

---

Heinz Ellenberg · Christoph Leuschner

# **Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen**

**in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht**

6., vollständig neu bearbeitete und stark erweiterte Auflage  
von Christoph Leuschner

Mit einem Beitrag  
von Hartmut Dierschke (synsystematische Gliederung)

716 Abbildungen und 203 Tabellen

Verlag Eugen Ulmer Stuttgart

---

# Inhaltsverzeichnis

Vorwort zur 1. Auflage (gekürzt) .....	XVII
Vorwort zur 6. Auflage .....	XVIII
Hinweise zur Benutzung des Buches .....	XXI
Abkürzungen .....	XXIII

## Der Naturraum und seine Geschichte

<b>1</b>	<b>Naturräumliche und historische Einflüsse auf die Vegetation Mitteleuropas .....</b>	<b>1</b>
1.1	Klimatische und vegetationsgeografische Lage Mitteleuropas .....	1
1.2	Überblick über die Geologie und Böden Mitteleuropas .....	5
1.3	Bedeutung der Florengeschichte für die Vegetation Mitteleuropas .....	7
<b>2</b>	<b>Lebensformen und Bautypen der mitteleuropäischen Flora .....</b>	<b>18</b>
2.1	Lebensformen .....	18
2.2	Endogene Rhythmen .....	20
2.3	Morphologisch-anatomischer Bau .....	21
<b>3</b>	<b>Entstehung der heutigen Pflanzendecke unter Einfluss des Menschen .....</b>	<b>23</b>
3.1	Die Vegetation Mitteleuropas als Ergebnis jahrtausendelanger Geschichte .....	23
3.2	Wirkungen der extensiven Weide- und Holznutzung auf die Pflanzendecke .....	28
3.2.1	Auflichtung und Zerstörung des Waldes .....	28
3.2.2	Ausbreitung von Weideunkräutern .....	33
3.2.3	Bodenverschlechterung infolge extensiver Wirtschaft .....	34
3.3	Vom Niederwald zur modernen Forstwirtschaft .....	38
3.3.1	Nieder- und Mittelwald .....	38
3.3.2	Hochwaldwirtschaft .....	44
3.4	Entwicklung des Ackerbaues und der Unkrautvegetation .....	44
3.4.1	Vorindustrielle Landwirtschaft .....	44
3.4.2	Auswirkungen der Technisierung auf Äcker und Extensivweiden .....	47
3.5	Entstehung von Wiesen, Intensivweiden und anderem Grasland .....	48
3.5.1	Streuwiesen und Futterwiesen .....	48
3.5.2	Stand- und Mähumtriebsweiden .....	50
3.5.3	Biozideinsatz, Energieaufwand und -ertrag in der Landwirtschaft .....	51
3.6	Eingriffe in den Wasserhaushalt der Landschaften .....	53
3.6.1	Veränderungen der Flusstal-Landschaften .....	53
3.6.2	Eindeichungen der Nordsee und deren Folgen .....	55
3.6.3	Zerstörung von Mooren und Versuche, sie zu regenerieren .....	56
3.6.4	Steigende Trockenheitsempfindlichkeit der Pflanzendecke .....	58
3.7	Umweltbelastungen durch Chemikalien und deren Auswirkungen auf die Vegetation .....	59
3.7.1	Nah- und Fernwirkungen von Umweltchemikalien .....	59
3.7.2	Nährstoffeinträge in Böden und Gewässer .....	59
3.7.3	Säureeinträge .....	65
3.7.4	Immissionen von Schwefeldioxid und Ozon .....	66
3.7.5	Immissionen von Schwermetallen und anderen Stoffen .....	72
3.8	Veränderung der Wilddichten und Einbringung von gebietsfremden Pflanzenarten .....	75
3.9	Auswirkung der rezenten Klimaveränderung auf die Vegetation .....	77

