitung

Teil II Stoffproduktion und Ertragsbildung

mit 221 Abbildungen und 97 Tabellen



Akademie Verlag

# Inhalt

## Teil I Wachstum, Entwicklung, Pflanzenverbreitung

Abkürzungen .....	15
Umrechnungen .....	17
<b>1. Gegenstand und Ziele der Pflanzenökologie .....</b>	<b>20</b>
1.1. Das Pflanzenleben im Naturganzen .....	21
1.1.1. Ökosysteme .....	21
1.1.2. Stoff- und Energiefluß in Ökosystemen .....	23
1.1.3. Dynamik der Ökosysteme .....	23
1.1.4. Rolle des Menschen im Naturhaushalt .....	28
1.2. Probleme und Methoden der Pflanzenökologie .....	29
1.2.1. Ökologische Pflanzenphysiologie .....	29
1.2.2. Ökosystemforschung .....	30
1.3. Einflußfaktoren für das Pflanzenleben .....	31
<b>2. Temperatur .....</b>	<b>33</b>
2.1. Strahlung und Temperaturverhältnisse .....	33
2.1.1. Einstrahlung .....	33
2.1.2. Strahlungsumwandlung .....	34
2.1.3. Wärmeverlagerung .....	39
2.1.4. Verdunstung .....	41
2.1.5. Ausstrahlung .....	41
2.1.6. Strahlungsbilanz .....	43
2.1.7. Wärmeumsatz in der Vegetationsdecke .....	44
2.1.8. Geländeform und Einstrahlung .....	45
2.1.9. Strahlungsrichtung und Pflanzenentwicklung .....	47
2.2. Erwärmung und Pflanzenleben .....	48
2.2.1. Allgemeiner Temperatureffekt .....	48
2.2.2. Temperatur der Pflanzenteile .....	49
2.2.3. Natürliche Hitzeschäden .....	50
2.3. Hitzeresistenz .....	51
2.3.1. Allgemeines Verhalten gegenüber Streßwirkungen .....	52
2.3.2. Vermeidung von Hitzestreß .....	54
2.3.3. Verträglichkeit gegenüber Hitzestreß .....	55
2.3.4. Veränderlichkeit der Hitzetoleranz .....	56
2.4. Abkühlung und Pflanzenleben .....	59
2.4.1. Verhalten der Pflanzen bei tiefer Temperatur .....	59
2.4.2. Erkältung .....	62
2.4.3. Frost- und Wintertrocknis .....	64

2.4.4.	Einfluß der Schneedecke auf die Vegetation .....	66
2.4.5.	Allgemeine Winterschäden .....	68
2.4.6.	Kältebehandlung und Pflanzenentwicklung .....	69
2.5.	Frostresistenz .....	70
2.5.1.	Vermeidung von Frostschäden .....	70
2.5.2.	Frosthärte .....	70
2.5.3.	Veränderlichkeit der Frostresistenz .....	76
2.5.4.	Künstlicher Frostschutz .....	77
2.6.	Kälte und Wuchsformen .....	78
2.7.	Temperaturen und Pflanzenleben im Gebirge .....	80
2.7.1.	Jahreszeiten- und Tageszeitenklima .....	80
2.7.2.	Höhenstufengliederung der Vegetation .....	81
2.7.3.	Tropische Hochgebirgsvegetation .....	83
<b>3.</b>	<b>Wasser</b> .....	<b>88</b>
3.1.	Niederschläge und Klima .....	88
3.1.1.	Niederschlagsverteilung auf der Erde .....	88
3.1.2.	Geländeform und Wasserverteilung .....	93
3.1.3.	Verdunstung .....	94
3.1.4.	Klimadiagramme .....	96
3.2.	Tau und Nebel .....	96
3.2.1.	Einfluß auf die oberirdische Wasserversorgung .....	96
3.2.2.	Einfluß auf die Bodenfeuchte .....	97
3.2.3.	Indirekter Einfluß auf den Wasserhaushalt .....	98
3.3.	Wasseraufnahme .....	98
3.3.1.	Physikochemische Eigenschaften des Wassers .....	98
3.3.2.	Hydratation .....	99
3.3.3.	Wasserpotential .....	100
3.3.4.	Bodenart und Wasserkapazität .....	102
3.3.5.	Grundwasser .....	107
3.3.6.	Bodenwasser und Pflanze .....	109
3.3.7.	Aktive und passive Wasseraufnahme .....	111
3.3.8.	Wurzelsysteme .....	113
3.4.	Wasserabgabe .....	116
3.4.1.	Allgemeines .....	116
3.4.2.	Kutikuläre Transpiration .....	116
3.4.3.	Stomatäre Transpiration .....	117
3.4.4.	Transpirationsstrom .....	123
3.4.5.	Spaltöffnungsbau und Umweltfaktoren .....	125
3.4.6.	Transpirationsverhalten und Umweltfaktoren .....	126
3.4.7.	Wasserabgabe bewachsener Flächen .....	126
3.5.	Wasserleitung .....	129
3.5.1.	Der Weg des Wassers durch die Pflanze .....	129
3.5.2.	Effektivität der Gefäßleitung .....	130
3.6.	Wasserbilanz .....	133
3.6.1.	Wasserzustand und osmotisches Potential .....	133
3.6.2.	Schwankungen des Wasserzustands .....	134
3.6.3.	Organisationsform und Stabilität des Wasserhaushalts .....	135
3.6.4.	Anpassung an Wasserhaushaltsschwankungen .....	136
3.7.	Wassermangel .....	138
3.7.1.	Allgemeine Auswirkungen .....	138

