



Dr. Hans Ernst Hess †
Professor für spezielle Botanik an
der Eidgenössischen Technischen Hochschule
in Zürich

Dr. Elias Landolt
Professor em. für Geobotanik an
der Eidgenössischen Technischen Hochschule
in Zürich

Rosmarie Hirzel
Zeichnungen

Dr. Matthias Baltisberger
Professor am Institut für Integrative Biologie
an der Eidgenössischen Technischen Hochschule
in Zürich

Bestimmungsschlüssel zur Flora der Schweiz

und angrenzender Gebiete

Sechste, aktualisierte und
überarbeitete Auflage

Prof. Dr. Matthias Baltisberger
Biosystematik/Sammlungen
Ökologische Pflanzengenetik
Institut für Integrative Biologie
ETH-Zentrum, CHN G 21.3
CH-8092 Zürich
Schweiz
E-Mail Adresse: balti@ethz.ch

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

ISBN 978-3-0346-0469-7

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung, der Wiedergabe auf photomechanischem oder ähnlichem Weg und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechts.

© 2010 Springer Basel
Postfach 133, CH-4010 Basel, Schweiz
Ein Unternehmen der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media
Gedruckt auf säurefreiem Papier, hergestellt aus chlorfrei gebleichtem Zellstoff.
TCF ∞
Printed in Germany
ISBN 978-3-0346-0469-7

Inhaltsverzeichnis

Vorwort zur 1. Auflage	VIII
Vorwort zur 6. Auflage	IX
Zum Gebrauch der Schlüssel	XI
Klassifikation und Nomenklatur	XI
Neophyten	XIII
Standort	XVI
Klima	XVI
Boden	XVIII
Relief	XVIII
Lebewesen	XIX
Höhenstufen	XXI
Sukzession und Dynamik	XXII
Anpassungen von Pflanzen	XXIV
Steppenpflanzen der Walliser Felsensteppe	XXIV
Anpassung der Pflanzen in den Alpen	XXV
Für die Bestimmung wichtige Merkmale an Pflanzen	XXVII
Blüten	XXVII
Vegetative Merkmale	XXXII
Übersicht über Familien und übergeordnete Einheiten	XXXVII
Übersicht über Familien, verschiedene Darstellungen	LV
Alle Familien in alphabetischer Reihenfolge	LV
Alle Familien nach der Grösse geordnet	LVI
Alle Familien nach Grossgruppen und alphabetisch geordnet	LVIII
Alle Familien nach Grossgruppen und nach ihrer Grösse geordnet	LX
Bestimmungsschlüssel	1
Erklärung von Fachausdrücken	532
Lateinische Namen	540
Deutsche Namen	664

Vorwort zur 1. Auflage

Nachdem die 3bändige Flora der Schweiz erschienen war, wurden wir verschiedentlich ersucht, alle Schlüssel in einem auch für Feldarbeiten geeigneten Taschenbuch zusammenzufassen. Zu diesem Taschenbuch sind einige Angaben notwendig.

- 1 Der hohen Kosten wegen kam ein Neusatz der Schlüssel nicht in Frage. So war der Satzspiegel bereits vorgegeben und bedingt einen Zeilenverlauf parallel dem Buchrücken.
- 2 Bei Arten, die nicht häufig und verbreitet sind, wurden Angaben über Standort und Verbreitung neu eingesetzt, um die Bestimmung zusätzlich abzusichern. Solche Hinweise konnten jedoch nur dort angebracht werden, wo vor dem Namen eine angefangene Zeile dazu Raum bot; dies führte zu einer bedauerlichen Inkonsequenz dieser Angaben.
- 3 Von mehr als der Hälfte der Arten sind auf der gleichen Seite neben dem Text Abbildungen (Rosmarie Hirzel) vorhanden; es sind zum großen Teil angeänderte Zeichnungen aus den 3 Bänden der Flora der Schweiz. Um nicht mehr als 2ziffrige Nummern bei den Zeichnungen zu erhalten, wurden die Zeichnungen mehrfach von 1 bis 99 durchnummeriert. Diese Nummern sind bei den Namen fettgedruckt (Seitenzahlen normal). Der Abbildungsmaßstab aller Zeichnungen ist $\frac{1}{2}$ natürlicher Größe, soweit nichts anderes angegeben ist.
- 4 Umfangreiche Register waren notwendig, weil im Text keine deutschen Namen stehen; sie sind in einem Register neben den lateinischen Namen mit zugehörigen Autoren und Synonyma zu finden. Umgekehrt verweist ein Register mit deutschen Namen auf die zugehörigen Fachnamen. Die Nomenklatur entspricht jener der 3bändigen Flora der Schweiz.
- 5 Um den Ladenpreis des Taschenbuchs möglichst niedrig zu halten, haben die Autoren wiederum auf das Honorar verzichtet. In großzügiger Weise hat die Eidgenössische Technische Hochschule in Zürich die Kosten für die Zeichnungen übernommen. Wir danken für diesen Beitrag; er war eine Voraussetzung für die Herausgabe des Buches.

Unerwartet anspruchsvoll, zeitraubend und mühsam waren die vielen Korrekturen, die sich aus den Anpassungen der Schlüssel an das Taschenbuch ergaben. Selbständig leistete all diese Kleinarbeit mit großer Sachkenntnis und Sorgfalt Frau Sophie Weber am Institut für spezielle Botanik der ETH; auch alle Register wurden von ihr verfaßt.