## Naturnahe Wälder und Gebüsche

<b>4</b>	<b>Die Wälder Mitteleuropas – Standörtliche und ökologische Grundlagen sowie räumliche Großgliederung</b>	<b>82</b>
4.1	Die Flora der mitteleuropäischen Wälder	82
4.2	Räumliche Großgliederung der Waldvegetation	82
4.2.1	Zonale, extrazonale und azonale Waldvegetation	82
4.2.2	Die potenzielle natürliche Vegetation Mitteleuropas	86
4.2.3	Höhenstufen der Waldvegetation	86
4.2.4	Nässe-, Trocken- und Kältengrenze des Waldes	87
4.3	Lebensbedingungen und standörtliche Gliederung	88
4.3.1	Das Klima des Waldesinneren	88
4.3.2	Bodenwasserregime	92
4.3.3	Chemische Bodeneigenschaften	96
4.4	Vergleichende Ökologie der mitteleuropäischen Baumarten	102
4.4.1	Wichtige morphologische Eigenschaften	102
4.4.2	Kenngrößen von Ökophysiologie und Wachstum	105
4.4.3	Stickstoffernährung	112
4.4.4	Stresstoleranz	113
4.4.5	Meereshöheneffekte auf das Baumwachstum	120
4.4.6	Streuqualität und Einfluss der Baumarten auf den Boden	121
4.4.7	Verhalten gegenüber Konkurrenten	123
4.4.8	Klimabedingte Abwandlungen der Baumarten-Zusammensetzung	128
4.4.9	Die Waldfläche in Mitteleuropa und aktuelle Flächenanteile wichtiger Baumarten	132
4.5	Ökologisches Verhalten und ökologische Gruppierung der Waldbodenpflanzen und Sträucher des Waldesinneren	133
4.5.1	Verhalten der Sträucher in mitteleuropäischen Laubwäldern	133
4.5.2	Ökologische Konstitution der Waldbodenpflanzen	133
4.5.3	Ökologische Gruppierung der Bodenpflanzen in mitteleuropäischen Laubwäldern	164
4.6	Populationsökologie der Waldbodenpflanzen	165
4.6.1	Phänologie	165
4.6.2	Lebenszyklus der Waldbodenpflanzen	169
4.7	Produktivität und Stoffumsätze	171
4.7.1	Biomasse und Produktivität der Baumschicht	171
4.7.2	Biomasse und Produktivität der Krautschicht	180
4.7.3	Ökosystemarer Kohlenstoffumsatz	182
4.7.4	Wasserumsatz	184
4.7.5	Nährstoffumsätze	191
4.8	Vegetationsdynamik	200
4.8.1	Dynamik der Baumschicht	200
4.8.2	Fluktuation und Sukzession in der Krautschicht	200
4.9	Menschlicher Einfluss	201
4.9.1	Waldschäden in Vergangenheit und Gegenwart	201
4.9.2	Anthropogene Veränderungen im Zustand der Waldböden	202
4.9.3	Baumschäden und ihre möglichen Ursachen	208
4.9.4	Vom Menschen verursachte Veränderungen in der Krautschicht und in der Kryptogamen- und Pilzflora der Wälder	218
4.9.5	Schutz und Restitution von Wäldern	226
<b>5</b>	<b>Buchen- und Buchenmischwälder</b>	<b>233</b>
5.1	Die Ordnung der Edellaubwälder	233
5.2	Gliederung der Buchenwälder in Mittel- und Westeuropa	235
5.3	Buchenwälder auf Rendzinen und Pararendzinen	241
5.3.1	Frische Kalkbuchenwälder	241
5.3.2	Bärlauchreiche Mullbuchenwälder	244

5.3.3	Seggen-Trockenhang-Buchenwälder . . . . .	246
5.3.4	Krautschichtfreie Buchenwälder vor allem auf Kalkböden . . . . .	249
5.3.5	Eiben- und Blaugras-Steilhang-Buchenwälder . . . . .	250
5.3.6	Montane Buchen- und Tannen-Buchenwälder . . . . .	253
5.3.7	Subalpine Bergahorn-Buchenwälder . . . . .	259
5.4	Buchen- und Buchenmischwälder auf reichen bis mittleren Braunerden . . . . .	261
5.4.1	Braunmull-Buchenwälder und verwandte Gesellschaften . . . . .	261
5.4.2	Mäßig feuchte Buchenmischwälder . . . . .	267
5.4.3	Farnreiche Buchen- und Buchenmischwälder . . . . .	270
5.4.4	Waldschwingelreiche Buchenwälder . . . . .	272
5.5	Buchen- und Eichen-Buchenwälder auf stark sauren Böden . . . . .	273
5.5.1	Moderbuchenwälder . . . . .	273
5.5.2	Klimabedingte Ausbildungen von Moderbuchenwäldern und Eichen-Buchenwäldern . . . . .	278
5.5.3	Bodensaure Buchenwälder über Kalkgesteinen . . . . .	283
5.6	Standörtlicher Vergleich der Buchenwald-Gesellschaften . . . . .	283
5.7	Dynamik der Buchenwälder . . . . .	285
5.7.1	Zwischen- und nacheiszeitliche Entwicklung der Buchenwälder . . . . .	285
5.7.2	Bestandesdynamik von Buchenwäldern . . . . .	288
<b>6</b>	<b>Übrige Laubmischwälder außerhalb der Flusssauen und Moore . . . . .</b>	<b>297</b>
6.1	Ahorn- und eschenreiche Mischwälder . . . . .	297
6.1.1	Standörtliche Gliederung der Ahorn- und Eschenwälder . . . . .	297
6.1.2	Eschen-Ahorn-Schatthangwälder . . . . .	299
6.1.3	Ahorn-Eschen-Hangfußwälder . . . . .	303
6.1.4	Eschen-Bachrinnenwälder . . . . .	303
6.2	Lindenmischwälder . . . . .	305
6.2.1	Winterlinden-Mischwälder im Alpenbereich . . . . .	305
6.2.2	Winterlinden-Mischwälder außerhalb der Alpen . . . . .	306
6.2.3	Wärmeliebende Sommerlinden-Ahorn-Mischwälder . . . . .	307
6.3	Eichenmischwälder Mitteleuropas im Überblick . . . . .	309
6.4	Wärmeliebende Eichenmischwälder . . . . .	310
6.4.1	„Relikte“ submediterraner Flaumeichenwälder und kontinentaler Steppenwälder . . . . .	310
6.4.2	Wärmeliebende Eichenmischwälder im west-östlichen Klima- und Florengefälle . . . . .	314
6.4.3	Subkontinentale Fingerkraut-Eichenmischwälder . . . . .	320
6.5	Bodensaure Eichenmischwälder . . . . .	322
6.5.1	Birken-Eichenwälder und verwandte Gesellschaften in Mitteleuropa . . . . .	322
6.5.2	Bodensaure Eichenwälder und Kastanien-Buschwälder im südlichen Mitteleuropa . . . . .	332
6.6	Eichen-Hainbuchenwälder . . . . .	335
6.6.1	Sommerwarme Waldlabkraut-Eichen-Hainbuchenwälder . . . . .	335
6.6.2	Bodenfeuchte Sternmieren-Eichen-Hainbuchenwälder . . . . .	338
6.6.3	Mehr oder minder rotbuchenreiche Eichen-Hainbuchenwälder . . . . .	345
6.6.4	Linden-Hainbuchenwälder außerhalb des Buchenareals . . . . .	349
6.6.5	Standörtlicher Vergleich der Eichen-Hainbuchenwälder . . . . .	353
<b>7</b>	<b>Nadelwälder und nadelbaumbeherrschte Mischwälder . . . . .</b>	<b>355</b>
7.1	Rolle der Nadelbäume in den Wäldern Mitteleuropas . . . . .	355
7.2	Zur systematischen Gliederung der Nadelwald-Gesellschaften . . . . .	358
7.3	Weißtannenwälder . . . . .	359
7.3.1	Sonderstellung der Tannenwälder . . . . .	359
7.3.2	Tannenwald-Gesellschaften der Alpen und des Alpenvorlandes . . . . .	361
7.3.3	Tannenwälder der Mittelgebirge und des Tieflandes . . . . .	368
7.4	Fichtenwälder . . . . .	370
7.4.1	Natürliche Verbreitung und Standorte der Fichtenwälder in Mitteleuropa . . . . .	370
7.4.2	Zur Systematik der fichtenreichen Nadelwälder . . . . .	373
7.4.3	Montane und subalpine Fichtenwälder . . . . .	375