3.7.2.	Pflanzen trockener Standorte .....	139
3.7.3.	Austrocknungsvermeidung .....	140
3.7.4.	Dürrehärte .....	144
3.8.	Überflutung .....	146
3.8.1.	Allgemeines .....	146
3.8.2.	Auswirkungen im Boden .....	147
3.8.3.	Folgen für die Wurzeltätigkeit .....	148
3.8.4.	Auswirkungen auf die Sproßentwicklung .....	150
3.8.5.	Einfluß auf die Samenkeimung .....	151
3.8.6.	Einfluß auf Knöllchenbildung und Mykorrhiza .....	151
3.8.7.	Überflutungstoleranz .....	152
<b>4.</b>	<b>Licht</b> .....	<b>156</b>
4.1.	Die natürlichen Lichtverhältnisse .....	156
4.1.1.	Lichtveränderungen im Tagesverlauf .....	156
4.1.2.	Unterlicht .....	157
4.1.3.	Beschattung durch Pflanzen .....	157
4.1.4.	Sonnenflecken .....	157
4.1.5.	Lichtverhältnisse in Gewässern .....	157
4.1.6.	Infrarote Strahlung .....	158
4.1.7.	Mond- und Sternenlicht .....	158
4.2.	Signalwirkungen des Lichts .....	158
4.2.1.	Steuerungspigmente .....	158
4.2.2.	Samenkeimung .....	159
4.2.3.	Wuchshöhe und Formgestaltung .....	160
4.2.4.	Tageslänge und Pflanzenverbreitung .....	160
4.3.	Sonnige und beschattete Standorte .....	165
4.3.1.	Sonnen- und Schattenpflanzen .....	165
4.3.2.	Sonnen- und Schattenblätter .....	167
4.4.	Lichtbedarf und Wuchsformen .....	168
4.4.1.	Lianen .....	168
4.4.2.	Epiphyten .....	170
4.4.3.	Hemi-Epiphyten .....	174
4.5.	Ultraviolette Strahlung .....	176
4.5.1.	Atmosphärische UV-Strahlung .....	176
4.5.2.	Auswirkungen auf das Pflanzenleben .....	176
4.6.	Ionisierende Strahlung .....	179
4.6.1.	Strahlungsquellen .....	179
4.6.2.	Auswirkungen auf das Pflanzenleben .....	179
<b>5.</b>	<b>Chemische Faktoren</b> .....	<b>181</b>
5.1.	Gewässer als Lebensraum .....	181
5.1.1.	Gewässertypen und -zusammensetzung .....	181
5.1.2.	Kohlensäure und Carbonate .....	184
5.1.3.	Sauerstoff .....	186
5.1.4.	Stickstoffverbindungen .....	188
5.1.5.	Phosphorverbindungen .....	190
5.1.6.	Schwefelverbindungen .....	192
5.1.7.	Schwermetalle .....	193
5.1.8.	Organische Verunreinigungen .....	193
5.1.9.	Vegetationsfolge in Binnengewässern .....	194