Wir danken Frau Weber für ihre große Arbeit; sie hat damit maßgebend zum Gelingen des Taschenbuches beigetragen.

Dem Birkhäuser Verlag in Basel danken wir für das Eingehen auf unsere Wünsche, den Druck und die zweckmäßige Ausstattung des Buches; ebenso danken wir der Firma Nievergelt Repro AG, Zürich, für die sorgfältige Herstellung der Filme der Zeichnungen.

Zürich, Februar 1976

Die Autoren

Vorwort zur 6. Auflage

Wie in den vorhergehenden Auflagen des Bestimmungsbuches musste auch bei der hier vorliegenden 6. Auflage das Layout der Schlüssel beibehalten werden, die Seitenaufteilung durfte nicht verändert werden. Änderungen erfolgten auch dieses Mal in aufwendiger Handarbeit. Einer Überarbeitung der Schlüssel waren deshalb enge Grenzen gesteckt, konnten doch Verbesserungen und der Einbau neuer Arten nur dort erfolgen, wo auf einer Seite auch genügend Platz vorhanden war. Veränderungen in Gattungs- und Familienstrukturen waren wegen ihres grossen Einflusses auf die Schlüssel von vorneherein unmöglich (z.B. Neueinteilung der Verwandtschaften um „*Chrysanthemum*“, „*Linaria*“ oder „*Polygonum*“, die Aufteilung der „*Liliaceae*“ auf mehrere Familien oder die Neudefinition der „*Scrophulariaceae*“ und verwandter Familien).

Neben der Präzisierung von Ungenauigkeiten, der Korrektur von Fehlern und der Verbesserung einzelner Punkte in den Schlüsseln wurden im Zuge der Überarbeitung 21 neue Arten ergänzt. Seit der 1. Auflage wurden somit insgesamt 116 Arten neu ins Bestimmungsbuch eingefügt.

Kollegen und Assistierende haben mit ihren Anmerkungen und Informationen zur Verbesserung auch dieser Auflage beigetragen; ihnen sei herzlich gedankt. In diesem Zusammenhang gebührt PD Dr. Reto Nyffeler, Institut für Systematische Botanik der Universität Zürich, ein besonderer Dank; mit ihm konnte ich die neuesten Daten der molekularen Phylogenien diskutieren und einen (nach unserer Meinung tragbaren) Kompromiss zwischen den molekularen (also phylogenetischen) und den morphologischen (dafür felddauglichen) Systemen finden. Ein ganz spezieller Dank geht an meine Frau Babette, die sich als Musikerin erst seit kurzem für Pflanzen und das Bestimmen interessiert. Mit viel Geduld und grosser Zähigkeit hat sie sich eingearbeitet

und zahlreiche (auch ganz gewöhnliche) einheimische Pflanzenarten mit diesem Buch bestimmt. Mit ihrer kritischen und unvoreingenommenen (um nicht zu sagen unverbildeten) Haltung hat sie zahlreiche Ungereimtheiten aufgespürt und viel zu besser verständlichen Formulierungen beigetragen. Ein grosser Dank geht auch an das Team des Birkhäuser Verlages, das meinen Wünschen und Vorschlägen mit viel Verständnis entgegenkam und die aufwendigen Korrekturen mit grossem Einsatz ausführte. Dies erst ermöglichte die Herausgabe dieser neuen, überarbeiteten Auflage.

Zürich, im Januar 2010

Matthias Baltisberger

Zum Gebrauch der Schlüssel

Alle Schlüssel sind **dichotom** aufgebaut, d. h., es stehen bei jedem Punkt des Schlüssels immer zwei Aussagen (Merkmale resp. Merkmalskombinationen) zur Auswahl. Die ersten Aussagen in jedem Schlüssel tragen fortlaufende Nummern (1, 2, 3...), die jeweils dazugehörenden Gegenaussagen zusätzlich einen Stern (1*, 2*, 3*...). Aussage und Gegenaussage folgen im allgemeinen nicht direkt nacheinander, sind aber trotzdem immer gemeinsam zu beurteilen. Bei jedem Punkt muss man entscheiden, ob die Aussage oder die Gegenaussage auf die vorliegende Pflanze zutrifft. An der zutreffenden Stelle muss man mit der Bestimmung weiterfahren. Diesen Vorgang setzt man so lange fort, bis nach einer zutreffenden Aussage (oder Gegenaussage) nicht ein weiterer Punkt, sondern der Name eines Taxons erscheint. Wenn dieses Taxon eine Familie, eine Gattung oder eine Artengruppe ist, muss man auf der angegebenen Seite weiterfahren. Erst mit dem Erreichen eines Artnamens ist man am Ziel der Bestimmung angekommen.

In den Schlüsseln zu den Gattungen und Arten erscheint jede Gattung oder Art nur einmal. In den Familienschlüsseln zu den *Dicotyledoneae* wird die gleiche Familie aus praktischen Gründen oft mehrfach aufgeführt. Aussage und Gegenaussage mit der gleichen Nummer stehen in allen Schlüsseln senkrecht untereinander, die jeweils nächsten Punkte sind etwas eingerückt. Dies erlaubt, im Schlüssel zu erkennen, nach welchen Merkmalen eine Familie oder Gattung gegliedert wird und welches die trennenden oder gemeinsamen Merkmale zwischen verschiedenen Gattungen oder Arten sind.