7.4.4	Zur Rolle der Fichte in tieferen Lagen . . . . .	380
7.4.5	Standortbedingungen in verschiedenen Fichtenwald-Gesellschaften. . . . .	381
7.5	Subalpine Lärchen-Arvenwälder und Lärchenwälder . . . . .	383
7.5.1	Lebensbedingungen der Lärche und Arve in den Zentralalpen . . . . .	383
7.5.2	Lärchen-Arvenwälder in den Alpen und in der Tatra. . . . .	387
7.5.3	Lärchenwälder in den südlichen Alpen sowie außeralpine Lärchenbestände . . . . .	390
7.6	Bergkiefernbestände außerhalb der Moore . . . . .	391
7.6.1	Gesellschaften der aufrechten Bergkiefer. . . . .	391
7.6.2	Latschengebüsche unter verschiedenen Standortbedingungen. . . . .	392
7.7	Kiefernwälder außerhalb der Moore und Flussauen . . . . .	396
7.7.1	Standörtliche Gruppen von Kiefernwäldern in Mitteleuropa. . . . .	396
7.7.2	Wald- und Schwarzkiefern-Gesellschaften im Alpenraum . . . . .	399
7.7.3	Sandkiefernwälder des Tieflandes im Vergleich zu Eichenmischwäldern . . . . .	403
7.8	Dynamik der Nadelwälder. . . . .	408
7.8.1	Verjüngung der Nadelbäume. . . . .	408
7.8.2	Bestandesdynamik von Nadelwäldern . . . . .	410
<b>8</b>	<b>Gehölzvegetation der Flussauen und Sümpfe. . . . .</b>	<b>416</b>
8.1	Flora und Entstehungsgeschichte . . . . .	416
8.2	Lebensbedingungen und standörtliche Gliederung . . . . .	418
8.2.1	Morphologie der Flussauen und Lokalklima. . . . .	418
8.2.2	Chemische Bodeneigenschaften und Nährstoffversorgung . . . . .	420
8.2.3	Abflussregime, Überflutungshäufigkeit und Bodenfeuchte . . . . .	423
8.2.4	Stehendes und fließendes Grundwasser . . . . .	428
8.3	Vegetation . . . . .	429
8.3.1	Auen- und bachbegleitende Gehölze . . . . .	429
8.3.2	Bruch- und Moorwälder. . . . .	456
8.4	Anpassung an den Standort. . . . .	463
8.4.1	Überflutungstoleranz der Auenwaldpflanzen. . . . .	463
8.4.2	Sommerlicher Trockenstress in Flussauen. . . . .	468
8.4.3	Die Weiden als charakteristische Gehölze der Flussauen und Sümpfe. . . . .	468
8.5	Populationsbiologie und Synökologie . . . . .	469
8.5.1	Phänologie. . . . .	469
8.5.2	Flusstäler als Wanderungswege für Gebirgsschwemmlinge. . . . .	471
8.5.3	Verjüngung und Populationsdynamik in Feuchtwäldern . . . . .	473
8.6	Produktivität und Stoffumsätze . . . . .	475
8.6.1	Waldstruktur, Biomasse und Produktivität . . . . .	475
8.6.2	Wasser- und Nährstoffumsätze . . . . .	475
8.7	Vegetationsdynamik. . . . .	477
8.7.1	Dynamik der Auenvegetation . . . . .	477
8.7.2	Sukzession nach Störungen . . . . .	480
8.8	Menschlicher Einfluss . . . . .	480
8.8.1	Erschließung, Melioration und Zerstörung der Auen . . . . .	480
8.8.2	Schutz und Restitution der Auenwälder . . . . .	483