5.2.	Bodenbildung .....	194
5.2.1.	Struktur und Zusammensetzung der Mineralien .....	195
5.2.2.	Physikalische Verwitterung .....	196
5.2.3.	Chemische Verwitterung .....	197
5.2.4.	Biologische Verwitterung .....	198
5.2.5.	Tonaufbau .....	198
5.2.6.	Tonabbau .....	202
5.3.	Humus .....	202
5.3.1.	Humusbildung .....	202
5.3.2.	Humusstoffe .....	203
5.3.3.	Humusformen .....	203
5.4.	Bodenarten .....	206
5.4.1.	Verwitterungsböden .....	206
5.4.2.	Sedimentböden .....	206
5.5.	Bodentypen .....	207
5.5.1.	Bodenprofile .....	207
5.5.2.	Landböden .....	208
5.5.3.	Semiterrestrische Böden .....	218
5.5.4.	Unterwasserböden .....	220
5.5.5.	Kulturböden .....	220
5.6.	Mineralstoffaufnahme .....	221
5.6.1.	Ionenadsorption .....	221
5.6.2.	Ionenaustausch .....	221
5.6.3.	Ionenfixierung .....	223
5.6.4.	Bodenreaktion und Pflanzenverbreitung .....	224
5.7.	Besondere Bodenstandorte .....	228
5.7.1.	Salzstandorte .....	228
5.7.2.	Mangrove .....	233
5.7.3.	Dünen .....	238
5.7.4.	Moore .....	239
5.7.5.	Felsen und Schutthalden .....	243
<b>6.</b>	<b>Mechanische Faktoren .....</b>	<b>246</b>
6.1.	Wind .....	246
6.1.1.	Einfluß auf Wärme- und Wasserhaushalt .....	246
6.1.2.	Wachstumsveränderungen .....	247
6.1.3.	Transport von Pflanzenteilen .....	247
6.1.4.	Mechanische Schäden .....	248
6.1.5.	Wind und Landschaftsgestaltung .....	249
6.2.	Schnee .....	251
6.2.1.	Schneebruch .....	251
6.2.2.	Schneefegen .....	251
6.2.3.	Schneelawinen .....	252
6.3.	Feuer .....	252
6.3.1.	Allgemeine Auswirkungen .....	252
6.3.2.	Feuer-stimulierte Pflanzenentwicklung .....	254
6.3.3.	Einfluß auf Nadelwald-Ökosysteme .....	255
6.3.4.	Einfluß auf tropische Waldökosysteme .....	255
6.3.5.	Einfluß auf Grasland-Ökosysteme .....	256
6.3.6.	Einfluß auf Mediterrane Buschwald-Ökosysteme .....	257
6.4.	Mahd .....	258

6.5.	Weidegang und Viehverbiß .....	258
6.5.1.	Beweidung .....	258
6.5.2.	Wildverbiß .....	259
6.5.3.	Allgemeinauswirkungen der Herbivorie .....	260
7.	<b>Literatur</b> .....	261

## Teil II Stoffproduktion und Ertragsbildung

<b>1.</b>	<b>Grundlagen</b> .....	271
1.1.	Die pflanzliche Stoffproduktion im Naturganzen .....	271
1.1.1.	Organisation .....	271
1.1.2.	Grundbegriffe .....	272
1.2.	Strukturen des Photosyntheseapparates .....	275
1.2.1.	Struktur der photosynthetisch tätigen Blattgewebe .....	276
1.2.2.	Verteilung der Chloroplasten .....	278
1.2.3.	Entwicklung und Feinbau der Chloroplasten .....	278
1.2.4.	Gesamtleistung der Chloroplasten .....	280
1.3.	Energiegewinnung .....	281
1.3.1.	Umwandlung von Lichtenergie .....	281
1.3.2.	Lichtunabhängige Energiebeschaffung .....	285
1.4.	Grundprozesse der Kohlenstoffassimilation .....	287
1.4.1.	C <sub>3</sub> -Weg (CALVIN-Zyklus) .....	287
1.4.2.	C <sub>4</sub> -Weg (HATCH-SLACK-KORTSCHAK-Zyklus) .....	290
1.4.3.	CAM .....	293
1.4.4.	Bicarbonat-Anreicherung in Wasserpflanzen .....	294
1.4.5.	Chemosynthese .....	295
1.5.	Grundprozesse der Stickstoffassimilation .....	296
1.5.1.	Nitratassimilation .....	296
1.5.2.	Bindung von molekularem Stickstoff .....	297
1.6.	Altersentwicklung und Photosynthese .....	298
1.6.1.	Blattentwicklung und Stoffumsatz .....	298
1.6.2.	Heterogenität der Photosynthese .....	300
1.6.3.	Artbedingtes Photosynthesevermögen .....	303
<b>2.</b>	<b>Einfluß äußerer Faktoren</b> .....	306
2.1.	Licht .....	306
2.1.1.	Photosynthetisch wirksame Strahlung .....	306
2.1.2.	Licht- und Schattenwirkung .....	306
2.1.3.	Tagesgang der Nettophotosynthese .....	314
2.1.4.	Lichtverteilung in Pflanzenbeständen .....	320
2.1.5.	Beleuchtungsstärke und Stoffproduktion .....	322
2.2.	Temperatur .....	322
2.2.1.	Temperaturgrenzen für die Photosynthese .....	322
2.2.2.	Grundsätzlicher Temperatureinfluß .....	325
2.2.3.	Temperaturanpassungen .....	326
2.2.4.	Temperaturnachwirkung .....	328
2.3.	Kohlendioxid .....	330

