

**Wolfgang Frey • Rainer Lösch**

# **Lehrbuch der Geobotanik**

**Pflanze und Vegetation in Raum und Zeit**

**G.JSTAV  
FISCHER**

**Stuttgart • Jena • Lübeck • Ulm**

# Inhalt

<b>Abkürzungen, Symbole, Konstanten</b> . . . . .	<b>XI</b>		
<b>1</b> <b>Gliederung und Aufgaben der Geobotanik</b> . . . . .			
<b>Geschichte der Geobotanik und aktuelle Forschungstrends des Faches</b> . . . . .			
<b>Floristik und Arealkunde</b> . . . . .	<b>7</b>		
3.1 Floristik und kartographische Dokumentation des Vorkommens von Pflanzenarten . . . . .	7		
3.2 Das Areal einer Pflanzenart . . . . .	8		
3.2.1 Die Größe der Areale . . . . .	13		
3.2.1.1 Kosmopoliten und Endemiten . . . . .	13		
3.2.1.2 Ökologische Grundlagen von Evolutionsprozessen . . . . .	17		
3.2.1.3 Entfaltungs- und Sippenzentren . . . . .	17		
3.2.2 Die Pflanzenareale bestimmende Parameter . . . . .	20		
3.2.3 Gesetz der relativen Standortkonstanz unter wechselndem Großklima . . . . .	24		
3.2.4 Geoelemente der Flora . . . . .	25		
3.2.4.1 Arealtypus . . . . .	25		
3.2.4.2 Florenelemente . . . . .	26		
3.3 Florenreiche . . . . .	27		
3.3.1 Florenkontrast und Florengefälle . . . . .	27		
3.3.2 Die sechs Florenreiche . . . . .	27		
3.3.2.1 Holarktis . . . . .	27		
3.3.2.2 Paläotropis . . . . .	28		
3.3.2.3 Neotropis . . . . .	28		
3.3.2.4 Capensis . . . . .	28		
3.3.2.5 Australis . . . . .	29		
3.3.2.6 Antarktis . . . . .	29		
3.3.3 Die Florenregionen der Holarktis . . . . .	29		
3.3.3.1 Untergliederung von Florenreichen, ihre Ursachen und ihre formelle Charakterisierung . . . . .	29		
3.3.3.2 Die Florenregionen des europäischen-westsibirischen Raumes . . . . .	31		
<b>4</b> <b>Vegetationskunde (Phytozoölogie, Zöologische Geobotanik)</b> . . . . .	<b>35</b>		
4.1 Allgemeines . . . . .	35		
4.2 Pflanzensoziologie (Floristisch-systematische Vegetationskunde) . . . . .	36		
4.2.1 Allgemeines, Grundlagen . . . . .	36		
4.2.2 Analyse von Pflanzenbeständen, Arbeitstechniken . . . . .	38		
4.2.3 Erarbeitung von Pflanzengesellschaften, Einordnung in das hierarchische pflanzensoziologische System (Syntaxonomie) . . . . .	43		
4.2.4 Braun-Blanquet-System (Syntaxonomie) . . . . .	51		
4.2.5 Sigmasoziologie (Synsoziologie) . . . . .	56		
4.3 Physiognomisch-ökologische und ökologisch-standörtliche Vegetationsgliederung . . . . .	58		
4.4 Vegetationskartierung und Darstellung der Vegetation . . . . .	64		
4.5 Direkte Gradientenanalyse . . . . .	69		
4.5.1 Allgemeines . . . . .	69		
4.5.2 Ein- und mehrdimensionale Ordination . . . . .	70		
4.6 Numerische Vegetationsanalyse . . . . .	73		
4.6.1 Allgemeines . . . . .	73		
4.6.2 Allgemein-vegetationskundliche Verfahren . . . . .	74		
4.6.3 Numerische (multivariate) Ordination . . . . .	75		
4.6.4 Numerische Klassifikation . . . . .	77		
4.7 Ökologische Artengruppen und Zeigerwerte . . . . .	81		
4.8 Vegetationsdynamik . . . . .	83		
4.8.1 Allgemeines, Teilgebiete . . . . .	83		
4.8.2 Sukzessionslehre (Syndynamik) . . . . .	85		
4.8.3 Angewandte Sukzessionsforschung . . . . .	91		