## Naturnahe gehölzarme bis gehölzfreie Formationen

<b>9</b>	<b>Vegetation der Binnengewässer . . . . .</b>	<b>486</b>
9.1	Die Makrophytenflora der Binnengewässer und deren Herkunft . . . . .	486
9.2	Lebensbedingungen und standörtliche Gliederung . . . . .	487
9.2.1	Physikalische Eigenschaften. . . . .	487
9.2.2	Chemische Eigenschaften. . . . .	489
9.2.3	Ökologische Gliederung der Binnengewässer . . . . .	491
9.3	Vegetation . . . . .	496
9.3.1	Grundsätzliches zum System der Wasserpflanzen-Gesellschaften . . . . .	496

9.3.2	Stillgewässer	497
9.3.2.1	Unterwasserrasen oligo- und mesotropher Seen	497
9.3.3	Fließgewässer	509
9.3.4	Quellfluren und Quellsümpfe	515
9.4	Anpassung an den Standort	516
9.4.1	Photosynthese der Wasserpflanzen	516
9.4.2	Nährstoffversorgung der Wasserpflanzen	518
9.4.3	Existenz im sauerstoffarmen Sediment	518
9.4.4	Anpassungen an Strömung und Wellenschlag	519
9.4.5	Lebensformtypen und morphologische Anpassungen der Wasserpflanzen	521
9.5	Populationsbiologie und Synökologie	522
9.5.1	Phänologie	522
9.5.2	Lebenszyklus der Wasserpflanzen	523
9.5.3	Interspezifische Konkurrenz zwischen Wasserpflanzen	525
9.6	Produktivität und Stoffumsätze	526
9.6.1	Produktivität	526
9.6.2	Wasserumsatz	529
9.6.3	Nährstoffumsätze	530
9.7	Vegetationsdynamik	530
9.7.1	Saisonale und interannuelle Fluktuation	530
9.7.2	Langfristige Dynamik und Sukzession in Seen	532
9.7.3	Selbstreinigung von Gewässern als sekundäre Sukzession	532
9.8	Menschlicher Einfluss	533
9.8.1	Gewässereutrophierung	533
9.8.2	Gewässerversauerung	537
9.8.3	Schilfsterben	539
9.8.4	Gefährdung und Schutz der Binnengewässer	539
<b>10</b>	<b>Moore</b>	<b>542</b>
10.1	Flora	542
10.2	Lebensbedingungen und standörtliche Gliederung	543
10.2.1	Bildung und Zersetzung von Torfen	543
10.2.2	Oberflächenstrukturen und morphologische Moorgliederung	545
10.2.3	Makroklima und Moorbildung	551
10.2.4	Mikroklima	552
10.2.5	Wasserregime und hydrologische Moortypen	553
10.2.6	Nährstoffversorgung und trophische Moortypen	557
10.3	Vegetation	560
10.3.1	Synsystematische Übersicht	560
10.3.2	Hochmoorbult-Gesellschaften und Heidemoore	561
10.3.3	Schlenken-Gesellschaften oligotropher Moore	567
10.3.4	Mesotroph-saure bis -basenreiche Moore	568
10.3.5	Mesotroph-kalkhaltige Moore	570
10.4	Anpassung an den Standort	572
10.4.1	Anpassungen an Trockenheit, Überflutung und Anoxie	572
10.4.2	Anpassung an Nährstoffmangel und Rolle der Basenversorgung	574
10.5	Produktivität und Stoffumsätze	577
10.5.1	Primärproduktion	577
10.5.2	Torfakkumulation und Torfzersetzung	579
10.5.3	Wasser- und Nährstoffumsätze	580
10.6	Vegetationsdynamik	583
10.6.1	Quartäre Moorentwicklung	583
10.6.2	Rezente Entwicklungsprozesse	586
10.6.3	Primäre Sukzession in wachsenden Hochmooren	588
10.6.4	Sekundäre Sukzession nach Moorentwässerung	588