Klassifikation und Nomenklatur

Die Grundeinheit der Klassifikation ist die **Art**. Die Individuen der gleichen Art stimmen in ihren hauptsächlichsten Merkmalen überein, Individuen verschiedener Arten unterscheiden sich aufgrund bestimmter, konstanter Merkmale. Jede Art hat einen zweiteiligen Namen (binäre oder binomiale Nomenklatur). Dies bedeutet, dass sich der Name einer Art aus dem (grossgeschriebenen) Gattungsnamen und einem (kleingeschriebenen) Artnamen zusammensetzt. Verwandte Arten werden zu **Gattungen** zusammengefasst, verwandte Gattungen zu **Familien**, verwandte Familien zu **Ordnungen**, etc. Sind weitere Abstufungen notwendig, können zusätzliche Einheiten eingefügt werden (z. B. **Unterfamilie**). Die Namen in allen hierarchischen

Stufen oberhalb der Gattung werden von einer in dieser Einheit vorkommenden Gattung abgeleitet und mit einer für die Stufe festgelegten Endung charakterisiert. Neben den Gattungen und Arten sind im vorliegenden Bestimmungsbuch v. a. Familien wichtig (stufentypische Endung *-aceae*). In wenigen Fällen sind auch die Unterfamilien (stufentypische Endung *-oideae*) erwähnt (Familie *Caryophyllaceae*) oder im Schlüssel als Einheiten berücksichtigt (Familie *Asteraceae*).

Arten, die sich nur in wenigen und schwierig erkennbaren Merkmalen unterscheiden, werden oft als **Kleinarten** bezeichnet. Kleinarten und Unterarten sind nicht einheitlich definiert, die hierarchische Einstufung hängt von der subjektiven Beurteilung des Bearbeiters ab. Um im vorliegenden Bestimmungsbuch eine einheitliche Struktur zu haben, werden Unterarten deshalb als Kleinarten behandelt. Arten, die in Kleinarten aufgespaltet werden, bezeichnet man als **Artengruppe** oder als **Aggregat**. In einigen Fällen konnte diese Aufgliederung in Kleinarten im Schlüssel nicht eingefügt werden. Solche Arten werden dann mit dem Zusatz **agg.** versehen, um anzudeuten, dass sie auch weiter geliedert werden können.

Früher wurden Artnamen gross geschrieben, wenn diese auf einen Personennamen (z. B. *Ranunculus Seguieri*), auf einen Gattungsnamen (z. B. *Frangula Alnus*) oder auf einen alten Pflanzennamen (z. B. *Neottia Nidus-avis*) zurückgehen. Dies entspricht nicht den heutigen Nomenklaturregeln, die vorschreiben, dass die Artnamen klein geschrieben werden. In der *Flora der Schweiz* (aus der die Schlüssel im hier vorliegenden Buch ursprünglich stammen) wurden noch die alten Schreibweisen verwendet. Für die jetzige 6. Auflage des Bestimmungsbuches wurde dies hingegen korrigiert, hier sind nun alle Artnamen regelkonform klein geschrieben.

Die in der *Flora der Schweiz* (und somit ursprünglich auch im *Bestimmungsschlüssel zur Flora der Schweiz*) verwendete Nomenklatur folgt den heute gültigen Nomenklaturregeln oft nicht, die Verwendung vieler Namen war uneinheitlich. Mit der Herausgabe eines Synonymie-Index (Aeschimann D. & Heitz C. 2005. Synonymie-Index der Schweizer Flora; 2. Auflage; ZDSF, Genf) scheint sich nun eine gemeinsame Basis für die Schweiz zu etablieren. Als Bildwerk neben einem Bestimmungsbuch wird häufig die *Flora Helvetica* verwendet, in der die meisten Namen dem Synonymie-Index entsprechen. Die im *Bestimmungsschlüssel zur Flora der Schweiz* verwendete Nomenklatur wurde, soweit möglich, an die *Flora Helvetica* (4. Auflage) angepasst und die dafür notwendigen Korrekturen der Namen in den Schlüsseln vorgenommen. Dies war aber bei Umteilungen in andere Gattungen i. d. R. nicht möglich (z. B. alt *Bellidiastrum michelii*, neu

Aster bellidiastrum), da dies zu grosse Veränderungen der Schlüssel erfordert hätte. Aufspaltungen von Familien (z.B. die Abspaltung von *Grossulariaceae*, *Parnassiaceae* und *Philadelphaceae* von den *Saxifragaceae*, die Aufteilung der *Liliaceae* in mehrere Familien oder die Neufassung der Familien aus der Verwandtschaft der *Scrophulariaceae*), die ebenfalls grosse Veränderungen der Schlüssel bedeuten, konnten auch nicht aufgenommen werden. In diesen Fällen mussten die alten Einteilung resp. die alten Namen beibehalten werden. Um aber trotzdem einen Quervergleich zwischen dem *Bestimmungsschlüssel zur Flora der Schweiz* und anderen wichtigen Werken (*Flora der Schweiz*, *Flora Helvetica*, *Flora Alpina*) zu ermöglichen, wurden die beiden Register (*Lateinische Namen* resp. *Deutsche Namen*) digitalisiert, sodass keine Einschränkungen betreffend Bearbeitung bestanden und beliebig viele Namen eingefügt oder verändert werden konnten. Im Register *Lateinische Namen* sind deshalb die Namen der anderen Werke aufgeführt. Die im Bestimmungsbuch verwendeten Namen sind normal, die Synonyme kursiv gedruckt.