<b>5</b>	<b>Floren- und Vegetationsgeschichte (Historisch-genetische Geobotanik)</b>	<b>92</b>			
5.1	Die Erdzeitalter	92			
5.1.1	Archäophytikum (Eophytikum)	92			
5.1.2	Paläophytikum (Farnzeitalter)	94			
5.1.3	Mesophytikum (Gymnospermenzeitalter)	94			
5.1.4	Neophytikum (Känophytikum, Angiospermenzeitalter)	94			
5.2	Kontinentaldrift, Plattentektonik und Entstehung der Kontinente	97			
5.3	Leben im Archäophytikum (Eophytikum)	99			
5.4	Die Eroberung des Festlandes durch die Pflanzen	100			
5.5	Mittel- bis spätpaläophytische Floren	107			
5.5.1	Entfaltung der Verwandtschaftsgruppen, Progymnospermae	107			
5.5.2	Karbonwälder der Nordhemisphäre	110			
5.5.3	Permo-karbonische <i>Glossopteris</i> -Flora	111			
5.6	Mesophytische Floren	113			
5.7	Floren- und Vegetationsentwicklung im Neophytikum	114			
5.7.1	Das „Erwachen“ der Angiospermen	114			
5.7.2	Tertiär	118			
5.7.3	Quartär	123			
5.8	Arbeitstechniken	136			
<b>6</b>	<b>Ökologie der Pflanzen</b>	<b>138</b>			
6.1	Autökologie: Pflanzen und Vegetation unter dem Einfluß des standörtlichen Strahlungsklimas	140			
6.1.1	Strahlungsangebot	140			
6.1.1.1	Zeitliche und räumliche Variabilität der Einstrahlung	142			
6.1.1.2	Gradienten des sichtbaren Lichtes im Vegetationsprofil	143			
6.1.2	Umsatz der einfallenden Strahlung an Laubblättern	148			
6.1.3	Gestaltliche und funktionelle Anpassungen der Pflanzen an das standörtliche Lichtklima	151			
6.2	Autökologie: Die Absorption von Wärmestrahlung durch Luft, Boden und Vegetation und die Energiebilanz	155			
6.2.1	Energiebilanz	155			
6.2.2	Temperaturen von Boden, Luft und Pflanzen	156			
6.2.3	Wärme- und Niederschlagsverhältnisse in Abhängigkeit von der planetarischen Luftzirkulation	169			
6.2.4	Temperaturwirkungen auf die Lebensvorgänge der Pflanzen	171			
6.2.4.1	Grundlagen der Temperaturabhängigkeit des Stoffwechsels	171			
6.2.4.2	Kardinalpunkte der Temperatur	172			
6.2.5	Auseinandersetzung der Pflanzen mit standörtlichen Extremtemperaturen	174			
6.2.6	Feuerökologie	177			
6.3	Autökologie: Die Abhängigkeit der Pflanzen von der standörtlichen Wasserversorgungssituation	179			
6.3.1	Wasserhaushalt der Zellen und Gewebe	179			
6.3.2	Osmotische Potentiale pflanzlicher Gewebe und osmotische Spektren	182			
6.3.3	Die Pflanze im Boden-Pflanze-Atmosphäre-Kontinuum	183			
6.3.4	Der Wasserstrom durch die Pflanze und seine Bedingtheit durch den standörtlichen Wasserhaushalt	183			
6.3.4.1	Das Wasser im Boden und seine Aufnahme in die Pflanze	183			
6.3.4.2	Stomatäre Kontrolle der Transpiration	186			
6.3.5	Pflanzliches Verhalten unter Wassermangel	190			
6.4	Autökologie: Boden und Mineralstoffhaushalt	195			
6.4.1	Boden: Charakterisierung und Ontogenese	195			
6.4.2	Bodenschichtung	196			
6.4.3	Bodentypen	196			
6.4.4	Bodeneigenschaften	198			
6.4.4.1	Bodenpartikel: Struktur und Chemismus	198			
6.4.4.2	Boden: Wasserbindung	198			
6.4.4.3	Tonminerale und Boden-Nährstoffverfügbarkeit	199			