10.7	Menschlicher Einfluss . . . . .	589
10.7.1	Moornutzung durch Torfabbau, Entwässerung und Kultivierung . . . . .	589
10.7.2	Eutrophierung . . . . .	592
10.7.3	Schadstoffakkumulation und Spurengasaustausch mit der Atmosphäre . . . . .	592
10.7.4	Schutz und Restitution von Mooren. . . . .	593
<b>11</b>	<b>Salzmarschen und Salzstellen des Binnenlandes. . . . .</b>	<b>596</b>
11.1	Die Halophytenflora Mitteleuropas . . . . .	596
11.2	Lebensbedingungen und standörtliche Gliederung . . . . .	597
11.2.1	Die Nordsee-Wattenküste . . . . .	597
11.2.2	Die Ostseeküste . . . . .	599
11.3	Vegetation . . . . .	600
11.3.1	Vegetationsgliederung an der Nordseeküste . . . . .	600
11.3.2	Vegetationsgliederung an der Ostseeküste . . . . .	609
11.3.3	Halophytenvegetation an Binnenland-Salzstellen . . . . .	616
11.4	Anpassung an den Standort. . . . .	618
11.4.1	Anpassung an Salzstress . . . . .	618
11.4.2	Anpassungen an Überflutung, Sauerstoffmangel und Sedimentation . . . . .	621
11.4.3	Anpassungen an Nährstoffmangel und Trockenstress . . . . .	624
11.5	Produktivität und Nährstoffumsätze . . . . .	625
11.6	Vegetationsdynamik. . . . .	627
11.6.1	Entstehungsgeschichte der Salzmarschen . . . . .	627
11.6.2	Dynamik der Seegrasrasen . . . . .	627
11.6.3	Salzrasen-Sukzession als Folge von Sedimentation. . . . .	628
11.6.4	Sukzession auf vegetationsfreien Sandplaten. . . . .	628
11.6.5	Besiedlung einer schlickreichen Insel in der Ostsee . . . . .	630
11.7	Menschlicher Einfluss . . . . .	631
11.7.1	Auswirkungen der Salzrasen-Beweidung . . . . .	631
11.7.2	Salzrasen-Sukzession nach Aufgabe der Beweidung. . . . .	633
11.7.3	Eutrophierung der Küstengewässer. . . . .	634
<b>12</b>	<b>Dünen und ihre Vegetationsabfolgen . . . . .</b>	<b>636</b>
12.1	Flora und Vegetation . . . . .	636
12.2	Dünenbildung und -zerstörung . . . . .	636
12.2.1	Küstendünen der Nordsee. . . . .	637
12.2.2	Küstendünen der Ostsee . . . . .	641
12.3	Vegetation . . . . .	642
12.3.1	Nordsee-Küstendünen . . . . .	642
12.3.2	Ostsee-Küstendünen . . . . .	651
12.3.3	Vegetationslose Wanderdünen . . . . .	653
12.3.4	Vegetation der Binnendünen. . . . .	655
12.4	Anpassung an den Standort. . . . .	659
12.4.1	Leben im Spülsaum . . . . .	659
12.4.3	Anpassung an Nährstoffmangel . . . . .	663
12.4.4	Phreatophyten in Dünentälern . . . . .	666
12.5	Vegetationsdynamik. . . . .	667
12.5.1	Nährstoffanreicherung und Bodenentwicklung während der Dünenengese . . . . .	667
12.5.2	Vegetationsveränderungen durch invasive Arten. . . . .	669
12.6	Menschlicher Einfluss . . . . .	670
12.6.1	Folgen der Eutrophierung. . . . .	670
12.6.2	Folgen von Beweidung, Kaninchenverbiss und Aufforstung . . . . .	670

<b>13</b>	<b>Vegetation der alpinen und nivalen Stufe</b> .....	<b>672</b>
13.1	Flora und Entstehungsgeschichte .....	672
13.2	Lebensbedingungen und standörtliche Gliederung .....	675
13.2.1	Klima des Hochgebirges .....	675
13.2.2	Böden und Nährstoffversorgung .....	686
13.2.3	Bodenwasserregime .....	690
13.3	Vegetation .....	690
13.3.1	Vegetationsstufung im Hochgebirge .....	690
13.3.2	Vegetationsmosaik in der subalpinen Stufe und an der Waldgrenze .....	691
13.3.3	Standörtliche und systematische Gliederung der alpinen Vegetation .....	693
13.3.4	Vegetationsmosaik in der nivalen Stufe .....	695
13.3.5	Subalpin-alpine Rasen auf Karbonatgestein (Kl. <i>Seslerietea albicantis</i> ) .....	696
13.3.6	Nacktriet-Windkantenrasen (Kl. <i>Carici rupestris-Kobresietea bellardii</i> ) .....	704
13.3.7	Subalpin-alpine Sauerbodenrasen (Kl. <i>Caricetea curvulae</i> ) .....	705
13.3.8	Subalpin-alpine Zwergstrauchheiden (Kl. <i>Loiseleurio-Vaccinietea</i> ) .....	710
13.3.9	Schneeboden-Vegetation (Kl. <i>Salicetea herbaceae</i> und <i>V. Arabidion caeruleae</i> ) .....	714
13.3.10	Vegetation subalpin-alpiner Moore, Quellfluren und Schwemmufer .....	719
13.3.11	Subalpin-alpine Hochstaudenfluren und Grünerlengebüsche (Kl. <i>Betulo-Adenostyletea</i> und <i>Betulo-alnetea viridis</i> ) .....	725
13.3.12	Karbonat- und Silikat-Schuttfluren der Hochgebirge (Kl. <i>Thlaspietea rotundifolii</i> ) .....	731
13.3.13	Vegetation der Felsen und Steinblöcke (Kl. <i>Asplenieta trichomanis</i> u. a.) .....	736
13.3.14	Pflanzengesellschaften der nivalen Stufe .....	743
13.4	Anpassung an den Standort .....	747
13.4.1	Anpassungen an Kälte und Hitze .....	747
13.4.2	Gewinn und Umsatz von Kohlenstoff .....	750
13.4.3	Nährstoffversorgung alpiner Pflanzen und Anpassung an basische und saure Böden .....	755
13.4.4	Charakteristische Lebensformen der alpinen und nivalen Stufe .....	759
13.4.5	Physiognomie und Ursachen der alpinen Waldgrenze .....	762
13.5	Populationsbiologie und Synökologie .....	768
13.5.1	Wachstums- und Lebensrhythmus alpiner Pflanzen .....	768
13.5.2	Diasporenausbreitung und Keimlingsetablierung .....	769
13.6	Produktivität und Stoffumsätze .....	770
13.6.1	Produktivität .....	770
13.6.2	Wasser- und Nährstoffumsätze .....	772
13.7	Vegetationsdynamik .....	773
13.7.1	Primäre Sukzession auf Gletschervorfeldern .....	773
13.7.2	Vegetationsveränderungen infolge Klimaerwärmung .....	783
13.8	Menschlicher Einfluss .....	785
13.8.1	Landnutzungswandel und Eutrophierung im Hochgebirge .....	785
13.8.2	Gefährdung der Hochgebirgsvegetation durch Tourismus und Ansätze zur Restitution .....	786
<b>14</b>	<b>Epiphytenvegetation</b> .....	<b>789</b>
14.1	Baumrinden als Epiphyten-Standorte .....	789
14.2	Epiphytische Algen-, Flechten- und Moos-Gesellschaften .....	789
14.2.1	Algenreiche Epiphyten-Gesellschaften .....	791
14.2.2	Flechtenreiche Epiphyten-Gesellschaften .....	791
14.2.3	Moosreiche Epiphyten-Gesellschaften .....	792
14.3	Anpassung an den Standort .....	794
14.3.1	Wichtige ökologische Eigenschaften epiphytischer Kryptogamen .....	794
14.3.2	Kohlenstoffgewinn in Abhängigkeit von Feuchte, Strahlung und Temperatur .....	794
14.3.3	Chemische und physikalische Eigenschaften des Substrates .....	796
14.3.4	Wirkung toxischer Substanzen und Indikatoreigenschaften von Epiphyten .....	797
14.3.5	Bedeutung von Bestandesstruktur und Bestandesalter .....	798
14.4	Rezenter Wandel der Epiphyten-Gesellschaften .....	799



