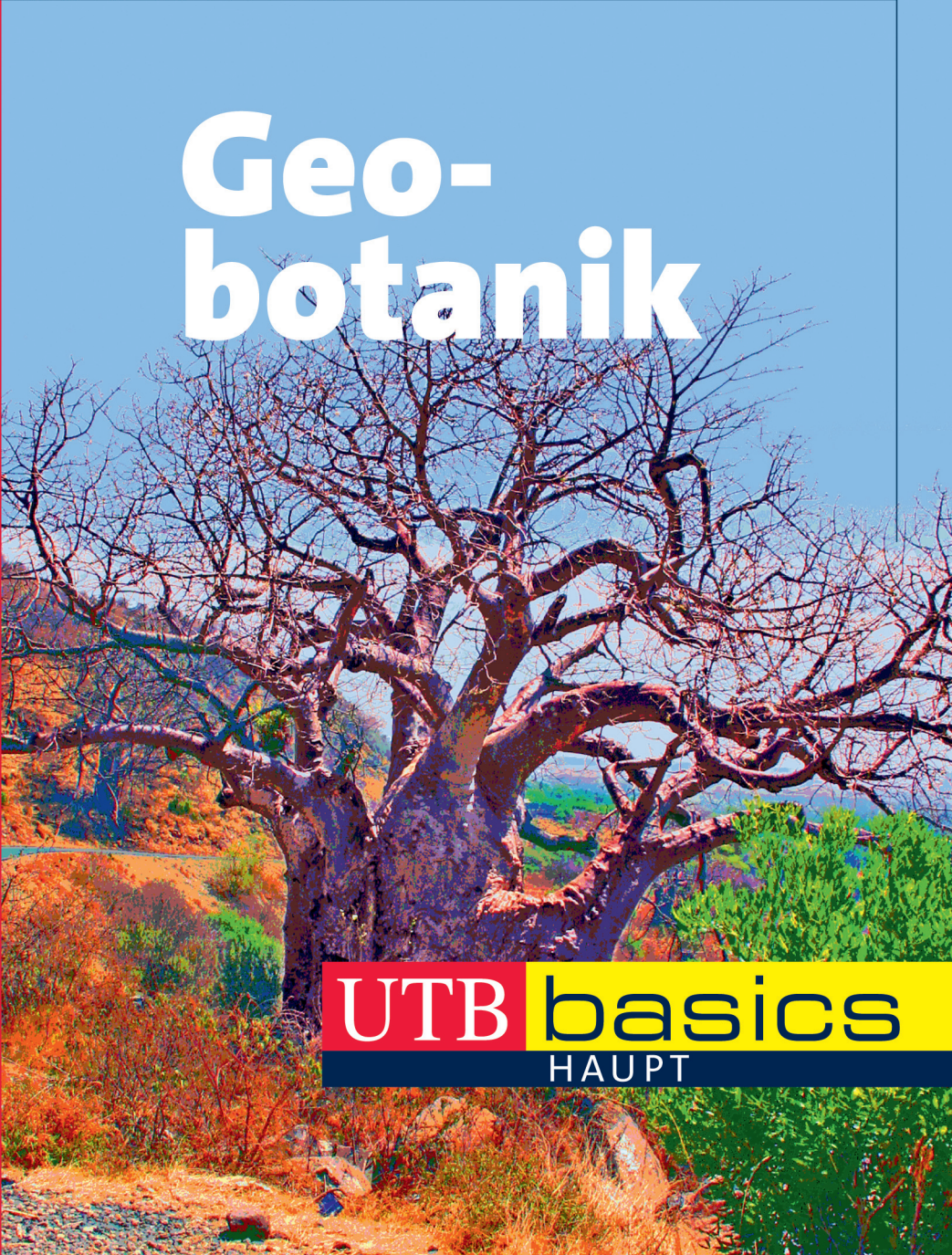


RÜDIGER WITTIG

Geo- botanik

UTB basics
HAUPT



The logo for UTB, consisting of the letters 'UTB' in a white, serif font, centered within a dark gray rectangular background.

Eine Arbeitsgemeinschaft der Verlage

Böhlau Verlag · Wien · Köln · Weimar

Verlag Barbara Budrich · Opladen · Toronto

facultas.wuv · Wien

Wilhelm Fink · München

A. Francke Verlag · Tübingen und Basel

Haupt Verlag · Bern · Stuttgart · Wien

Julius Klinkhardt Verlagsbuchhandlung · Bad Heilbrunn

Mohr Siebeck · Tübingen

Nomos Verlagsgesellschaft · Baden-Baden

Ernst Reinhardt Verlag · München · Basel

Ferdinand Schöningh · Paderborn · München · Wien · Zürich

Eugen Ulmer Verlag · Stuttgart

UVK Verlagsgesellschaft · Konstanz, mit UVK / Lucius · München

Vandenhoeck & Ruprecht · Göttingen · Bristol

vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich

RÜDIGER WITTIG

Geobotanik

UTB basics

Haupt Verlag
Bern · Stuttgart · Wien

Inhaltsverzeichnis

Vorwort.....	7
1 Was ist Geobotanik?.....	9
1.1 Forschungsfragen und Teilgebiete der Geobotanik	10
1.2 Stellung im Rahmen der Naturwissenschaften	12
1.3 Geschichte	13
1.4 Methoden	14
1.5 Geobotanik an Hochschulen, in wissenschaftlichen Vereinigungen und Lehrbüchern	19
1.6 Was tun Geobotaniker?	20
1.7 Berufsfelder für Geobotaniker	21
1.8 Was müssen Geobotaniker können?	22
2 Die pflanzengeografische Gliederung der Erde	26
2.1 Einige zentrale Begriffe	26
2.2 Holarktis	28
2.3 Paläotropis	30
2.4 Neotropis	31
2.5 Capensis	32
2.6 Australis	33
2.7 Holantarktis	34
3 Areale	36
3.1 Der Arealbegriff	36
3.2 Verbreitungskarten	37
3.3 Angaben zur Häufigkeit der Arten	39
3.4 Floristische Kartierungsprojekte	41
3.5 Nachvollziehbarkeit floristischer Kartierungen	43
3.6 Arealtypenformeln	44
3.7 Gestalt der Areale	44
3.8 Ursachen für Form und Begrenzung der Areale	45
3.9 Dynamik der Arealgrenzen	51
3.10 Endemiten	51
3.11 Kosmopoliten	53
4 Die pflanzengeografische Gliederung Europas	56
4.1 Die arktische Region und alpine Höhenstufe	59

4.2	Die boreale Region und montane Nadelwälder	62
4.3	Die atlantische Florenregion	63
4.4	Die mitteleuropäische Florenregion	64
4.5	Die submediterrane und mediterrane Florenregion	65
4.6	Die pontische Florenregion	70
4.7	Die turanische Florenregion	72
4.8	Makaronesien	72
5	Blick in die Vergangenheit: Historische Geobotanik	76
5.1	Kontinentaldrift und Entstehung der heutigen Kontinente	76
5.2	Eiszeiten und nacheiszeitliche Entwicklung der Vegetation	78
5.3	Anthropogene Veränderungen von Landschaft und Vegetation in prähistorischer und historischer Zeit	84
5.4	Anthropogene Veränderungen der Flora	92
6	Ökologische Geobotanik	103
6.1	Die Ebene der Arten	103
6.2	Biozönosen	110
6.3	Ökosysteme	117
6.4	Klima als Standortsfaktor	124
6.5	Boden	134
7	Pflanzensoziologie/Vegetationskunde	144
7.1	Pflanzengesellschaft	145
7.2	Vegetationsaufnahme	146
7.3	Das pflanzensoziologische System	158
7.4	Sigmasoziologie	161
7.5	Vegetationskartierung	162
7.6	Ursprüngliche, reale und potenzielle natürliche Vegetation	163
7.7	Die Gliederung der Vegetation im Hinblick auf ihre geografische Bindung	168
7.8	Natürlichkeitsgrad der Vegetation	169
7.9	Räumliche und zeitliche Vergesellschaftung von Vegetationseinheiten	170
7.10	Angewandte Pflanzensoziologie	171
8	Die mitteleuropäische Vegetation – ein (Kurz)Porträt	172
8.1	Wälder	172
8.2	Gebüsch, Hecken, Säume und Waldlichtungsfluren	184
8.3	Vegetation oberhalb der Baumgrenze (alpine und subalpine Vegetation)	185

8.4	Vegetation der Moore	186
8.5	Gewässervegetation	189
8.6	Vegetation der Meeresküsten und von Binnensalzstandorten	191
8.7	Vegetation (meist) kleinflächiger Sonderstandorte	196
8.8	Durch Beweidung oder Mahd entstandene Vegetationstypen	198
8.9	Äcker	207
8.10	Spontane Siedlungsvegetation (Ruderalvegetation)	207
9	Makroklima und Biome	216
9.1	Klima und Vegetationszonen	216
9.2	Gliederung der Biome	217
9.3	Nord-Süd-Abfolge und Höhenstufen der Biome	219
9.4	Kurzcharakteristik der Zonobiome	219
10	Bioindikation und Biomonitoring	229
10.1	Pflanzen und Pflanzengesellschaften als Bioindikatoren ..	229
10.2	Biomonitoring mit Pflanzen und Pflanzengesellschaften ..	235
11	Erhaltung der Biodiversität	241
11.1	Grundlagen	241
11.2	Die Ebene der Arten	243
11.3	Die Ebene der Lebensräume	246
11.4	Die wichtigsten Gefährdungsursachen	254
11.5	Die Frage der Effizienz	258
11.6	Die Problematik von „musealem“ Naturschutz	261
11.7	Nachhaltige Nutzung als Schutz	264
11.8	Schutz durch Inwertsetzung der Natur	268
12	Vegetation und Klimawandel	271
12.1	Bisherige Beobachtungen	271
12.2	Arealmodelle als Werkzeug der Voraussage	275
12.3	Können Pflanzenarten ihr Areal dem Klimawandel anpassen?	278
12.4	Verlierer und Gewinner des Klimawandels	285
	Literatur	289
	Glossar	303
	Register	304
	Register der wissenschaftlichen Namen von Arten und Gattungen	310