2.3.1.	Der Weg des Kohlendioxids in der Pflanze .....	330
2.3.2.	Der CO <sub>2</sub> -Gehalt in der Atmosphäre .....	334
2.3.3.	CO <sub>2</sub> -Angebot und Photosynthese .....	334
2.4.	Wasser .....	336
2.4.1.	Wassermangel bei Höheren Pflanzen .....	336
2.4.2.	Wassermangel bei Niederen Pflanzen .....	339
2.4.3.	Überflutung .....	339
2.4.4.	Anpassung an Wassermangel im Boden .....	340
2.4.5.	Wasserverbrauch und Stoffproduktion .....	342
2.4.6.	Wasserhaushalt und Produktivität bei CAM-Pflanzen .....	348
2.5.	Mineralische Nährstoffe .....	351
2.5.1.	Allgemeines .....	351
2.5.2.	Vorkommen und Verteilung in der Pflanze .....	353
2.5.3.	Einfluß auf die Photosynthese .....	355
2.5.4.	Einfluß auf Entwicklung und Stoffproduktion .....	355
2.6.	Salz .....	364
2.6.1.	Allgemeine Ionenwirkungen .....	364
2.6.2.	Einfluß auf Photosynthese und Stoffproduktion .....	365
2.6.3.	Salzresistenz .....	367
2.6.4.	Bodenversalzung und Landwirtschaft .....	369
2.7.	Schadstoffe .....	372
2.7.1.	Schwefeldioxid .....	373
2.7.2.	Halogenwasserstoffe .....	376
2.7.3.	Stickstoffoxide .....	379
2.7.4.	Photochemische Oxidantien .....	379
2.7.5.	Luftschadstoffgemische .....	384
2.7.6.	Staubablagerungen .....	388
2.7.7.	Schwermetalle und Metalloide .....	389
2.7.8.	Pflanzenschutzmittel .....	392
2.7.9.	Andere organische Schadstoffe .....	393
<b>3.</b>	<b>Einfluß innerer Faktoren</b> .....	<b>395</b>
3.1.	Assimilatverteilung .....	395
3.1.1.	Vegetatives Wachstum .....	396
3.1.2.	Frucht- und Samenbildung .....	399
3.2.	Wuchsformen und Stoffproduktionsverhalten .....	400
3.2.1.	Einjährige Kräuter .....	401
3.2.2.	Ausdauernde Kräuter .....	401
3.2.3.	Holzpflanzen .....	404
<b>4.</b>	<b>Produktivität von Pflanzenbeständen</b> .....	<b>407</b>
4.1.	Einzelpflanze und Pflanzenbestand .....	407
4.2.	Produktivitätsanalyse .....	408
4.2.1.	Blattflächenindex (LAI) .....	408
4.2.2.	Nettoassimilationsrate (NAR) .....	410
4.2.3.	Relative Zuwachsrate (RGR) .....	411
4.3.	Produktionsbilanzen .....	411
4.3.1.	Bilanzgrößen .....	411
4.3.2.	Jahresbilanzen .....	413
4.3.3.	Langfristige Produktionsbilanzen .....	413
4.4.	Produktivität und Stoffproduktionsdauer .....	416