## Großenteils vom Menschen mitgeschaffene und erhaltene Formationen

<b>15 Naturferne Forsten und Lichtungsfluren . . . . .</b>	<b>802</b>
15.1 Forstgesellschaften im Vergleich zu naturnahen Waldgesellschaften . . . . .	802
15.1.1 Vegetationskundliche Gliederung von Kunstforsten . . . . .	802
15.1.2 Kiefernforsten auf Sand- und Kalksteinböden . . . . .	803
15.1.3 Fichtenforsten und sonstige Nadelholzforsten . . . . .	809
15.1.4 Laubholzforsten, Pappelanpflanzungen und Robinienbestände . . . . .	811
15.2 Nadelholz-Monokulturen an Laubwaldstandorten . . . . .	812
15.2.1 Gefährdung durch abiotische und biotische Stressoren . . . . .	813
15.2.2 Wirkungen auf Boden und Stoffumsätze . . . . .	813
15.3 Vegetation der Waldlichtungen und Waldbrandflächen . . . . .	815
15.3.1 Sukzession der Waldlichtungs-Vegetation . . . . .	815
15.3.2 Lichtungs-Krautfluren und -Gebüsche . . . . .	820
<b>16 Waldmäntel, Gebüsche, Hecken und deren Krautsäume . . . . .</b>	<b>821</b>
16.1 Flora und Entstehungsgeschichte . . . . .	821
16.2 Lebensbedingungen und standörtliche Gliederung . . . . .	823
16.3 Vegetation . . . . .	826
16.3.1 Waldmäntel, Gebüsche und Hecken . . . . .	826
16.3.2 Krautsäume . . . . .	832
16.4 Anpassung an den Standort, Populationsbiologie und Vegetationsdynamik . . . . .	835
16.5 Menschlicher Einfluss . . . . .	837
16.5.1 Verfall und Vernichtung der Hecken . . . . .	837
16.5.2 Bedeutung der Hecken für die Landwirtschaft und die Agrarlandschaft . . . . .	838
<b>17 Zwergstrauchheiden und Borstgrasrasen . . . . .</b>	<b>840</b>
17.1 Flora und Entstehungsgeschichte . . . . .	840
17.2 Lebensbedingungen und standörtliche Gliederung . . . . .	844
17.2.1 Klimatische Bedingungen und Wasserregime . . . . .	844
17.2.2 Bestandesstruktur und Mikroklima . . . . .	845
17.2.3 Böden und Nährstoffversorgung . . . . .	845
17.3 Vegetation . . . . .	847
17.3.1 Borstgrasrasen ( <i>O. Nardetalia strictae</i> ) . . . . .	848
17.3.2 Zwergstrauchheiden ( <i>O. Vaccinio-Genistetalia</i> ) . . . . .	851
17.4 Anpassung an den Standort . . . . .	864
17.4.1 Wuchsform und Lichtbedarf . . . . .	864
17.4.2 Anpassungen an Nährstoffmangel und bodenchemischen Stress . . . . .	865
17.4.3 Anpassungen an Trockenheit und Frost . . . . .	866
17.5 Populationsbiologie und Synökologie . . . . .	867
17.6 Produktivität und Stoffumsätze . . . . .	868
17.6.1 Produktivität . . . . .	868
17.6.2 Wasser- und Nährstoffumsätze . . . . .	869
17.7 Vegetationsdynamik . . . . .	871
17.7.1 Fluktuation und „zyklische Sukzession“ . . . . .	871
17.7.2 Sukzession nach Störungen . . . . .	872
17.7.3 Sukzession in Richtung auf Wald . . . . .	873
17.8 Menschlicher Einfluss . . . . .	875
17.8.1 Beweidung und Mahd . . . . .	875
17.8.2 Eutrophierung und Versauerung . . . . .	876
17.8.3 Schutz und Restitution der Heiden und Borstgrasrasen . . . . .	879