Vorwort

Braucht dies Buch ein Vorwort? Die Antwort kann nur „ja“ lauten, denn alle UTB Bücher, die ich angeschaut habe, besitzen eines. Also muss auch dies Buch ein Vorwort haben. In der Regel steht in Vorworten zu lesen, warum der betreffende Autor das Buch geschrieben hat, zum Beispiel weil

- ▶ er vom Verlag gefragt wurde,
- ▶ das Thema ganz aktuell ist,
- ▶ es noch kein gleichartiges Buch gibt oder das Buch eine sonstige Lücke füllt,
- ▶ der Autor einen Beitrag dazu leisten möchte, dass dies wichtige Thema noch stärker und besser in der Lehre berücksichtigt werden kann.

Obwohl alles oben Genannte für das Buch zutrifft, waren das jedoch nicht meine primären Motivationen. Geschrieben habe ich das Buch deshalb, weil ich gerne schreibe, dazu noch glaube, dass ich dies auch gut kann (meine Frau, die meine größte, zugleich aber sehr konstruktive Kritikerin ist, hat mir dies jedenfalls zugesichert) und weil mir die Geobotanik seit meinem Studium große Freude bereitet hat. Ich hoffe, die Leser bzw. Nutzer des Buches gewinnen den Eindruck, dass auch diese drei Gründe zutreffen.

Dank

Allen Personen, die mich bei der Erstellung dieses Buches unterstützt haben, danke ich sehr herzlich:

- ▶ meinen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern Cornelia Anken für das sorgfältige, von zahlreichen konstruktiven Anregungen begleitete Tippen des Manuskripts, Dr. Marcus Werum für die Erstellung eines Großteils der Abbildungen, Lutz Stübing für unzählige Bibliotheksgänge und Literaturrecherchen im Internet sowie Simone Weber und Marlene Bauer für die Recherchen zu einigen Tabellen;
- ▶ den auswärtigen Kollegen Prof. Dr. Harald Niklfeld (Wien) für die kritische Durchsicht und umfangreiche Ergänzung der Tabelle 1-1, Dr. Karsten Wesche (Halle) für ebenso wertvolle Unterstützung bei der Erstellung der Box über Numerische Methoden und für die Ergänzung der diesbezüglichen Tabelle, Prof. Dr. Carsten Hobohm (Flensburg) für Gedanken zum Abschnitt über Schutzeffizienz,

Prof. Dr. Ingo Kowarik (Berlin) für den Hinweis auf die Zehnprozentregel sowie Prof. Dr. Martin Schnittler (Greifswald) und Dr. Erik Welk (Halle) für die Beantwortung von Fragen zur Verantwortlichkeit für den Artenschutz;

- ▶ meinem Freund Dr. Arie Kalis sowie seinen Kolleginnen Dr. Astrid Stobbe und Dr. Jutta Meurers-Bahlke für konstruktive Kritik und wertvolle Ergänzungen zum Abschnitt über die Vegetationsentwicklung nach der Eiszeit sowie zum Thema Pollenanalyse, außerdem Dr. Astrid Stobbe zusätzlich für die Bereitstellung der Vorlage zu Abbildung 5-5;
- ▶ den Frankfurter Kollegen Prof. Dr. Thomas Hickler für die kritische Durchsicht des Abschnittes über Modellierungen, Prof. Dr. Oliver Tackenberg für die Durchsicht der Box über Ausbreitungsbiologie sowie die Bereitstellung von Abbildung 12-6, Prof. Dr. Katharina Neumann für die Vermittlung von Abb. 5-5 und Dr. Julia Krohmer für die Vorlage zu Box 11-4;
- ▶ Fotos wurden dankenswerterweise von meinem Mitdotoranden und Freund Dr. Thomas Raus (Macchie und Garrigue), meinen Kollegen Prof. Dr. Georg Zizka (*Vriesea*), Dr. Christian Printzen (*Colobanthus*) sowie von Dr. Alexa Höhn (Holzkohle) und Walter John bereitgestellt;
- ▶ Ganz besonders herzlich danke ich meiner Frau Monika Wittig für die sorgfältige, kritische und konstruktive Durchsicht des Manuskriptes und die Tolerierung längerer Perioden geistiger Abwesenheit, sowie Herrn Martin Lind, Lektor des Haupt Verlages für die angenehme, konstruktive Zusammenarbeit und die aufmerksame, engagierte Lektorierung.

Frankfurt am Main, im Juli 2012

Rüdiger Wittig

Was ist Geobotanik?

| 1

Inhalt

-
- 1.1 **Forschungsfragen und Teilgebiete der Geobotanik**

 - 1.2 **Stellung im Rahmen der Naturwissenschaften**

 - 1.3 **Geschichte**

 - 1.4 **Methoden**

 - 1.5 **Geobotanik an Hochschulen, in wissenschaftlichen Vereinigungen und Lehrbüchern**

 - 1.6 **Was tun Geobotaniker?**

 - 1.7 **Berufsfelder für Geobotaniker**

 - 1.8 **Was müssen Geobotaniker können?**

Auf die Frage, was Geobotanik von Botanik unterscheidet, antworte ich meist scherzhaft: „Geobotaniker sind von Berufs wegen entspannt, sportlich und besitzen eine gesunde Hautfarbe, bei Botanikern sind diese Eigenschaften nicht berufsbedingt.“ Damit ist dann implizit die Frage beantwortet: Geobotanische Forschung findet in erster Linie nicht im Labor, am Mikroskop oder im Herbarium statt (auch wenn dort wichtige Teile davon erfolgen), sondern in der freien Natur. Entsprechend haben mich meine Vettern oft mit dem Spruch aufgezogen: „Wofür wir Urlaub nehmen und eventuell dazu viel Geld ausgeben müssen, wirst du bezahlt.“

Formulieren wir den Sachverhalt ernster, so ist festzuhalten: Die Geobotanik findet ihre Fragestellung am natürlichen Standort der Pflanzen, also im Gelände. Dort wird auch ein Großteil der Forschung durchgeführt. Ergänzend kann oder muss im Botanischen Garten, Gewächshaus oder Labor sowie am Mikroskop geforscht werden. Ein sehr wichtiger Teil der Arbeit ist die statistische Auswertung der Ergebnisse.

1.1 | Forschungsfragen und Teilgebiete der Geobotanik

Merksatz

Die Geobotanik dokumentiert und analysiert die Zusammensetzung, Verbreitung und Dynamik von Flora und Vegetation in Zeit und Raum und sucht nach deren Ursachen.

Flora: Summe der Pflanzenarten

Vegetation: Summe der Pflanzengesellschaften oder -formationen

Gemäß der in diesem Merksatz enthaltenen Definition umfasst die Geobotanik den botanischen und, aufgrund der essenziellen Rolle von Flora und Vegetation in terrestrischen Ökosystemen, weitgehend den ökosystemaren Anteil derjenigen biologischen Forschung, die neuerdings unter dem Begriff

Biodiversitätsforschung zusammengefasst wird (siehe z.B. WOLTERS & HOTES 2010).

Unter **Flora** versteht man die Summe der Pflanzenarten (zum Artbegriff: → Box 1-1) eines Gebietes oder eines Lebensraumes, unter **Vegetation** die Summe der Pflanzengesellschaften oder -formationen, also die gesamte Pflanzendecke (→ Kap. 7 und 8). Beide Begriffe machen nur in Zusammenhang mit der Angabe eines geografischen Bezugsraumes oder eines Lebensraumes Sinn, z. B. Flora (bzw. Vegetation) von Deutschland, von Frankfurt, oder aber der Hochgebirge, der Siedlungen etc.

Box 1.1

Der Artbegriff

Arten wurden zunächst ausschließlich morphologisch definiert (**Morphospezies**). Seit Beginn des vorigen Jahrhunderts setzte sich jedoch mehr und mehr das Konzept der **Biospezies** durch. Danach gehören zu einer Art alle Individuen, deren Gene unter natürlichen Bedingungen durch sexuelle Fortpflanzung neu miteinander kombiniert werden können. Eine Art ist also eine (potenzielle) Fortpflanzungsgemeinschaft. Real haben nicht alle Individuen einer Art miteinander genetischen Kontakt, sondern bei Pflanzen nur diejenigen, die so nah beieinander wachsen, dass eine Bestäubung möglich ist. Eine Art besteht daher in der Regel aus mehreren Populationen (→ Box 6-1), zwischen denen ein genetischer Austausch nur noch selten erfolgt. Sind solche Populationen klein und dazu noch sehr weit von der nächstbenachbarten Population entfernt, so wird sich, insbesondere bei kurzer Generationsfolge und in einer vom Lebensraum der übrigen Populationen unterschiedenen Umgebung, die genetische Struktur dieser Population verändern. Geht die Veränderung so weit, dass eine Kreuzung mit den übrigen Populationen nicht mehr möglich ist, so ist aus der isolierten Population eine neue Art entstanden. In der Regel werden solche neuen Arten, zumindest primär, nicht mittels einer Genanalyse identifiziert, sondern weil sie sich morphologisch von der Ursprungsart unterscheiden. Die meisten Biospezies sind also zugleich Morphospezies.