6.4.5	Ionentransport und -aufnahme vom Boden in die Pflanzenwurzeln. . . . .	202	7.1.3.2	Diasporentypen. . . . .	234
6.4.6	Pflanzenspezifische Unterschiede im Mineralstoffhaushalt mit Relevanz für die standörtliche Einnischung. . . . .	204	7.1.4	Ausbreitungstypen und Ausbreitungssysteme. . . . .	239
6.5	Wechselwirkungen zwischen Pflanzen und atmosphärischen Gasen. . . . .	207	7.2	Anwendung populationsökologischer Charakteristika auf Pflanzengesellschaften. . . . .	243
6.5.1	Stickstoff. . . . .	208	7.2.1	Ausbreitungspotential (Ausbreitungsverhalten). . . . .	243
6.5.2	Kohlenstoff. . . . .	209	7.2.2	Erfassung von Diasporenniederschlag und Ausbreitungsweiten. . . . .	245
6.5.2.1	Ökophysiologie der Photosynthese. . . . .	210	7.2.3	Diasporenbank. . . . .	249
6.5.2.2	CO <sub>2</sub> -Gaswechsel. . . . .	211	7.3	Vegetative Reproduktion und Habitatbesetzung. . . . .	251
6.5.2.3	Isotopendiskriminierung. . . . .	211			
6.5.2.4	Licht- und Temperatur-Abhängigkeit des CO <sub>2</sub> -Gaswechsels. . . . .	211	<b>8</b>	<b>Ökologische Anpassungen (Adaptationen) und Lebensstrategien. . . . .</b>	<b>253</b>
6.5.2.5	Wasserausnutzungs-Koeffizient der Photosynthese. . . . .	214	8.1	Lebensformen. . . . .	253
6.5.2.6	Assimilationsleistung und Assimilationsertrag. . . . .	216	8.1.1	Allgemeines. . . . .	253
6.5.2.7	Energiegehalt pflanzlicher Substanz. . . . .	217	8.1.2	Lebensformen-System. . . . .	254
6.5.2.8	Allokation der organischen Substanz. . . . .	217	8.1.3	Bedeutung der Lebensformen. . . . .	257
6.5.2.9	Veränderung des CO <sub>2</sub> -Pegels der Atmosphäre durch Oxidation fossiler Biomasse. . . . .	219	8.2	Lebensstrategien und synstrategische Analysen. . . . .	259
6.5.3	Klimarelevante Spurengase in der Atmosphäre und der „Treibhauseffekt“. . . . .	220	8.2.1	Allgemeines. . . . .	259
6.5.3.1	CO <sub>2</sub> als „Treibhausgas“. . . . .	220	8.2.2	Geschichtliches - Grundzüge. . . . .	259
6.5.3.2	Spurengase, die den Treibhauseffekt fördern. . . . .	222	8.2.3	Lebensstrategien-Systeme. . . . .	259
6.5.3.3	Vegetationsschäden durch atmosphärische Spurengase. . . . .	224	8.2.4	Lebensstrategien-Spektren. . . . .	268
6.6	Synökologie. . . . .	225	8.2.5	Bedeutung von Lebensstrategien-Analysen. . . . .	273
<b>7</b>	<b>Grundlagen der Ökologie von Populationen und Pflanzengesellschaften. . . . .</b>	<b>230</b>	8.3	Hydroökologische pflanzliche Existenztypen: Meso-, Xero-, Hydro- und Helophyten. . . . .	274
7.1	Populationsökologische Grundlagen. . . . .	230	8.4	Pflanzen mit spezifischen CO <sub>2</sub> -Konzentrationsmechanismen (CAM, C4). . . . .	277
7.1.1	Bestäubungsökologie. . . . .	230	8.5	Edaphische Standortspezialisten: Halophyten und Chalkophyten. . . . .	280
7.1.2	Reproduktionsökologie. . . . .	232	8.5.1	Halophyten. . . . .	280
7.1.2.1	Generative Reproduktion. . . . .	232	8.5.2	Chalkophyten = Metallophyten. . . . .	283
7.1.2.2	Vegetative Reproduktion. . . . .	232	8.6	Carnivore Pflanzen. . . . .	285
7.1.3	Ausbreitungsökologie. . . . .	234	8.7	Saprophyten, Parasiten, Symbiosen. . . . .	287
7.1.3.1	Allgemeines. . . . .	234	8.7.1	Saprophyten. . . . .	287
			8.7.2	Parasiten. . . . .	288
			8.7.3	Symbiotische Wechselbeziehungen zwischen Pflanzen. . . . .	289
			8.8	Lianen und Epiphyten. . . . .	290