<b>5.</b>	<b>Stoffproduktionsökologie ausgewählter Vegetationstypen</b>	417
5.1.	Arktische Tundra	417
5.1.1.	Klima und Boden	417
5.1.2.	Photosynthese und Stoffproduktion	419
5.1.3.	Andere ökologische Besonderheiten	423
5.2.	Borealer Nadelwald – Taiga	425
5.2.1.	Klima, Boden und vorherrschende Gehölze	425
5.2.2.	Photosynthese	426
5.2.3.	Stoffproduktion	427
5.2.4.	Andere ökologische Besonderheiten	429
5.3.	Sommergrüne Laubwälder	430
5.3.1.	Klima, Boden und vorherrschende Baumarten	430
5.3.2.	Laubfall als klimatische Anpassung	431
5.3.3.	Lichtverhältnisse	432
5.3.4.	Photosynthese und Stoffproduktion	433
5.3.5.	Andere ökologische Besonderheiten	438
5.4.	Immergrüne tropische Regenwälder	443
5.4.1.	Klima und Boden	443
5.4.2.	Photosynthese und Stoffproduktion	444
5.4.3.	Andere ökologische Besonderheiten	448
5.5.	Mediterrane Hartlaubgehölze	450
5.5.1.	Klima, Boden und vorherrschende Pflanzengruppen	450
5.5.2.	Sklerophyllic als klimatische Anpassung	452
5.5.3.	Photosynthese und Stoffproduktion	454
5.5.4.	Andere ökologische Besonderheiten	455
5.6.	Grasland	456
5.6.1.	Klima und Boden	456
5.6.2.	Photosynthese	460
5.6.3.	Stoffproduktion	460
5.6.4.	Andere ökologische Besonderheiten	464
5.7.	Wüstenpflanzen	465
5.7.1.	Klima, Boden und Wasserhaushalt	465
5.7.2.	Photosynthese und Stoffproduktion	467
5.7.3.	Andere ökologische Besonderheiten	470
5.8.	Wasserpflanzen	471
5.8.1.	Plankton	471
5.8.2.	Großalgen	473
5.8.3.	Andere Wasserpflanzengesellschaften	475
<b>6.</b>	<b>Zur Ökologie einiger pflanzlicher Symbiosen</b>	477
6.1.	Flechten	477
6.1.1.	Vorkommen und allgemeine Lebensweise	477
6.1.2.	Photosynthese	479
6.1.3.	Wachstum und Stoffproduktion	481
6.1.4.	Biindikationseigenschaften	481
6.2.	Stickstoffbindende Mikroorganismen	482
6.2.1.	Allgemeines	482
6.2.2.	Knöllchenbakterien	482
6.2.3.	Knöllchenbildende Actinomyceten	485
6.2.4.	Lebensgemeinschaften mit Blaualgen	486
6.2.5.	Andere Wurzelraum-Lebensgemeinschaften	489



6.3.	Mykorrhiza .....	490
6.3.1.	Allgemeines .....	490
6.3.2.	Auswirkungen auf die Wirtspflanzen .....	490
6.3.3.	Einfluß äußerer Faktoren .....	491
6.3.4.	Mykorrhiza in Land- und Forstwirtschaft .....	491
<b>7.</b>	<b>Globaler Stoffumsatz .....</b>	<b>493</b>
7.1.	Allgemeines .....	493
7.2.	Kreislauf des Kohlenstoffs .....	495
7.2.1.	Natürliche Kreislaufprozesse .....	495
7.2.2.	Eingriffe des Menschen .....	497
7.3.	Kreislauf des Stickstoffs .....	498
7.3.1.	Natürlicher Stickstoffkreislauf .....	498
7.3.2.	Eingriffe des Menschen .....	501
7.4.	Kreislauf des Wassers .....	502
7.4.1.	Globaler Wasserumsatz .....	502
7.4.2.	Eingriffe des Menschen .....	504
<b>8.</b>	<b>Pflanzenproduktion und Welternährung .....</b>	<b>507</b>
8.1.	Die Produktivität der Pflanzendecke .....	507
8.2.	Ökologische Wege und Ziele moderner Ertragssteigerung .....	507
8.3.	Nahrungsproduktion .....	514
<b>9.</b>	<b>Literatur .....</b>	<b>518</b>
<b>10.</b>	<b>Sachregister .....</b>	<b>527</b>