Während im Tierreich ähnlich aussehende, nah verwandte Arten oft durch unterschiedliches Paarungsverhalten isoliert sind, existieren solche Kreuzungsbarrieren bei Pflanzen nicht. Eng verwandte Pflanzensippen sind daher genetisch (noch) nicht streng voneinander getrennt, sodass Hybridisierungen zwischen „Arten“ im Pflanzenreich viel häufiger erfolgen als im Tierreich. Würde man auf Pflanzen das Biospezies-Konzept streng anwenden, so müssten viele aufgrund deutlicher morphologischer Unterschiede allgemein als Arten anerkannte Sippen zu einer Art zusammengefasst werden, z.B. *Quercus robur* und *Q. petraea* oder *Salix alba* und *S. fragilis*. Hinzu kommt noch, dass bei vielen Pflanzengruppen Nachkommen über Embryonen gebildet werden, ohne dass eine Verschmelzung von Gameten vorausgeht, sodass eine Neukombination von Genen nicht erfolgt und daher Mutationen oder durch sporadisch doch mögliche sexuelle Vermehrung entstandene andersartige Genkombinationen kontinuierlich weitergegeben werden. Gruppen, in denen diese als **Apomixis** bezeichnete Vermehrung vorherrscht, bilden daher meist eine Vielzahl von relativ ähnlichen (aber genetisch isolierten) Sippen, die in fast allen neueren Florenwerken als Arten aufgefasst werden. Beispiele für solche Arten-Aggregate (agg.) finden sich u. a. in den Gattungen *Rubus*, *Alchemilla*, *Hieracium*, *Oenothera* und *Taraxacum*. Während aber bei „*Rubus fruticosus* agg.“ die einzelnen Arten (für Deutschland sind rund 300 beschrieben) in der überwiegenden Zeit des Jahres mit einiger Übung im Gelände identifiziert werden können und dazu unterschiedliche Nischen besiedeln (WEBER 1985), sind viele *Hieracium*-(Klein-)Arten und die Mitglieder von *Alchemilla vulgaris* agg. nur zur Haupt-Blütezeit bestimmbar. Bei *Taraxacum* (Deutschland bisher über 350 Arten) kommt erschwerend hinzu, dass die Ansprache einzelner Exemplare oft gar nicht möglich ist, sondern der gesamte an einem Ort vorhandene Bestand bewertet werden muss, und dass ganze Artenschwärme kaum eine ökologische Differenzierung zeigen. Zweifel daran, ob die Unterscheidung in solchen Fällen Sinn macht, sind sicher erlaubt.

Ohne Apomikten kommen in Deutschland rund 2 700 Arten von Gefäßpflanzen (Farn- und Blütenpflanzen) vor, in der viel kleineren Schweiz (ein Neuntel der Fläche von Deutschland) immerhin ca. 2 600 Arten und in Österreich (knapp ein Viertel der

Artenzahlen¹ und Fläche einiger europäischer Länder

Tab. 1-1

Land	Fläche (km ²)	Arten
Deutschland	357 000	2 674
Schweiz	41 000	2 572
Österreich	83 879	2 763
Kroatien	56 500	4 500
Niederlande	41 528	1 581

Quellen: Deutschland: WISSKIRCHEN & HAEUPLER (1998), Schweiz: LAUBER & WAGNER (2012), Österreich: FISCHER et al. (2005), Kroatien: RAUŠ & DUNDOVIC (1992), Niederlande: ODÉ et al. (2010).

¹ ohne „Kleinarten“ apomiktischer Gruppen (*Alchemilla*, *Hieracium*, *Oenothera*, *Ranunculus auricomus*, *Rosa*, *Rubus*, *Taraxacum*)

Fläche von Deutschland) sogar mehr als in Deutschland (→ Tab. 1-1). In den Niederlanden (gleiche Fläche wie Österreich) sind es dagegen nur rund 1600 Arten. Sowohl der Vergleich Deutschland/Österreich als auch der Vergleich Österreich/Niederlande belegt die Bedeutung der Hochgebirge sowie insgesamt des Reliefs für die Artenvielfalt. Erheblich größer als in Mittel- und West-Europa ist die Artenzahl in den Mittelmeerländern, so sind z.B. in Kroatien (ein Sechstel der Fläche von Deutschland) ca. 4 500 Gefäßpflanzenarten bekannt.



Wie jede Naturwissenschaft hat auch die Geobotanik zunächst einen allein auf Erkenntnisse ausgerichteten Bereich, die **Reine Geobotanik**. Dem steht eine auf Nutzanwendung ausgerichtete Forschung gegenüber, die **Angewandte Geobotanik**. Mit der unterschiedlichen Nutzung der Pflanzen durch verschiedene Volksgruppen (Ethnien) beschäftigt sich die **Ethnobotanik**, die damit zwischen der Reinen und der Angewandten Geobotanik vermittelt. Nach unterschiedlichen Methoden und Fragestellungen wird die Geobotanik von der Mehrzahl der Wissenschaftler in vier Bereiche unterteilt:

Unterteilung der
Geobotanik in ihre
Teildisziplinen

- ▶ Die **Floristische Geobotanik (Arealkunde, Chorologie, Pflanzengeografie** im engeren Sinne) fragt nach der aktuellen Verbreitung der Arten.
- ▶ Die **Historische Geobotanik (Archäobotanik, Paläobotanik)** versucht, die frühere Verbreitung der Arten zu rekonstruieren und so zum Verständnis der aktuellen Verbreitung beizutragen.
- ▶ Die **Zönologische** oder **Soziologische Geobotanik (Pflanzen- oder Phytosoziologie** bzw. **Phytocoenologie** + Teile der **Vegetationsökologie** oder **Vegetationskunde**), untersucht die Vergesellschaftung der Arten.
- ▶ Die **Ökologische Geobotanik (Pflanzenökologie** + Teile der **Vegetationsökologie** und der **Landschaftsökologie**) analysiert die standörtlichen und konkurrenzbedingten Ursachen der aktuellen Verbreitung der Arten, Gesellschaften und Ökosysteme.

1.2 | Stellung im Rahmen der Naturwissenschaften

Nimmt man die mitteleuropäische Universitätslandschaft als Maßstab, so ist die Geobotanik ein Teilgebiet der Botanik, denn in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle ist sie an botanischen Instituten oder an Instituten mit botanischer Tradition angesiedelt. Heinrich Walter, der den Begriff „Geobotanik“ geprägt hat, sah dies allerdings anders. Für ihn waren Geobotanik und Botanik gleichberechtigte Teile der **Phytologie**, der Lehre von den Pflanzen (analog zur Zoologie als Lehre von den Tieren). Botanik untersucht demnach die Pflanze an sich, losgelöst vom

Gelände (Morphologie, Anatomie, Systematik, Genetik, Physiologie, Cytologie), Geobotanik dagegen die Pflanze am Standort in ihrer Beziehung zur Umwelt.

Wie die Vorsilbe „Geo-“ ausdrückt, vermittelt die Geobotanik aufgrund ihrer Geländebezogenheit zwischen Botanik und Geografie. Bringt man noch die **Pflanzengeografie** ins Spiel, so ergibt sich folgende Reihe: **Botanik – Geobotanik – Pflanzengeografie – Geografie**

Lehrbücher der Geobotanik und der Pflanzengeografie weisen daher oft große Überschneidungen auf. Pflanzengeografie wird manchmal auch enger gesehen, nämlich als der Teil der Geobotanik, der sich mit der geografischen Verbreitung der Pflanzen beschäftigt (s.o.). Nach POTT (2005) entsprechen die englischen Begriffe *phytogeography* und *plant geography* der floristischen Geobotanik.

Da die Landschaft in weiten Teilen der Erde, insbesondere in den von Menschen bewohnten Bereichen, durch die Vegetation geprägt ist, überschneidet sich auch die **Landschaftsökologie** (siehe z.B. BASTIAN & SCHREIBER 1999, LESER 1997) mit der Geobotanik. Zwischen botanischer **Freilandökologie** und Geobotanik besteht sogar so starke Kongruenz, dass man diese beiden Begriffe als synonym ansehen kann.

Geobotanik und verwandte wissenschaftliche Disziplinen

Geschichte

| 1.3

Wie bei allen Naturwissenschaften liegen auch die Ursprünge der Geobotanik im Bestreben des Menschen begründet, seine Umwelt zu nutzen. Für den steinzeitlichen Sammler war es lebensnotwendig, die Wuchsorte von Nahrungs-, Heil- und anderen Nutzpflanzen zu kennen. Bis zum Beginn der Neuzeit war ein profundes Wissen über die Zusammenhänge zwischen Standortverhältnissen und Pflanzenwachstum auch für einen erfolgreichen Ackerbau erforderlich.