<b>9</b>	<b>Vegetationsgebiete der Erde . . .</b>	<b>292</b>		
9.1	Vegetationszonen (zonale Vegetation). . . . .	292	9.3.2.5	Zwergstrauchheiden und bodensaure Magerrasen . . . . . 351
9.1.1	Immergrüne tropische Regenwälder und tropische Bergregenwälder; Mangroven. . . . .	296	9.3.2.6	Offene Binnendünen. . . . . 352
9.1.2	Tropische halbimmergrüne Regenwälder, regengrüne Monsunwälder und Savannen. . . . .	306	9.3.2.7	Offene natürliche Blockhalden . 353
9.1.3	Subtropische Wüstenvegetation .	309	9.3.2.8	Frisch- und Feuchtgrünland . . . 354
9.1.4	Hartlaubvegetation. . . . .	313	9.3.2.9	Gewässer und Moore. . . . . 357
9.1.5	Temperate Regenwälder. . . . .	320	9.3.2.10	Kulturlandschaften bzw. Kulturbiotope. . . . . 361
9.1.6	Sommergrüne Laubwälder . . . .	322	9.4	Höhenstufen und Lebensbereiche in den Alpen. . . . . 363
9.1.7	Steppen und Wüsten der aridgemäßigten Zonen mit kalten Wintern. . . . .	326	9.5	Hochgebirgsstufen ausgewählter tropischer Gebirge. . . . . 369
9.1.8	Boreale Nadelwälder und Gebirgsnadelwälder. . . . .	330	9.5.1	Nördliche und mittlere Anden . . 369
9.1.9	Tundra . . . . .	334	9.5.2	Ostafrikanische Hochgebirge . . 370
9.1.10	Kältewüsten. . . . .	336	<b>10</b>	<b>Vegetation und Mensch/ Mensch und Umwelt . . . . . 372</b>
9.1.11	Hydro-Biosphäre, Benthon, Plankton. . . . .	337	10.1	Der Einfluß des Menschen auf die Umwelt und Bestrebungen zum Erhalt von Organismenvielfalt und ökologischem Gleichgewicht . . . . . 372
9.2	Azonale und extrazonale Vegetation. . . . .	337	10.2	Notwendigkeiten, Randbedingungen und Maßnahmen für den Schutz von Flora und Vegetation und ihrer Ökosystemaren Grundlagen. . . . . 375
9.3	Die aktuelle Vegetation Mitteleuropas. . . . .	338	10.2.1	Artenschutz. . . . . 375
9.3.1	Allgemeines. . . . .	338	10.2.2	Flächenschutz, Biotopmanagement und Biotopvernetzung . . . 381
9.3.2	Vegetation und Lebensräume (Biotoptypen). . . . .	338	10.2.3	Flächendeckender und weltweiter Natur- und Umweltschutz . . . . 390
9.3.2.1	Küstendünen, Salzwiesen, Wattenmeer und Boddenküste .	340	<b>Literatur.</b> . . . .	<b>392</b>
9.3.2.2	Mesophile Wälder; Waldverwüstung, Waldbauzeit . . . .	343	<b>Register.</b> . . . .	<b>419</b>
9.3.2.3	Bruchwälder, Auenwälder . . . .	346		
9.3.2.4	Kalk-Magerrasen, xerotherme Felshabitate, Kiefern-Trockenwälder. . . . .	348		