Neophyten

Die in der vorliegenden 6. Auflage zusätzlich aufgenommenen Arten sind neu beschriebene Kleinarten, Neuentdeckungen, Adventivarten sowie mehr oder weniger eingebürgerte Gartenflüchtlinge. Wegen der Einschränkungen für die Neuauflage konnten nicht alle Arten aufgenommen werden, die unter diese Kategorien fallen.

Die Schweizer Flora umfasst über 3000 Arten, davon sind etwa 350 Arten sogenannte **Neophyten**. Neophyten sind gebietsfremde Arten, die nach dem Jahre 1500 (Entdeckung Amerikas) eingeführt oder eingeschleppt wurden und sich so gut etablieren konnten, dass sie sich wie einheimische Arten verhalten (z.B. *Impatiens parviflora*, *Veronica filiformis*). Etwa 10% der Neophyten können bei uns Probleme verursachen, indem sie sich in natürlichen oder halb-natürlichen Ökosystemen oder Habitaten etablieren, dort Veränderungen verursachen und sich auf Kosten einheimischer Arten ausbreiten. Sie tragen damit zum Rückgang der biologischen Vielfalt bei und werden **invasive Neophyten** genannt (siehe z.B. www.cps-skew.ch). Zu den invasiven Neophyten werden auch jene Arten gezählt, welche die menschliche Gesundheit beeinträchtigen oder Schäden an Bauten oder in land- und forstwirtschaftlichen Flächen verursachen. Solche Problemarten gibt es überall auf der Welt, und es werden grosse Anstrengungen unternommen, das Einbringen solcher Arten zu verhin-

dern und bereits etablierte Arten einzudämmen oder wenn möglich auch ganz zu beseitigen (siehe z. B. Weber E., Köhler B., Gelpke G., Perrenoud A. und Gigon A. 2005. Schlüssel zur Einteilung von Neophyten in der Schweiz in die Schwarze Liste oder die Watch-Liste. *Botanica Helvetica* 115: 169–173).

In der Schweiz werden verschiedene „Listen“ geführt, z. B. die Rote Liste der gefährdeten Arten, die Blaue Liste der erfolgreich geförderten Rote-Liste-Arten, aber auch die Schwarze Liste der invasiven Neophyten und die Watch-Liste der potentiell invasiven Neophyten. Schwarze Liste und Watch-Liste dienen der Information und Sensibilisierung, aber auch als Grundlage zur Planung gezielter Massnahmen. Beide Listen werden periodisch überprüft und bei Bedarf angepasst.

Die **Schwarze Liste** enthält jene invasiven Neophyten, die in der Schweiz erwiesenermassen Schäden verursachen. Diese Arten sind deshalb generell einzudämmen oder wenn möglich zu eliminieren. Diese Liste umfasst in der Schweiz zur Zeit (2009) 23 Arten (Tabelle 1). Mit Ausnahme von *Ludwigia grandiflora*, *Lysichiton americanus* und *Rubus armeniacus* sind die Arten der Schwarzen Liste im Bestimmungsbuch enthalten. Für alle Arten der Schwarzen Liste gibt es Informationsblätter, die öffentlich zugänglich sind (z. B. www.cps-skew.ch, www.cjb.unige.ch, www.naturschutz.zh.ch).

Erklärungen zu Tabelle 1:

Verbreitung:	xxx	sehr häufig	xx	häufig	x	eher selten
Auswirkungen:	D	Destabilisiert Boden, fördert Erosion				
	G	Gesundheitsschädigend				
	L	Problempflanze in landwirtschaftlichen Flächen				
	V	Verdrängt einheimische Arten				
Ausbreitungsmechanismus:	A	Ausläufer und andere vegetative Ausbreitung				
	H	mit Wasser				
	M	Mensch durch Anpflanzung, Aussaat, Heu, Saatgut, Vogelfutter, Gartenabfälle usw				
	S	Schleudermechanismus				
	T	Tiere, meist Vögel, aber auch Weidetiere				
	W	Wind	w	nur kurze Distanz		

Tabelle 1. Schwarze Liste der invasiven Neophyten der Schweiz (Stand Dezember 2009).