Mit zunehmender Urbanisierung setzte spätestens im ausgehenden Mittelalter in Europa der allmähliche Verlust des ehemaligen Allgemeinwissens über ökologische Zusammenhänge und die Nutzbarkeit von Wildpflanzen ein. Heilkundige begannen daher, das Wissen in Büchern zusammenzustellen. Diese „**Kräuterbücher**“ bilden eine Wurzel der Geobotanik.

Eine zweite Wurzel sind die zu Beginn der Neuzeit einsetzenden **Reiseberichte** von Entdeckern, Missionaren, Kolonialbeamten und interessierten Privatpersonen. Diese Reiseperiode gipfelte im Übergangszeitraum des 18. und 19. Jahrhunderts, als Botaniker und Geografen ihre Reisebeobachtungen in wissenschaftlichen Berichten darlegten. Zwar existierte der Name „Geobotanik“ damals noch nicht, ihre Bedeutung

und Aufgaben aber waren mit diesen Arbeiten, deren bekannteste wohl die von Alexander von Humboldt sind, bereits klar aufgezeigt.

Wer Pflanzen beschreibt, gibt im Rahmen dieser Beschreibung in der Regel auch Hinweise zur geografischen Verbreitung und zum Standort. Da die ersten wissenschaftlichen Botaniker vorwiegend taxonomisch tätig waren, enthalten ihre Arbeiten geobotanische Angaben, sodass auch die wissenschaftliche **Systematik** zur Entstehung der Geobotanik beigetragen hat.

Als erstes geobotanisches Lehrbuch können die *Grundzüge einer allgemeinen Pflanzengeographie* (SCHOUW 1822) angesehen werden. Weitere Meilensteine sind die *Géographie botanique raisonnée* (DE CANDOLLE 1855) und die *Vegetation der Erde* (GRISEBACH 1884).

Geobotanik wurde zunächst vorwiegend beschreibend betrieben. Experimentelle Untersuchungen (Variation von Umweltfaktoren und Beobachtung der Reaktion der Pflanzen) wurden erst seit etwa 1950 durchgeführt (z.B. ELLENBERG 1953, KNAPP 1967). Die Ergebnisse fanden schnell Eingang in den Bereich der Anwendung (Land- und Forstwirtschaft).

Seit Mitte des 20. Jahrhunderts sind erste Ansätze zur **Ökosystemforschung** erkennbar. Bald zeigte sich, dass komplexe Gebilde wie Ökosysteme nur unter einer bewussten Vereinfachung der natürlichen Bedingungen wissenschaftlich zugänglich sind. Der Weg zur mathematischen **Modellbildung** und zur Simulation von Ökosystemen bzw. deren Vegetation im Computer war im Verlaufe des 20. Jahrhunderts eine logische Folge dieser Erkenntnis.

Geobotaniker beobachten, beschreiben, ordnen, analysieren, experimentieren und modellieren.

1.4 | Methoden

Grundlage jeden geobotanischen Arbeitens sind das Beobachten, Messen und Beschreiben des Zustandes und der Dynamik von Flora und Vegetation. Der Geobotanik ist es gelungen, logische Systeme zu entwickeln, mit denen die Vielfalt von Flora und Vegetation der Erde (→ 2.1 und 7.2) übersichtlich gegliedert werden kann.

Ergebnisse müssen nicht nur geordnet, sondern auch analysiert werden. Flora und Vegetation einer Region oder eines Biotops lassen sich unter verschiedenen Gesichtspunkten analysieren. Durch vergleichende Analysen gewinnt man Erkenntnisse über besondere ökologische und geografische Eigenheiten, Eignungen und Präferenzen von Arten, aber auch von höheren Taxa (Gattungen und Familien). Als besonders erfolgreich haben sich **Gradientenanalysen** erwiesen, d.h. die Untersuchung der Verbreitung von Arten oder Gesellschaften entlang eines sich

wandelnden Umweltfaktors oder Faktorkomplexes, z.B. von trocken bis nass oder vom Stadtzentrum bis in die ländliche Umgebung. Übersichtlich darstellbar sind die Analysenergebnisse in Form von Spektren, z.B. Familien-, Arealtypen-, Zeigerwertspektren (→ *Abb. 10-1*) sowie in Dendrogrammen (z.B. → *Abb. 7-2*) und Achsensystemen.

Die direkt sicht- oder messbaren biologischen Eigenschaften der Arten, also die morphologisch-anatomischen (z.B. Blattbau, Lebensform), verbreitungsbiologischen (Ausbreitungsmodus, Bestäubungsmodus) und physiologischen (Fotosynthesemechanismus), werden oft unter dem englischen Begriff **traits** zusammengefasst. Abgeleitete Eigenschaften wie Zeigerwert, Arealtyp, Einbürgerungsgrad, sind keine *traits*. Um *trait*-Analysen durchführen zu können, ist eine detaillierte Kenntnis der Merkmale möglichst aller Arten und die Sammlung dieser Merkmale in leicht zugänglichen Datenbanken erforderlich. Für Mitteleuropa wurden

Beispiele für Internet-Datenbanken zu Merkmalen und Ökologie von Gefäßpflanzen

Tab. 1-2

Internetadresse	Name	Region	Artenzahl	Autoren	Inhalt
www.ufz.de/index.php?de=14718	BIOLFLORE	Deutschland	3 659	KLOTZ et al. (2003)	> 60 Merkmale, u. a. Status, Chromosomenzahlen, Ploidie, Morphol., Blüten- und Reproduktionsbiologie, Diasporenmerkmale, Strategie, Blütezeit, Areal, Zeigerwerte, Biotop- und Gesellschaftsbindung
www.floraweb.de/proxy/biopop/de/index.php	BIOPOP	Deutschland	> 4 700	POSCHLOD et al. (2003)	~55 vegetative und generative Merkmale. Datenbank dient als Entscheidungshilfe für Landschaftsplanung & Naturschutz: – zur Abschätzung der Gefährdung einer Pflanzenpopulation aufgrund biologischer Risikofaktoren – zur Planung von Pflege- und Renaturierungsmaßnahmen
clopla.butbn.cas.cz/	CloPla	Mitteleuropa	2 749	KLIMEŠOVÁ & DE BELLO (2009)	~25 Merkmale Porträts mit Bezug zum klonalen Wachstum
seed-dispersal.info	D3	Mitteleuropa	ca. 6 000 ¹	TACKENBERG et al. (2011)	Ausbreitungseigenschaften und Diasporenmerkmale
www.leda-traitbase.org/LEDAportal/	LEDA	Nordwest-Europa	> 3 000	KLEYER et al. (2008)	> 60 Merkmale, u. a. Lebensform und -dauer, Wuchshöhe, Blüh-Alter, Blattmerkmale, Knospenanordnung, klonales Wachstum, Samenmerkmale, Samenbank, Ausbreitungsbiologie
plants.usda.gov	USDA	USA	~43 000 ²	USDA, NRCS (2012)	Flora der einzelnen Staaten, Gefährdung, Schädlichkeit, Invasivität, Bindung an Feuchtgebiete, Fotos

¹ wird ständig erweitert

² ca. 38 000 einheimische & ca. 5 000 kultivierte Arten

Experimente gehören zur geobotanischen Forschung.

Auswertung der Experimente mittels statistischer Methoden

solche Daten von ELLENBERG et al. (2001) zusammengestellt. Die derzeit umfangreichste Sammlung ist jene von KLOTZ et al. (2003). Auch im Internet sind einige diesbezügliche Dateien verfügbar (→ Tab. 1-2).

Beobachtungen und Analysen führen zu **Hypothesen**, die in Experimenten überprüft werden sollten.

Diese Experimente werden teils unter kontrollierten Bedingungen in Klimakammern, teils unter Freilandbedingungen in Gärten oder am „natürlichen“ Standort durchgeführt. Sie umfassen Keimungs-, Kultur- und Konkurrenzversuche, Umpflanzungen, Behandlung mit Düngern oder Schadstoffen, Simulation unterschiedlicher Nutzung (Beweidung, Mahd) oder anderer Störungen (Tritt, Überflutung) und werden, je nach Fragestellung, mit einzelnen Individuen, Populationen sowie, wegen des hohen Aufwandes seltener, mit Ökosystemen durchgeführt.

Für das Erkennen von Zusammenhängen sowie die Überprüfung und Absicherung von Ergebnissen ist die **Multivariate Statistik** von großer Bedeutung (siehe LEYER & WESCHE 2007).

Da die Beschreibung statistischer Methoden den Rahmen dieses Buches bei Weitem sprengen würde, werden einige wichtige Methoden, Begriffe und Maße in → Tab. 1-3 genannt. In der Vegetationskunde werden in jüngster Zeit für die Klassifikation bevorzugt treue-basierte Verfahren angewendet, unter denen COCKTAIL (siehe BRUELHEIDE 2000) besonders häufig genutzt wird. Es hat sich im Vergleich zum älteren TWINSPAN als robuster erwiesen (BRUELHEIDE & CHYTRÝ 2000). Beide, aber auch viele andere Verfahren, sind in dem von TICHÝ (2002) entwickelten Computerprogramm JUICE verfügbar. Weitere für die Geobotanik

Abb. 1-1

Beispiel für geobotanisches Arbeiten: Eine detaillierte Vegetationsaufnahme mit dem Schätzrahmen.



nik wichtige Programme sind CANOCO (TERBRAAK & SMILAUER 2002), PC-ORD (McCUNE & MEFFORD 1999) und verschiedene Pakete für die Statistik-Plattform R, insbesondere VEGAN (OKSANEN et al. 2006).