<b>18 Magerrasen trockener Standorte</b> .....	<b>881</b>
18.1 Flora und Entstehungsgeschichte .....	881
18.1.1 Flora .....	881
18.1.2 Entstehung der Magerrasen unter dem Einfluss des Klimas und des Menschen ..	882
18.2 Lebensbedingungen und standörtliche Gliederung .....	883
18.2.1 Expositions- und Mikroklima .....	884
18.2.2 Wasserregime .....	889
18.2.3 Böden und Nährstoffversorgung .....	893
18.3 Vegetation .....	894
18.3.1 Grundlegende standörtliche Gliederung .....	894
18.3.2 Kalk-Magerrasen (Kl. Festuco-Brometea) .....	899
18.3.3 Sand-Magerrasen und Felsgrus- und Felsband-Vegetation (Kl. Koelerio-Corynephoretea) .....	910
18.4 Anpassung an den Standort .....	916
18.4.1 Anpassung an Trockenheit .....	916
18.4.2 Anpassung an Nährstoffmangel .....	927
18.4.3 Anpassung an Hitzestress .....	929
18.4.4 Anpassung an basische und saure Böden .....	929
18.5 Populationsbiologie und Synökologie .....	930
18.5.1 Phänologie .....	930
18.5.2 Samenbank, Keimung und Ausbreitung .....	931
18.5.3 Einfluss von Konkurrenz auf die Artenzusammensetzung .....	933
18.5.4 Ursachen des Artenreichtums in Magerrasen .....	935
18.6 Produktivität und Stoffumsätze .....	937
18.6.1 Produktivität .....	937
18.6.2 Wasser- und Nährstoffumsätze .....	938
18.7 Vegetationsdynamik .....	941
18.7.1 Primäre Sukzessionen auf Felsrohböden und Tagebauflächen .....	941
18.7.2 Kurz- und mittelfristige Veränderungen in Magerrasen .....	941
18.7.3 Sekundäre Sukzession in brachgefallenen Magerrasen .....	943
18.7.4 Entstehung steppenähnlicher Rasen auf Brachflächen .....	945
18.8 Menschlicher Einfluss .....	946
18.8.1 Gemähte und beweidete Trockenrasen .....	946
18.8.2 Eutrophierung .....	948
18.8.3 Habitatfragmentierung .....	949
18.8.4 Schutz und Restitution von trockenen Magerrasen .....	950
<b>19 Wirtschaftswiesen und -weiden, Tritt- und Flutrasen</b> .....	<b>953</b>
19.1 Flora und Entstehungsgeschichte .....	953
19.1.1 Flora .....	953
19.1.2 Entstehung der Wiesen und Weiden .....	954
19.1.2.1 Herkunft der Wiesenpflanzen .....	954
19.2 Lebensbedingungen und standörtliche Gliederung .....	956
19.2.1 Viehweide und Mahd als Standortfaktoren .....	956
19.2.2 Bestandesstruktur und Mikroklima .....	960
19.2.3 Bodenwasserregime .....	962
19.2.4 Bodenchemischer Zustand .....	968
19.3 Vegetation des Kulturgraslandes und der Straßenrand-Mähwiesen .....	970
19.3.1 Übersicht über die Kulturgrasland-Gesellschaften Mitteleuropas .....	970
19.3.2 Frischwiesen .....	972
19.3.3 Feuchtwiesen .....	986
19.3.4 Mädesüß-Uferfluren und ähnliche Hochstauden-Gesellschaften .....	994
19.3.5 Grasland an Straßenrändern und in Obstbaumbeständen .....	995
19.3.6 Weiden und Vielschnittrasen .....	998
19.3.7 Tritt- und Flutrasen .....	1002