Wissenschaftlicher Name	Deutscher Name	Verbreitung					Auswirkungen	Ausbreitung	Herkunft
		Jura	Mittelland	Nordalpen	Zentralalpen	Südalpen u. Tessin			
<i>Ailanthus altissima</i>	Götterbaum	–	xx	x	x	xxx	V	A, M, W	E-Asien
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	Aufrechte Ambrosie	x	xx	x	x	xx	G, L	M, W	N-Amerika
<i>Artemisia verlotiorum</i>	Verlot'scher Beifuss	x	xx	x	x	xxx	L, V	M, w	E-Asien
<i>Buddleja davidii</i>	Sommerflieder, Schmetterlingsstrauch	x	xx	xx	x	xxx	V	A, M, W	China
<i>Elodea canadensis</i>	Gewöhnliche Wasserpest	xx	xx	x	–	xx	V	A, H, M	N-Amerika
<i>Elodea nuttalli</i>	Nuttall's Wasserpest	–	x	–	–	x	V	A, H, M	N-Amerika
<i>Heraclium mantegazzianum</i>	Riesen-Bärenklau	xx	xx	x	x	x	G, V	M, T, w	Kaukasus
<i>Impatiens glandulifera</i>	Drüsiges Springkraut	xx	xxx	xx	x	xxx	D, V	M, S	Himalaya
<i>Lonicera japonica</i>	Japanisches Geissblatt	–	x	–	–	xx	V	A, M, T	E-Asien
<i>Ludwigia grandiflora</i>	Grossblütiges Heusenkraut	–	x GE	–	–	–	V	A, M	S-Amerika
<i>Lysichiton americanus</i>	Amerikanischer Stinktierkohl	–	x BE	–	–	–	V	M	N-Amerika
<i>Polygonum polystachyum</i>	Himalaya-Knöterich	–	x	–	–	x	D, V	A, M	Himalaya
<i>Prunus laurocerasus</i>	Kirschlorbeer	X	Xx	–	–	xx	V	A, M, T	W-Asien/ SE-Europa
<i>Prunus serotina</i>	Herbstkirsche	–	x	–	–	xx	V	M, T	N-Amerika
<i>Pueraria lobata</i>	Pueraria, Kudzu, Kopoubohne	–	–	–	–	X	V	A, M	E-Asien
<i>Reynoutria japonica</i>	Japanischer Stauden-Knöterich	xx	xxx	xxx	x	xxx	D, V	A, M	E-Asien
<i>Reynoutria sachalinensis</i>	Sachalin-Knöterich	–	x	?	?	x	D, V	A, M	E-Asien
<i>Rhus typhina</i>	Essigbaum	–	x	x	?	xx	G, V	A, M	N-Amerika
<i>Robinia pseudoacacia</i>	Falsche Akazie, Robinie	x	xx	xx	x	xxx	V	A, M, W	N-Amerika
<i>Rubus armeniacus</i>	Armenische Brombeere	xx	xxx	xxx	x	xx	V	A, M, T	Kaukasus
<i>Senecio inaequidens</i>	Schmalblättriges Greiskraut	–	xx	x	–	xx	L, V	M, W	S-Afrika
<i>Solidago canadensis</i>	Kanadische Goldrute	x	xxx	xxx	x	xxx	L, V, (G)	A, M, W	N-Amerika
<i>Solidago gigantea</i>	Spätblühende Goldrute	xxx	xxx	xxx	x	xxx	V	A, M, W	N-Amerika

Die Arten der **Watch-Liste** haben ein Potential, Schäden wie die Arten der Schwarzen Liste anzurichten bzw. sie verursachen in anderen Ländern bereits solche Schäden. Die Verbreitung und Auswirkungen dieser Arten sind zu beobachten, damit bei Bedarf möglichst rasch Massnahmen ergriffen werden können. Die Watch-Liste umfasst derzeit (2009) in der Schweiz die folgenden 21 Arten: *Amorpha fruticosa*, *Asclepias syriaca*, *Bassia scoparia*, *Bunias orientalis*, *Cornus sericea*, *Cyperus esculentus*, *Erigeron annuus*, *Glyceria striata*, *Helianthus tuberosus*, *Impatiens balfourii*, *Lonicera henryi*, *Lupinus polyphyllus*, *Mahonia aquifolium*, *Parthenocissus inserta*, *Paulownia tomentosa*, *Phytolacca americana*, *Phytolacca esculenta*, *Sedum spurium*, *Senecio rupestris*, *Trachycarpus fortunei* und *Viburnum rhythidiphyllum*. Mit Ausnahme von *Bassia scoparia*, *Cyperus esculentus* und *Trachycarpus fortunei* sind diese Arten im Bestimmungsbuch enthalten. Auch für die meisten Arten der Watch-Liste gibt es Informationsblätter, welche öffentlich zugänglich sind (z.B. www.cps-skew.ch, www.cjb.unige.ch, www.naturschutz.zh.ch).

Standort

Pflanzenindividuen sind nicht mobil, und sie müssen mit den an ihrem Standort herrschenden Bedingungen auskommen – oder sie gehen ein. Sie stehen deshalb in enger Wechselbeziehung zur Umwelt an ihrem Standort. Dabei wirken nicht nur die Standortfaktoren auf die Pflanzen, sondern umgekehrt beeinflussen Pflanzen auch ihren Standort. In dieser wechselseitigen Beziehung ist das Verständnis von Standorteigenschaften und ihrer Wirkung auf die Pflanzen von zentraler Bedeutung.

Über das Vorkommen von Pflanzenarten an einem Standort entscheiden v. a. zwei Dinge: ihre **physiologischen Möglichkeiten** und die **Konkurrenz anderer Pflanzen**. Unter ähnlichen Standortbedingungen kommen deshalb ähnliche Kombinationen von Pflanzenarten vor. Die vielfältige Kombination verschiedener Standorteigenschaften bewirkt eine Fülle unterschiedlicher Vegetationstypen. Die entscheidenden Faktoren sind Klima, Boden, Relief und Lebewesen.