In Zusammenhang mit der sich immer schneller wandelnden Umwelt rückt die Frage nach der Zukunft der Arten, Biozönosen und Ökosysteme mehr und mehr in den Vordergrund der geobotanischen Forschung. Mithilfe von **Modellen** (→ Box 1-2; → 12.2) wird versucht, komplexe Systeme wie ökologische Prozesse und Ökosystemfunktionen vereinfacht darzustellen.

Einige für die Geobotanik wichtige statistische Begriffe und Maße bzw. Ergebnisse der Multivariaten Statistik

Tab. 1-3

Begriff / Methode	Frage	Maß(e) bzw. Ergebnis
Korrelation	Stärke des Zusammenhanges zwischen zwei Variablen	Pearsons Maßkorrelationskoeffizient r Bestimmtheitsmaß r^2 Spearman's Rangkorrelationskoeffizient ρ
Regression ¹	Beziehung einer abhängigen zu einer oder mehreren erklärenden Variablen	Regressionskoeffizient Kurvengleichung
Qualitative Ähnlichkeit	Menge der gemeinsamen und der differenzierenden Elemente in Relation zum ermittelten Gesamtbestand	Jaccard-Koeffizient ³ Sørensen Koeffizient ³
Quantitative Ähnlichkeit	Ähnlichkeit unter Berücksichtigung der Quantität	Euklidische Distanz Chi-Quadrat-Distanz ⁴ Bray-Curtis-Koeffizient
Ordination ⁵ Korrespondenzanalyse ⁶ Hauptkomponentenanalyse ⁷ Redundanzanalyse Multidimensionale Skalierung ⁸	Lage der Daten in einem Koordinatensystem	Ordinationsdiagramm
Klassifikation Clusteranalyse TWINSPAN COCKTAIL ⁹	Gruppenbildung	Dendrogramm Geordnete Tabelle

¹ Je nach dem Verlauf der Abhängigkeit und der Fragestellung sind verschiedene Verfahren anzuwenden (lineare, Gaußsche oder logistische Regression).

³ Der Sørensen-Koeffizient gewichtet die gemeinsamen Elemente stärker als die unterscheidenden, der Jaccard-Koeffizient gewichtet sie gleich.

⁴ Ist nur bei Korrespondenzanalysen von Bedeutung.

⁵ Ordination bedeutet Ordnung bzw. Anordnung, hier in der Regel in einem (oft multidimensionalen) Koordinatensystem, was mit diversen Verfahren, von denen einige aufgeführt sind, erreicht werden kann.

⁶ Zu empfehlen ist die Benutzung weiterentwickelter Formen der CA (Correspondence Analysis), der Detrended C.A. (DCA) oder der kanonischen (CCA).

⁷ Principal Component Analysis (PCA)

⁸ Zu unterscheiden ist zwischen metrischer und nicht metrischer Skalierung.

⁹ In den letzten Jahren sind verschiedene neue Verfahren entwickelt worden; bisher hat sich kein Standard durchgesetzt.

Box 1.2

Modelle

Wenn man heute im oben genannten Kontext von „Modellierung“ spricht, ist in der Regel das Abbilden von Teilstücken der Realität gemeint, was zu einem besseren **Prozessverständnis** beiträgt und schließlich auch **Prognosen** erlaubt (→ Abb. 12-1 und 12-2). Modellierung erfolgt mittels komplizierter mathematisch-statistischer Modelle, wofür spezielle Computerprogramme benötigt werden. Die Anwendung von Modellen in der Geobotanik ist vielfältig, so kann z.B. modelliert werden, wie die Baumbedeckung einer Region von Niederschlag, Temperatur, Strahlung, Bodentyp, CO₂-Konzentration in der Atmosphäre oder von den Stickstoff-Einträgen abhängt. Anhand empirischer Daten über einen bekannten Zustand in einer Region (im Beispielfall also Baumbedeckung, Niederschlag, Temperatur etc.) kann unter Verwendung mathematischer Formeln ein Zusammenhang zwischen diesen Werten gefunden werden (**Kalibrierung** der Modelle). Die Brauchbarkeit (Güte) des Modells lässt sich in anderen Regionen überprüfen (**Validierung**). Anschließend können die Modelle (sprich: die gefundenen Zusammenhänge) für Prognosen in weiteren geografischen Regionen oder in anderen zeitlichen Horizonten (Zukunftsprognosen) genutzt werden. Da man im Falle der Prognose nicht weiß, ob und wie sich die Umweltverhältnisse ändern, müssen diesbezügliche Annahmen gemacht werden. Die jeweils angenommene zukünftige Situation bzw. Entwicklung nennt man **Szenario** (siehe auch Box 12-1).

Bei der Modellierung sind statistische und prozessbasierte Ansätze zu unterscheiden, wobei die Grenze oft fließend ist. Ein statistischer Ansatz wird verfolgt, wenn man z.B. den Zusammenhang zwischen jährlichem Niederschlag und mittlerer Temperatur auf der einen Seite und Netto-Primärproduktion (NPP) auf der anderen statistisch beschreibt, z.B. mit einer multiplen Regression. In einem prozessbasierten Modell wird der Zusammenhang zwischen Niederschlag, Temperatur und NPP nicht direkt beschrieben, sondern er ist das Endergebnis einer Vielzahl von Prozessen, die zusammen die NPP determinieren (z.B. Photosynthese, autotrophe Respiration, Allokation, Wachstum und Sukzession). Die Teilprozesse werden unabhängig vom Zielprozess (hier der NPP) parametrisiert, z.B. anhand von Labor- oder Feldexperimenten bzw. Beobachtungen. Die prozessbasierte Modellierung beruht also in der Geobotanik vor allem auf der Kenntnis physiologischer Abläufe. Der Vorteil dabei ist, dass Zusammenhänge zwischen Umweltfaktoren und grundlegenden physiologischen Prozessen oft robuster sind als Zusammenhänge zwischen ökosystemaren Eigenschaften (z.B. der NPP) und Umweltfaktoren. Allerdings ist es oft kaum möglich, die Fülle der Teilprozesse in komplexen prozessorientierten Modellen verlässlich zu parametrisieren.

Geobotanik an Hochschulen, in wissenschaftlichen Vereinigungen und Lehrbüchern

| 1.5

Eine Wissenschaft kann nur fortbestehen und sich ausbreiten, wenn sie an **Universitäten** gelehrt wird, Kommunikation auf regionaler, nationaler und internationaler Ebene praktiziert wird und ihre Ergebnisse in Zeitschriften und Buchreihen publiziert werden. Für die Lehre sind Lehrbücher eine unverzichtbare Grundlage.

Im deutschsprachigen Bereich ist Geobotanik Pflicht- oder Wahlbestandteil der meisten Studiengänge der allgemeinen Biologie, an einigen Universitäten auch der Geografie. Dementsprechend ist die Geobotanik in biologischen Fachbereichen in der Regel zumindest durch eine Professur vertreten, auch wenn diese nicht immer „Geobotanik“ heißt, sondern „Vegetationsökologie“, „Pflanzenökologie“ (worunter sich aber auch Ökophysiologie oder molekulare Ökologie verbergen können), „Makroökologie“ oder „*Community Ecology*“ heißen kann (wobei die zwei letztgenannten Bezeichnungen auch vorwiegend zoologische Themen umfassen können).

Neben den Hochschulen spielen **wissenschaftliche Vereinigungen** eine wichtige Rolle. Im deutschen Sprachraum wird die Geobotanik durch die **Floristisch-soziologische Arbeitsgemeinschaft** und die **Reinhold-Tüxen-Gesellschaft** repräsentiert. Darüber hinaus gibt es viele lokale oder regionale Naturwissenschaftliche, Biologische oder Botanische Gesellschaften (Vereine, Vereinigungen) mit geobotanischer Arbeitsgruppe. Weltweit ist die Geobotanik durch die **Internationale Vereinigung für Vegetationskunde** (IVV = International Association for Vegetation Science (IAVS)) vernetzt.

In Europa ist das Fach Geobotanik außerhalb des deutschen Sprachbereiches in slawischen und romanischen Ländern gut vertreten. Eine starke geobotanische Tradition existiert auch in den Niederlanden sowie in den skandinavischen Ländern, nur wird dort statt „Geobotanik“ meist die Bezeichnung „Vegetationsökologie“ benutzt (niederl. *vegetatiekunde*, schwedisch *Växt Ekologie*). Anders ist es in Großbritannien: Im Englischen gibt es zwar den Begriff „Geobotany“, aber man findet ihn nur selten in der Literatur und erst recht nicht als Bezeichnung eines universitären Faches.

Sicherlich aufgrund der sprachlichen Beziehungen gilt für den amerikanischen Kontinent Ähnliches wie für Europa: In Ibero-America spielt Geobotánica eine vergleichsweise bedeutende Rolle, während Geobotany in Anglo-Amerika und Australien kaum repräsentiert ist. In Japan gibt es dagegen an mehreren Universitäten Lehrstühle für Geobotanik. Afrika hat keine geobotanische Tradition. Daher wird in Frankfurt die

Reihe *Flora et Vegetatio Sudano-Sambesica* herausgegeben, um jungen afrikanischen oder europäischen, in Afrika arbeitenden Geobotanikern eine Plattform zu bieten.