19.4	Anpassung an den Standort . . . . .	1005
19.4.1	Mahd- und Trittvcrträglichkeit . . . . .	1005
19.4.2	Ökophysiologische Eigenschaften der Graslandarten . . . . .	1010
19.5	Populationsbiologie und Synökologie . . . . .	1017
19.5.1	Phänologie . . . . .	1017
19.5.2	Samenbank, Keimung und Ausbreitung . . . . .	1018
19.6	Produktivität und Stoffumsätze . . . . .	1021
19.6.1	Produktivität . . . . .	1021
19.6.2	Wasser- und Nährstoffumsätze . . . . .	1026
19.7	Vegetationsdynamik . . . . .	1029
19.7.1	Neubildung von Wiesen-Gesellschaften und die Bedeutung der Vorgeschichte . . . . .	1029
19.7.2	Sukzession auf Wiesenbrachen . . . . .	1031
19.8	Menschlicher Einfluss . . . . .	1032
19.8.1	Folgen der Nutzungsintensivierung und Düngung . . . . .	1032
19.8.2	Folgen von Ent- und Bewässerung . . . . .	1038
19.8.3	Schutz und Restitution von Wiesen . . . . .	1043
<b>20</b>	<b>Rasen auf schwermetallreichen Böden . . . . .</b>	<b>1046</b>
20.1	Herkunft und Entstehung der Schwermetallflora . . . . .	1046
20.2	Schwermetallböden . . . . .	1047
20.3	Vegetation . . . . .	1049
20.3.1	Phanerogamen-Gesellschaften . . . . .	1049
20.3.2	Flechtenvegetation . . . . .	1050
20.4	Anpassung an den Standort . . . . .	1051
20.4.1	Schwermetallböden mit niedrigen Magnesiumgehalten . . . . .	1051
20.4.2	Schwermetallböden mit hohen Magnesiumgehalten . . . . .	1054
20.5	Vegetationsdynamik . . . . .	1055
20.6	Auswirkungen von Schwermetallimmissionen auf die Pflanzendecke . . . . .	1055
<b>21</b>	<b>Vom Menschen beeinflusste Ufer- und Schlammboden-Fluren . . . . .</b>	<b>1058</b>
21.1	Kurzlebige Zwergbinsen-Gesellschaften auf wechsellassen Böden . . . . .	1058
21.1.1	Areal und Verbreitungsmittel der Teichschlamm-Zwergpflanzen . . . . .	1058
21.1.2	Vegetation . . . . .	1059
21.1.3	Anpassung an den Standort und Vegetationsdynamik . . . . .	1061
21.2	Nitrophile Uferfluren stehender und fließender Gewässer . . . . .	1062
21.2.1	Lebensbedingungen und standörtliche Gliederung . . . . .	1062
21.2.2	Vegetation . . . . .	1065
21.2.3	Anpassung an den Standort und Vegetationsdynamik . . . . .	1065
<b>22</b>	<b>Ruderalfluren trockenerer Böden . . . . .</b>	<b>1068</b>
22.1	Flora und Entstehungsgeschichte . . . . .	1068
22.2	Lebensbedingungen und standörtliche Gliederung . . . . .	1070
22.3	Vegetation . . . . .	1070
22.3.1	Sommer- und winterannuelle Ruderalfluren . . . . .	1070
22.3.2	Ausdauernde Ruderalfluren . . . . .	1073
22.4	Anpassung an den Standort . . . . .	1076
<b>23</b>	<b>Krautfluren der Äcker, Gärten und Weinberge . . . . .</b>	<b>1078</b>
23.1	Flora und Entstehungsgeschichte . . . . .	1078
23.1.1	Flora . . . . .	1078
23.1.2	Herkunft der Ackerwildkräuter und Wandel der Ackerwildkraut-Vegetation seit der Jungsteinzeit . . . . .	1078
23.2	Lebensbedingungen und standörtliche Gliederung . . . . .	1080
23.2.1	Mikroklima . . . . .	1080
23.2.2	Bodenwasserregime . . . . .	1081
23.2.3	Bodenazidität und Nährstoffversorgung . . . . .	1081

23.3	Vegetation	1082
23.3.1	Grundlagen einer vegetationskundlichen Gliederung	1082
23.3.2	Synsystematische Übersicht	1084
23.4	Anpassung an den Standort	1088
23.4.1	Pflanzliche Konstitutionstypen im Ackerland	1088
23.4.2	Keimungsbedingungen und Licht- und Wärmebedarf	1090
23.4.3	Anpassung an die Feuchte und Durchlüftung des Bodens	1091
23.4.4	Anpassung an das Nährstoffregime und Düngungswirkungen	1093
23.4.5	Auswirkungen der Bodenbearbeitung	1097
23.4.6	Auswirkungen der Herbizidbehandlung	1098
23.5	Populationsbiologie und Synökologie	1099
23.5.1	Phänologie	1099
23.5.2	Diasporenbank und Ausbreitung	1100
23.5.3	Populationsdynamik	1103
23.6	Produktivität und Stoffumsätze	1103
23.6.1	Wasserumsatz	1103
23.6.2	Nährstoffumsätze	1104
23.7	Vegetationsdynamik	1105
23.7.1	Interannuelle Fluktuation und Veränderungen mit der Fruchtfolge	1105
23.7.2	Sekundäre Sukzession auf Ackerbrachen	1106
23.8	Menschlicher Einfluss	1110
23.8.1	Zusammenbruch der Ackerwildkraut-Populationen in jüngster Zeit und dessen Ursachen	1110
23.8.2	Schutz und Restitution der Ackerwildkraut-Vegetation	1115
<b>24</b>	<b>Vegetation menschlicher Siedlungen</b>	<b>1117</b>
24.1	Flora der Städte und Dörfer und deren Herkunft	1117
24.2	Lebensbedingungen und standörtliche Gliederung	1119
24.3	Vegetation	1121
24.4	Anpassung an den Standort	1126
24.5	Vegetationsdynamik	1128
<b>25</b>	<b>Vegetationskomplexe</b>	<b>1131</b>
25.1	Standörtlich homogene und inhomogene Vegetationskomplexe	1131

## Übersichten und Register

<b>26</b>	<b>Syntaxonomische Übersicht der Gefäßpflanzen-Gesellschaften Mitteleuropas</b>	<b>1136</b>
<b>27</b>	<b>Zeigerwerte der Pflanzen Mitteleuropas (im Internet unter <a href="http://www.utb-mehr-wissen.de">www.utb-mehr-wissen.de</a> abrufbar)</b>	
<b>28</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>1147</b>
<b>29</b>	<b>Register</b>	<b>1281</b>
<b>30</b>	<b>Bildnachweise</b>	<b>1334</b>