Klima

Die mittlere Jahrestemperatur in der Schweiz beträgt auf 500 m ü.M. rund 8.5°C. Pro 100 m Höhenzunahme nimmt sie durchschnittlich

um 0.5°C ab. Der mittlere Jahresniederschlag der Schweiz beträgt etwa 1460 mm. Diese Angaben sind Jahresmittelwerte der Gesamtschweiz. Das Klima ist aber nicht in der ganzen Schweiz gleich. Es können drei Regionen mit verschiedenem Klima unterschieden werden:

- 1) **Jura, Mittelland** und die **Nordalpen** liegen im Bereich der West- bis Nordwinde und somit im Einflussbereich des Atlantiks. Hier haben wir relativ viele Niederschläge und hohe Luftfeuchtigkeit sowie einen mehr oder weniger ausgeglichenen Temperaturverlauf. Dieses Klima nennt man **atlantisches Klima** (oder auch ozeanisches Klima).
- 2) In den zentralalpinen Tälern (in der Schweiz im **Wallis** und im **Unterengadin**) haben wir geringe Niederschläge, hohe tägliche und jahreszeitliche Temperaturgegensätze und intensive Sonneneinstrahlung. Dieses Klima ist ähnlich wie im Inneren von Kontinenten (z. B. in weiten Teilen von Osteuropa und Zentralasien) und wird **kontinentales Klima** genannt.
- 3) Die Region in den Südalpen im Bereich der norditalienischen Seen (vom Gebiet westlich des Lago Maggiore bis in die Region des Gardasees) wurde von den Römern Insubrien genannt (nach dem keltischen Stamm der Insubrer), zu dieser Region gehört auch der südliche Teil des Kantons **Tessin**. Insubrien zeichnet sich aus durch sehr viele Niederschläge, gekoppelt mit sehr vielen Sonnenstunden und gelegentlich längeren Trockenperioden sowie mit relativ hoher, ausgeglichener Temperatur. Dieses Klima nennt man **insubrisches Klima**

Zwei Aspekte des Klimas an einem Standort haben direkte Auswirkungen auf die Vegetation: die **Wärmemenge** und ihre Verteilung (tages- wie jahreszeitlich) sowie die **Niederschlagsmenge** und ihre jahreszeitliche Verteilung. Dies sei an zwei Beispielen erläutert:

Torfmoose (*Sphagnum* spp.) sind jene Pflanzen, die ein Hochmoor bilden. Damit sie wachsen können, braucht es genügend Niederschläge und nicht zu tiefe Temperaturen. Deshalb gibt es im Wallis (kontinentales Klima mit wenig Niederschlag) und in der alpinen Stufe (tiefe Jahresmitteltemperaturen) kaum Hochmoore.

Die Rotbuche (*Fagus sylvatica*) ist der wichtigste Laubbaum in der Schweiz. Sie ist nördlich und südlich der Alpen (atlantisches resp. insubrisches Klima) häufig. Im kontinentalen Klima (Wallis, Unterengadin) ist die Sonneneinstrahlung grösser und somit der Wärmeeintrag am Tag höher. Die Buche würde in diesen Gegenden früher austreiben als nördlich und südlich der Alpen. Im kontinentalen Klima sind aber die Nächte kalt, und Fröste treten häufig auf. Dies

und die geringen Niederschlagsmengen erträgt die Rotbuche nicht. Deshalb kommt sie in den Zentralalpen nicht (oder zumindest nicht waldbildend) vor.

Im Tiefland sind diese unterschiedlichen Klimata ausgeprägt. Mit zunehmender Höhe über Meer werden die regionalen Unterschiede kleiner, in der alpinen Stufe (oberhalb von etwa 2000 m ü.M.) sind die klimatischen Verhältnisse überall ähnlich.

Boden

Der Boden ist das Produkt verschiedener **Prozesse**. Besonders wichtig sind die Verwitterung des Ausgangsgesteins (auch Muttergestein genannt), die Humusbildung aus organischen Bestandteilen, die Verlagerung und die Gefügebildung. Die Bodenbildung hängt von verschiedenen **Faktoren** ab: vom Gestein, vom Klima, vom Relief, von den Lebewesen und von der zur Verfügung stehenden Zeit.

In einem Boden können mehr oder weniger deutlich verschiedene Schichten, sogenannte **Horizonte**, unterschieden werden. Sie sind das Produkt der Bodenbildungsprozesse. In den einzelnen Horizonten laufen verschiedene Vorgänge ab (chemisch und/oder physikalisch). Um diese Horizonte zu protokollieren, muss der Boden bis zum Ausgangsgestein geöffnet werden; es muss ein sogenanntes **Bodenprofil** gegraben werden. An einem Bodenprofil können viele für die Pflanzen wichtige Eigenschaften beurteilt werden: Nährstoff- und Wassergehalt, Luft- und Wärmehaushalt, Anteil an steinigem Material («Skelett»), pH-Wert (auf kalkreicher Unterlage meist basisch, auf Silikatgestein meist sauer). Die Böden werden nach ihrem Aufbau und ihren Eigenschaften in verschiedene Typen klassiert, wobei in der Natur die verschiedensten Entwicklungsstadien und viele Übergänge angetroffen werden.