1.6 | Was tun Geobotaniker?

Die Vielzahl der Teilgebiete und die Komplexität der Fragestellungen führen dazu, dass Geobotaniker und Geobotanikerinnen in vielen Bereichen der Grundlagenforschung, der angewandten Forschung sowie der Umweltvorsorge, der Planung und des Naturschutzes arbeiten:

- ▶ Zahlreiche Pflanzenarten sind vom Aussterben bedroht. Geobotaniker erforschen die Ursachen und suchen Möglichkeiten, die Arten in ihrem natürlichen Lebensraum zu erhalten (→ 11.2).
- ▶ Weitere Arten sind in ihrem Bestand deshalb stark gefährdet, weil der Mensch sie stark genutzt hat (Ausgraben von Wurzeln, Knollen, Zwiebeln oder Rhizomen, Holzeinschlag, Schälen der Borke). Geobotanikerinnen suchen Möglichkeiten, die Arten zu nutzen, ohne ihren Bestand zu gefährden (→ 11.7).
- ▶ Für die Ausweitung von Schutzgebieten ist eine Dokumentation des Ist-Zustandes erforderlich. Hierzu gehören das Anfertigen einer Vegetationskarte (→ Abb. 11-2), einer Gesamtliste der Flora und die Kartierung seltener (evtl. auch störungsanzeigender) Arten. All dies sind typische Arbeiten für Geobotaniker.
- ▶ Für alle Schutzgebiete sind Mangementmaßnahmen erforderlich (→ 11.3). Die Erstellung von Mangementplänen ist ebenfalls eine geobotanische Aufgabe.
- ▶ Mit Einführung des Ackerbaus sowie im Zuge von Handel und Verkehr haben sich fast überall auf der Welt fremdländische Pflanzenarten einbürgern können (→ 5.4). Manche von ihnen breiten sich in den neuen Gebieten aufgrund des Fehlens von Konkurrenz und von Feinden weit stärker aus, als sie dies in ihrer alten Heimat konnten. Nicht selten werden dabei ganze Lebensgemeinschaften so verändert, dass es zu wirtschaftlichen Schäden kommen kann. Geobotaniker erforschen die Ursachen des Invasionserfolges dieser Arten und suchen Möglichkeiten, sie umweltschonend zurückzudrängen.
- ▶ Die bäuerliche, von der Mehrzahl der Menschen als schön empfundene Kulturlandschaft (Bedeutung für Wochenenderholung und Tourismus!) ist überwiegend durch heute nicht mehr rentable Bewirtschaftungsweisen entstanden. Geobotanikerinnen suchen Methoden, wie man die Vielfalt der Landschaft kostengünstig erhalten und sie gleichzeitig land- und forstwirtschaftlich nutzen kann.

- ▶ Stellenweise hat der Abbau von Bodenschätzen zu großräumigen Zerstörungen der Landschaft geführt. Die Wiederherstellung (Restaurierung, Renaturierung → 11.3) zerstörter Biotope ist Ziel ökologischer Projekte, bei denen insbesondere auch Geobotaniker benötigt werden.
- ▶ Geobotanikerinnen beschäftigen sich mit den Ursachen voranschreitender Landdegradation (Desertifikation, Sahelisierung, Versteppung) und entwickeln Methoden, diese Prozesse zu stoppen und degradierte Bereiche zu renaturieren (z.B. LIETH 1995, SCHMIDT et al. 2010).
- ▶ Gewässer und Böden werden vom Menschen vielfältig mit Abfällen belastet. Geobotaniker untersuchen die Auswirkungen dieser Belastung auf Flora und Vegetation. Biologische Abwasserklärung und biologische Bodenaufbereitung (Bioremediation) beruhen teilweise auf Erkenntnissen geobotanischer Forschung (z.B. LACK 2008, PUSCHENREITER & WENZEL 2003, SHAMS et al. 2010).
- ▶ Auch in die Luft werden zahlreiche Schadstoffe abgegeben oder entstehen in der Atmosphäre aus vom Menschen freigesetzten Stoffen. Geobotaniker untersuchen die Auswirkungen auf Flora und Vegetation und erforschen, wie diese zur Früherkennung bzw. zum Nachweis von Schadstoffen (→ 10.1) genutzt werden können. Wenn Luft und Gewässer heute deutlich weniger belastet sind als noch vor einigen Jahrzehnten, so ist dies auch ein teils direkter, teils indirekter Erfolg geobotanischer Forschung.
- ▶ Alle großen Bauvorhaben und Eingriffe in die Landschaft sind per Gesetz auf ihre Umweltverträglichkeit hin zu prüfen. Geobotanikerinnen spielen im Rahmen dieser Umweltverträglichkeitsprüfung (siehe KÖPPEL & PETERS 2004) eine zentrale Rolle.
- ▶ Eines der größten und aktuellsten Forschungsfelder für Geobotaniker sind die Auswirkungen des Klimawandels (→ Kap. 12).

Abb. 1-2



GeobotanikerInnen sollten geländegängig sein.

Berufsfelder für Geobotaniker

| 1.7

Aus der oben erwähnten Vielfalt der Tätigkeitsbereiche ergeben sich zahlreiche konkrete Berufsaussichten. Prinzipiell wurde die Wichtigkeit geobotanischer Untersuchungen von Staat und Verwaltung seit Langem

erkannt. Dementsprechend gibt es auf Bundes- und Landesebene sowie bei Kreisen und Städten zahlreiche Behörden, Ämter und Forschungseinrichtungen, in denen Geobotanikerinnen beschäftigt sind. Ein weites Betätigungsfeld ist der Naturschutz. Manche Bundesländer haben biologische Stationen zur Betreuung von Naturschutzgebieten eingerichtet, andere vergeben deren Betreuung sowie die Erarbeitung von Managementplänen, die Untersuchung der Effizienz von Schutzmaßnahmen oder die Bewertung von Flächen zur Ausweisung neuer Gebiete an private Büros, in denen zahlreiche Geobotaniker eine Erwerbsmöglichkeit gefunden haben. Auch im Medienbereich ist geobotanischer Sachverstand gefragt.

Mit steigender Technisierung und fortschreitendem Wachstum der Erdbevölkerung sowie der daraus resultierenden Verknappung der Umweltgüter werden ökologische Probleme in Zukunft mit Sicherheit nicht geringer werden, wobei bezüglich deren Vermeidung oder zumindest Verringerung sowie Früherkennung in der Regel der Vegetation eine Schlüsselrolle zukommt. Geobotanische Forschung ist daher dringender erforderlich denn je. Universitäten und andere Forschungsinstitutionen (Großforschungseinrichtungen, Institute der Max-Planck- und Fraunhofergesellschaft, Museen, zoologische und botanische Gärten) sind gefordert, entsprechende Gelder zu akquirieren und Forschungsprojekte durchzuführen.

Die Erhaltung einer lebenswerten Umwelt für unsere Nachkommen ist nur dann möglich, wenn ökologischen Kenntnissen und damit der ökologischen Forschung höchste Priorität eingeräumt wird. Die von hochrangigen Expertengremien aufgezeigte Notwendigkeit einer „nachhaltigen Entwicklung“ (sustainable development) sowie der Erforschung und Erhaltung der biologischen Vielfalt (Biodiversität) und die Anerkennung dieser Forderungen durch internationale Konventionen (Agenda 21, Biodiversitätskonvention), bezeugt einen (zumindest auf dem Papier) hohen Stellenwert der Ökologie und damit auch der Geobotanik. Falls es sich bei diesen Konventionen nicht nur um Lippenbekenntnisse und Papierverschwendung handelt, müssten zukünftig gute Berufsaussichten für Geobotaniker und Geobotanikerinnen bestehen.

1.8 | Was müssen Geobotaniker können?

Wie bereits oben dargelegt, stellt Geländearbeit den Kern der Geobotanik dar. Geländearbeit aber ist unvorhersehbarer und erfordert daher weit mehr Improvisationsvermögen als Labor- oder Büroarbeit. Außerdem ist Geobotanik als eine sehr komplexe Biowissenschaft eng

mit gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und politischen Aspekten verflochten. Aufgabe der geobotanischen Forschung ist es, auf den ersten Blick scheinbar unüberschaubare Systeme wie, um ein Extrembeispiel zu nennen, einen tropischen Regenwald, systematisch zu erforschen, Funktionsprinzipien zu erkennen und auf diese Weise „Ordnung in das Chaos“ zu bringen. Darüber hinaus sollen die Forschungsergebnisse dazu beitragen, das Überleben auch zukünftiger Generationen in allen Erdteilen unter menschenwürdigen Bedingungen zu sichern. Diese Aufgaben sind nicht von Einzelkämpfern, sondern nur im Team erfolgreich zu bewältigen. Daher sind zu fordern:

- ▶ Geländeerfahrung, „Geländegängigkeit“ und Belastbarkeit;
- ▶ Improvisationsvermögen und die Fähigkeit zum Ertragen unvorhergesehener Ereignisse;
- ▶ ausgezeichnete Arten- und Biotoptypen-Kenntnisse;
- ▶ Kenntnisse nicht nur in einem Spezialgebiet und auf biologischem Gebiet allgemein, sondern auch aus dem Bereich der Nachbarwissenschaften (Bodenkunde, Chemie, Geografie, Klimatologie etc.);
- ▶ hohes Verantwortungsbewusstsein und Konfliktbereitschaft (Mahnerfunktion!);
- ▶ kritische Einstellung gegenüber Modeströmungen in der Forschung und gegenüber einer Bemessung der Ergebnisse lediglich am unmittelbar zu erzielenden monetären Erfolg;
- ▶ Fähigkeit und Bereitschaft zu einer allgemeinverständlichen Veröffentlichung der Ergebnisse;
- ▶ Teamfähigkeit.



Abb. 1-3

Exkursionen sind ein wichtiger Bestandteil der geobotanischen Lehre.

Im Studium lassen sich viele wichtige Kenntnisse und Eigenschaften besonders gut auf **Exkursionen** (→ **Abb. 1-3**) und im Rahmen von Geländepraktika erwerben. Diese sind daher das Rückgrat der ökologischen Ausbildung. Wenn an der Mehrzahl der Universitäten im Studiengang Biologie nur noch eine einzige Pflichtexkursion (falls überhaupt) vorgesehen ist, so ist das für die Ausbildung der Geobotaniker erheblich zu wenig. Studierende, die sich auf Geobotanik spezialisieren wollen, sollten daher auf freiwilliger Basis an möglichst vielen Exkursionen teilnehmen.

Box 1.3

Deutsche oder wissenschaftliche Namen? Zwei Anekdoten und einige Gedanken

Gestern habe ich im Rahmen eines Ökologie-Praktikums mit einigen Bachelor-Studierenden die Sandtrockenrasen der „Schwanheimer Düne“ aufgesucht. Als Erstes fanden wir *Arenaria serpyllifolia*. Prompt fragten mich die StudentInnen, darunter *Amir Rezai* und *Fatima Öztürk*, wie denn die Pflanze auf Deutsch heiße. Meine Gegenfrage an die beiden namentlich Genannten war: „Und wie heißen Sie auf Deutsch?“ Ich hoffe, alle TeilnehmerInnen haben verstanden, was ich meinte. Mit den beiden habe ich mich an diesem Praktikumstag besonders intensiv beschäftigt, und ich bin sicher, dass ich sie am kommenden Kurstag mit Namen kennen werde, obwohl ich weder Persisch noch Türkisch spreche. Alex Bauer und Jessica Fadenbrecht werde ich beim nächsten Kurstag wahrscheinlich nicht namentlich wiedererkennen, denn mit ihnen habe ich mich gestern kaum beschäftigt. Beim nächsten Mal werde ich mich um diese beiden kümmern und danach auch sie kennen. Langer Rede kurzer Sinn:

- ▶ Nicht jeder/jedes, der/die/das es auf der Welt gibt, muss einen deutschen Namen haben, auch wenn er/sie/es in einem vorwiegend deutschsprachigen Land lebt.
- ▶ Wenn man sich mit jemandem intensiv beschäftigt, dann kennt man in Kürze seinen Namen – unabhängig davon, ob es ein deutscher oder „exotischer“ ist.

Arenaria serpyllifolia und beispielsweise *Cerastium semidecandrum* haben ursprünglich keine allgemein verbreiteten Namen gehabt, sondern sind erst von Wissenschaftlern benannt worden (mit wissenschaftlichen Namen). Bei den heutigen deutschen Bezeichnungen handelt es sich um Übersetzungen des wissenschaftlichen Namens, weil es offensichtlich Zeiten gab, in denen man meinte, alles müsse einen deutschen Namen haben. *Arenaria serpyllifolia* hat zuvor mit Sicherheit nicht Quendelblättriges Sandkraut geheißen, ebenso wenig, wie es die Bezeichnung Fünfmänniges Hornkraut für *Cerastium semidecandrum* gab. Anders ist es bei weit verbreiteten Nutzbäumen oder landschaftsbestimmenden Arten. Die Eiche hat schon seit Urzeiten so (bzw. Eicke, Eik, Eeke oder ähnlich) geheißen, was sich daran zeigt, dass ihr

Name in allen dem Deutschen verwandten Sprachen ähnlich klingt. Allerdings hat man bestimmt nicht zwischen Trauben-, Stiel- und Flaum-Eiche unterschieden. Auch manche weit verbreiteten Heilpflanzen hatten deutsche Namen, die waren aber, da die Heiler ihre Geheimnisse hüteten, von Ort zu Ort verschieden, wie man das heute noch in Afrika feststellen kann. Selbst innerhalb eines Volksstammes gibt es dort unterschiedliche lokale Namen. Bedenkt man dazu, dass es auch in Deutschland, Österreich und der Schweiz von Anfang an nicht nur Deutschsprachige gab, dann kann man sicher sein, dass diese wichtigen Nutzpflanzen zwar Namen hatten, aber regional verschiedene.

In diesem Buch werden daher deutsche Namen nur benutzt, wenn es wirklich alterverwurzelte sind, was für viele Bäume und auch einige Sträucher zutrifft.

Aber selbst bei Bäumen ist der deutsche Name nicht immer eindeutig, z. B. heißt die Fichte (*Picea*) in meiner Heimat (Westfalen) Tanne, die Kiefer (*Pinus*) dagegen Fichte.

Nun noch eine weitere Anekdote: Meine Frau und ich haben vor einigen Jahren den Jangtse in China vom Beginn seiner Schiffbarkeit bis zur Mündung befahren. Im ersten Teil der Reise befanden sich auf dem Schiff überwiegend Passagiere aus Europa. Das Personal trug Schildchen mit den chinesischen Namen (in lateinischer Schrift), und da wir uns in der Regel für unsere Mitmenschen interessieren, kannten meine Frau und ich, ebenso wie die meisten anderen Passagiere, nach zwei Tagen die Namen unserer Kontaktpersonen (Tisch-Steward *Yingzhong Chen*, Kabinen-Service *Wei-Li Xu*, Kapitän *Mahong Wu* und Reiseleiterin *Goatchin Yang*), obwohl wir nie Chinesisch gelernt haben. Nach jedem Landausflug stand die gesamte Crew zum Empfang bereit. Als wir wieder einmal aufs Schiff zurückkehrten, trugen alle Schilder mit englischen Namen. Auf unsere Frage, ob sie Hongkong-Chinesen seien und deshalb englische Namen hätten, antworteten sie: „Nein, aber heute bekommen wir Passagiere aus den USA, die fragen oft, ob wir keine vernünftigen Namen hätten. Die Reederei hat daher angeordnet, dass wir uns englische Namen zulegen.“

Ich hoffe, dass nach der Lektüre dieser Anekdote niemand mehr nach deutschen Namen für *Arenaria serpyllifolia* oder *Cerastium semidecandrum* fragen wird und auch niemand beklagt, dass im Text keine enthalten sind. Wer bisher nur die deutschen Kunstnamen kennt und nun auf die „wahren“, also die wissenschaftlichen Namen, umsteigen möchte, kann dies mithilfe des am Ende des Buches vorhandenen Registers in Angriff nehmen.

Weiterführende Literatur: Was ist Geobotanik?

Frey W, Lösch R (2010): Lehrbuch der Geobotanik. 3. Aufl., Spektrum, Heidelberg, 600p

Pott R (2005): Allgemeine Geobotanik. Springer, Heidelberg, 652p

2 | Die pflanzengeografische Gliederung der Erde

Inhalt

2.1 Einige zentrale Begriffe

2.2 Holarktis

2.3 Paläotropis

2.4 Neotropis

2.5 Capensis

2.6 Australis

2.7 Holantarktis

Bereits die ersten weltweiten Forschungsreisen (→ 1.3) zeigten die große Vielfalt, aber auch die Unterschiede in der Zusammensetzung der Flora der verschiedenen Regionen der Erde. Eine logische Konsequenz war es, diese Vielfalt nachvollziehbar und übersichtlich zu gliedern. Das vorliegende Kapitel stellt die dazu zentralen Begrifflichkeiten vor (→ 2.1) und gibt einen groben Überblick über die Charakteristika der verschiedenen Florenreiche (→ 2.2-2.7).

2.1 | Einige zentrale Begriffe

Florenkontrast: Summe derjenigen Taxa zweier benachbarter Gebiete, die ausschließlich oder zumindest schwerpunktmäßig in einem dieser beiden Gebiete vorkommen.

Als Ordnungsmittel zur Gliederung der weltweiten Flora dient der **Florenkontrast**. Hierunter versteht man die Summe derjenigen Taxa zweier benachbarter Gebiete, die ausschließlich oder zumindest schwerpunktmäßig in einem dieser beiden Gebiete vorkommen. Durch Berechnung des Florenkontrasts auf je hundert Kilometer Entfernung zwischen den zu vergleichenden Gebieten erhält man das **Florengefälle**. Die Grenzen zwischen zwei pflanzengeografischen Einheiten werden dort gezogen, wo das stärkste Florengefälle besteht.

Die höchste Rangstufe die sich aus dem Florenkontrast ergebenden Gliederung bilden die **Florenreiche**. Ihre Abgrenzung beruht überwiegend auf der Lage der Schwerpunktorkommen ganzer Familien sowie sel-

tener auch Gattungen, nicht dagegen von Arten. Weltweit werden seit RIKLI (1913) meist sechs Florenreiche unterschieden: Holarktis, Paläotropis, Neotropis, Capensis, Australis und Holantarktis (→ Abb. 2-1).