Relief

Die Lage im Gelände, insbesondere die Neigung und die Exposition, können einen grossen Einfluss auf die Vegetation haben. So sind z. B. steile, südexponierte Hänge einer starken Sonneneinstrahlung ausgesetzt, Nordhänge hingegen sind schattig und feucht (Abb. 1). In der alpinen Stufe mit ihren extremen klimatischen Bedingungen ist der Einfluss des Reliefs auch kleinräumig oft sehr auffallend. In Mulden (Schneetälchen) bleibt der Schnee oft mehrere Wochen länger liegen als in unmittelbar angrenzenden Flächen. Der Schnee ist ein guter Wärmeisolator, der im kalten Winter die Pflanzen in den Mul-

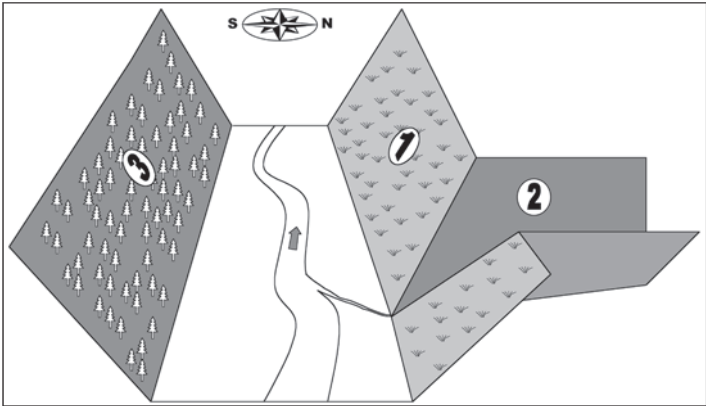


Abb. 1: Schematischer Querschnitt durch das Unterwallis mit der Rhone. Hier ist der Einfluss des Reliefs auf die Vegetation eindrücklich sichtbar:
 1: Am südexponierten Hang auf der rechten Talseite ist es sehr trocken, es wächst die Walliser Felsensteppe.
 2: In Seitentälern findet man oft feuchte Schluchtwälder.
 3: Am Nordhang auf der linken Talseite wächst Wald. K. Osterwalder, in Baltisberger M. 2009. Systematische Botanik; v/dlf Hochschulverlag.

den schützt; hier können deshalb auch frostempfindliche Pflanzen wachsen. Allerdings verkürzt der lange verbleibende Schnee hier die Vegetationszeit. Alpenrosen (*Rhododendron* spp.) müssen im Winter schneebedeckt sein, damit sie die kalte Jahreszeit überleben, sie kommen deshalb nicht auf windgefügten Kuppen vor, wo der Schnee häufig weggeblasen wird. Die hier lebenden Pflanzen sind auch im Winter oft ohne schützende Isolationsschicht des Schnees; deshalb wachsen auf Kuppen typische, frostharte Pflanzen (z. B. Alpenazalee, *Loiseleuria procumbens*).

Lebewesen

Einfluss von Tieren, Mikroorganismen und Pflanzen

Tiere haben eine grosse Bedeutung als Bestäuber (v. a. Insekten) und als Ausbreiter von Samen oder Früchten. Beweidung (Verbiss, Tritt) durch Herbivoren fördert Arten, welche vorwiegend bodennahe Blätter besitzen und sich durch eine hohe Regenerationsfähigkeit, Unempfindlichkeit gegen Tritt (wie *Lolium perenne*, *Plantago major*, *Poa annua*) oder durch spezielle Schutzvorrichtungen (z. B. Dor-

nen, Brennhaare, Giftstoffe) auszeichnen. Mikroorganismen spielen als Destruenten, Parasiten und Symbionten (z. B. Stickstoffaufnahme aus der Luft) eine grosse Rolle. Unter den Symbionten sind die Mykorrhizapilze (Ektotrophe und Endotrophe Mykorrhiza) in den Wurzeln der meisten Landpflanzen besonders wichtig.

Schliesslich wirken die Pflanzen selbst beträchtlich aufeinander (auch Individuen derselben Art!). Sie konkurrenzieren um Licht, Raum, Wasser und Nährstoffe. In der gegenseitigen Konkurrenz können sich zwei Arten ausschliessen, sie können miteinander in ein bestimmtes Gleichgewicht kommen, oder sie können sich gegenseitig ergänzen und fördern. Das natürliche Vorkommen der Waldbäume im Mittelland richtet sich weitgehend nach der Konkurrenzfähigkeit (insbesondere der Fähigkeit der Verjüngung) und nicht nach dem physiologisch möglichen oder optimalen Wachstum. Dies sieht man eindrücklich an den Vorkommen der Wald-Föhre (*Pinus sylvestris*). Sie dominiert nur unter Extremverhältnissen (sehr trocken oder sehr feucht und sauer). Unter günstigeren Bedingungen würde sie besser wachsen, aber dort wird sie durch die Laubbäume verdrängt.