Manche Autoren, z. B. POTT (2005), werten die pazifischen Inseln als eigenes Florenreich (Ozeanien). Bemerkenswert ist, dass die Florenreiche von Nord nach Süd zunehmen, wobei ihre Größe abnimmt. Dies ist auf erdgeschichtliche Ursachen zurückzuführen (→ 5.1). Alle Florenreiche lassen sich nach den gleichen Prinzipien in kleinere Einheiten untergliedern (**Regionen, Provinzen, Bezirke**). Nachfolgend werden die sechs Florenreiche kurz charakterisiert.

Anders als bei den in der Regel klar durch geografische Grenzen getrennten Florenreichen bestehen zwischen den Florenregionen meist keine schwer überwindbare Grenzen, sodass Übergangsbereiche bestehen. Diese werden terminologisch durch die Vorsilbe „sub-“ gekennzeichnet, z. B. subarktisch, subatlantisch.

Da die Artenzusammensetzung der **Florenregionen** überwiegend durch das Klima bestimmt wird, dieses aber lokal vom Durchschnittsklima der

Merksatz

Die höchste Rangstufe in der pflanzengeografischen Gliederung der Erde bilden die Florenreiche. Sie lassen sich in Florenregionen, -provinzen und -bezirke gliedern.

Merksatz

In einer Florenregion kommen an Sonderstandorten stets auch Arten benachbarter Regionen vor.

Die Florenreiche der Erde (nach WALTER & STRAKA 1970).

Abb. 2-1



Region abweichen kann, kommen in einer Florenregion an klimatischen Sonderstandorten stets auch Arten der benachbarten, manchmal sogar entfernterer Florenregionen vor. So findet man in Mitteleuropa in kühlen Schluchten und an kalten Quellen Arten, die schwerpunktmäßig in Nordeuropa verbreitet sind. Atlantische Arten kommen am regenreichen Fuß von Mittelgebirgen, Steppenarten im Regenschatten der Mittelgebirge vor, und an südexponierten Hängen treten Arten auf, deren Hauptverbreitung im nördlichen Mittelmeerraum liegt.

2.2 | Holarktis

Artenreichtum der holarktischen Gebiete:

- > Ostasien
- > Nordamerika
- > Euro-Westsibirien

Die Holarktis ist das flächenmäßig größte Florenreich. Sie umfasst die gesamte nördliche Hemisphäre mit Ausnahme eines kleinen tropisch-subtropischen Anteils. In der Holarktis haben die Familien Apiaceae, Betulaceae, Brassicaceae, Caryophyllaceae, Fagaceae, Rosaceae und Salicaceae ihren Schwerpunkt, allerdings ohne auf dieses Florenreich beschränkt zu sein. Zwischen amerikanischem, europäisch-westsibirischem und ostasiatischem Teil der Holarktis bestehen aufgrund der relativ schwer überwindbaren geografischen Barrieren (Ozeane bzw. Wüsten) vergleichsweise große Unterschiede.

Da diese Bereiche erdgeschichtlich und evolutionsbiologisch gesehen erst seit Kurzem getrennt sind, reicht das Florengefälle aber nicht aus, um sie als eigene Florenreiche zu werten. Die beiden nördlichsten Florenregionen der Holarktis, die als arktische und boreale Region bezeichnet werden, erstrecken sich zirkumpolar über alle drei Nord-Kontinente.

Bezüglich der Artenvielfalt des holarktischen Bereichs erweist sich Ostasien als das reichste Gebiet, Euro-Westsibirien als das ärmste. Mehrere in Asien und/oder Nordamerika beheimatete Gattungen feh-

Tab. 2-1

Artenzahlen¹ einiger waldbildender Baumgattungen in Deutschland (D), Japan (J) und einem etwa gleich großen Bereich im östlichen Nordamerika (A)²

	D	A ²	J
Fläche (km ²)	357	377	378
<i>Acer</i>	4	6	22
<i>Alnus</i>	3	3	8
<i>Betula</i>	2	5	11
<i>Carpinus</i>	1	1	5
<i>Fagus</i>	1	1	2
<i>Fraxinus</i>	1	4	7
<i>Quercus</i>	3	19	6

¹ inklusive eventueller strauchförmiger Arten, Quellen: Floren der Länder bzw. Bundesstaaten

² New York, Ohio und Pennsylvania

len in Europa (→ [Box 2-1](#)) und viele in Europa vorkommende Gattungen sind in Nordamerika und/oder Ostasien mit weit mehr Arten vertreten als in Euro-Westsibirien, wie ein Vergleich der Artenzahl der waldbildenden Laubbaum-Gattungen Deutschlands mit den Zahlen für klimatisch ähnliche Bereiche Japans und Nordamerikas eindrucksvoll zeigt (→ [Tab. 2-1](#)). Auf den europäischen Bereich der Holarktis wird in → [Kap. 4](#) etwas detaillierter eingegangen.

Merksatz

Die Holarktis ist das flächenmäßig größte Florenreich. Sie umfasst nahezu die gesamte nördliche Hemisphäre.

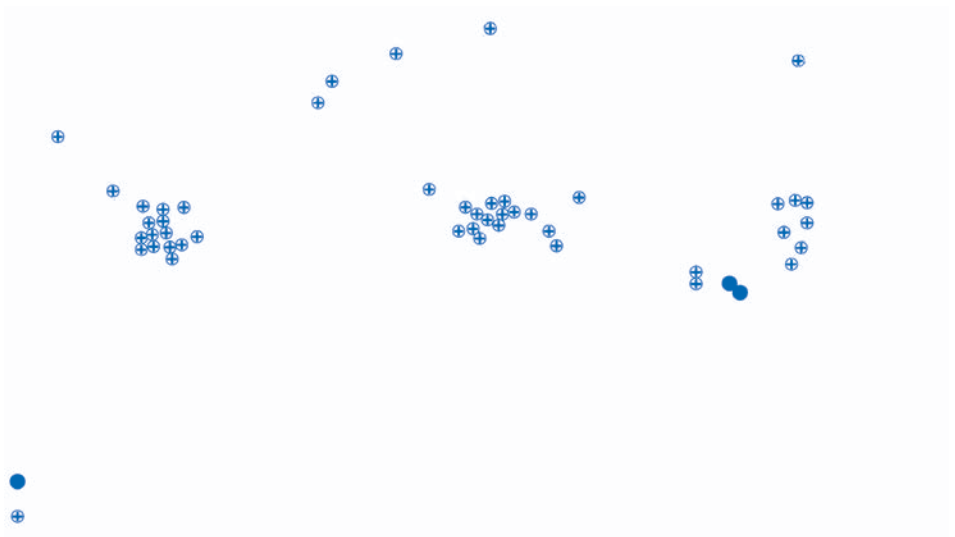
Box 2.1

In Europa fehlende holarktische Gattungen

Beispiele für in Europa (heute) fehlende, aber in Asien und Nordamerika vorkommende und fossil auch in Europa nachgewiesene Gattungen sind *Catalpa*, *Chamaecyparis*, *Gleditsia*, *Kerria*, *Liriodendron*, *Lithocarpus*, *Magnolia*, *Pseudotsuga*, *Thuja* und *Weigela*. Beispiele für (heute) natürlicherweise nur in Ostasien, nicht aber in Europa und Amerika wachsende Gattungen sind *Ginkgo* (→ [Abb. 2-2](#)) und *Metasequoia*; nur noch in Amerika ist *Sequoiadendron* heimisch. Alle diese Gattungen findet man aber angepflanzt in den Parkanlagen und Gärten Europas, wo sie in der Regel problemlos wachsen, blühen und fruchten.

Fossilfunde (Tertiär) und rezente natürliche Vorkommen der Gattung *Ginkgo* (nach TRALAU 1967).

Abb. 2-2



2.3 | Paläotropis

Das paläotropische Florenreich umfasst den größten Teil Afrikas (Nordafrika gehört zur Holarktis, und das Kapland bildet ein eigenes Florenreich), die südlich des Wendekreises des Krebses gelegenen Teile Asiens (inklusive zugehöriger Inselgruppen) und die Südsee-Inseln. Typisch für die Paläotropis sind z.B. die stammsukkulente Vertreter der Gattung *Euphorbia* (→ Abb. 2-3) und die Drachenbäume (*Dracaena*; → Abb. 4-11), die allerdings beide mit wenigen Arten auch in anderen Reichen präsent sind. Weiterhin liegt der Schwerpunkt u. a. folgender Familien in der Paläotropis: Nepenthaceae (→ Abb. 2-4), Moraceae (hier vor allem die Gattung *Ficus*, die mit über tausend Arten vertreten ist) und Pandanaceae.

Merksatz

Zur Paläotropis gehören Afrika (exkl. Nordafrika und Kapland), die südlich des Wendekreises des Krebses gelegenen Teile Asiens (inkl. zugehöriger Inselgruppen und dem überwiegenden Teil Neuseelands) sowie die Südsee-Inseln.

Abb. 2-3 |



Die Kandelaber-Wolfsmilch (*Euphorbia candelabrum*), eine stammsukkulente Euphorbiaceae; Murchison-Nationalpark, Uganda; 2/2012

Abb. 2-4 |



Die Kannenpflanzen (*Nepenthes*) sind nahezu ausschließlich in der Paläotropis verbreitet; Borneo, Indonesien; 4/1993