Einwirkungen des Menschen

Der Mensch ist in der Schweiz mit seinen radikalen Eingriffen einer der wichtigsten, die Landschaft prägenden Standortfaktoren. Insbesondere im Tiefland, aber auch in Bergregionen bewirtschaftet er seit langer Zeit einen grossen Teil der Landfläche. Dadurch hat er völlig neue Standorte und damit auch Vegetationen geschaffen, die ohne das Zutun des Menschen gar nicht oder zumindest in der Schweiz nicht auftreten würden. Die wichtigsten durch den Menschen verursachten (= anthropogenen) Veränderungen sind die folgenden:

- Der Mensch nutzt die Wälder zur Gewinnung von Holz. Je nach Verwendungszweck fördert oder eliminiert er Arten oder pflanzt standortfremde Arten an. Im Mittelland entstanden dadurch spezielle Waldgesellschaften (z. B. der Eichen-Hagebuchenwald) oder Monokulturen (insbesondere der Fichte, *Picea abies*).
- Um Kulturlächen für Ackerbau und Viehwirtschaft zu gewinnen, hat der Mensch riesige Waldflächen gerodet. Auf all diesen ursprünglich bewaldeten Flächen gibt es nun Kulturland mit seinen spezifischen Bewirtschaftungsformen und somit auch speziellen Standortbedingungen: Äcker, Weinberge, Gärten, Wiesen, Weiden. Viele der dort bewusst geförderten oder auch als Begleitflora auftretenden Arten könnten ohne den Menschen hier nicht wachsen.

- Um den Ertrag zu erhöhen, werden viele Kulturf lächen gedüngt und bewässert. Dies fördert schnellwüchsige und konkurrenzstarke Arten. Die intensive Nutzung (insbesondere Schnitt) eliminiert zusätzlich jene Arten, die diese Behandlung nicht ertragen. Deshalb sind intensiv genutzte Kulturen relativ artenarm. Zu den am intensivsten behandelten Vegetationen gehören die Zierrasen, die wöchentlich geschnitten und häufig gedüngt und gewässert werden; hier gedeihen nur wenige Arten (z. B. *Bellis perennis*, *Veronica filiformis*). Magerwiesen und andere Vegetationen nährstoffarmer Standorte sind hingegen meist artenreich, werden aber immer seltener.
- Die Drainierung (Trockenlegung) von Feuchtgebieten ermöglicht deren intensivere Nutzung, hat aber auch zu einem drastischen Rückgang der ursprünglich weitverbreiteten Feuchtwiesen geführt. Diese sind heute stark gefährdet.
- Durch Überbauungen (Strassen, Siedlungen, Industrieanlagen) wurden grosse Flächen versiegelt (d. h. die Oberfläche ist kaum wasserdurchlässig). Dabei wurden aber auch neue Standorte geschaffen (Mauern, Ruderalstellen, Industriebrachen), in denen spezialisierte Vegetationen gedeihen (siehe z. B. Landolt E. 2001. Flora der Stadt Zürich. Birkhäuser Verlag, Basel, Boston, Berlin).
- Der Mensch beeinflusst Standorte und Vegetationen auch indirekt durch die Veränderung von Klimafaktoren oder durch Umweltverschmutzungen.

Höhenstufen

Pflanzen wachsen dort, wo sie von ihren physiologischen Möglichkeiten her wachsen können und von der Konkurrenz nicht verdrängt werden, d. h., Pflanzen einer bestimmten Art wachsen häufig an ähnlichen Standorten. Da die Temperatur mit der Höhe über Meer abnimmt, wachsen viele Arten nur in bestimmten Höhenbereichen. Dies führt zu einer offensichtlichen Gliederung der Vegetation im Höhengradienten. Die sogenannten **Höhenstufen** sind durch das regelmässige Vorkommen charakteristischer Pflanzenarten gekennzeichnet (Abb. 2). Diese Höhenstufen können nach der oberen Grenze wichtiger Waldbäume charakterisiert werden (es werden aber auch andere Definitionen der Höhenstufen angewandt). Für die Schweiz unterscheidet man die folgenden 4 Hauptstufen:

Kolline Stufe (Hügelstufe): Die obere Grenze wird durch die obere Vorkommen von Eichen (*Quercus*) gebildet.

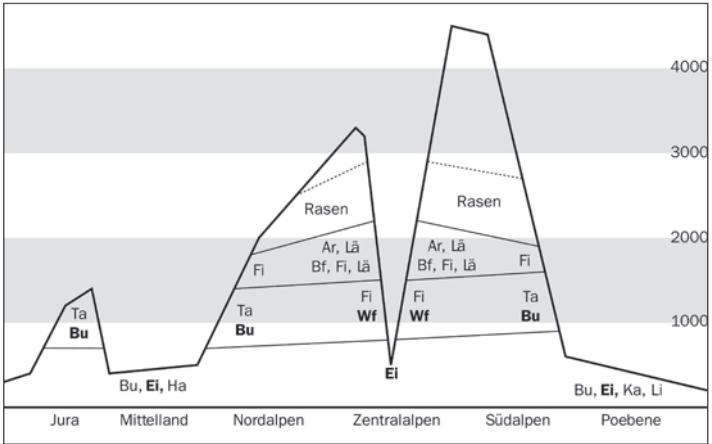


Abb. 2: Höhenstufen auf einem schematischen Querschnitt vom Jura bis in die Poebene, mit Angabe der jeweils wichtigsten Baumgattungen resp. -arten (die Definitionstaxa sind fett eingetragen). Aus Baltisberger M. 2009. Systematische Botanik; v/dlf Hochschulverlag.

Ar = Arve, Bf = Bergföhre, Bu = Buche, Ei = Eiche, Fi = Fichte, Ha = Hagebuche, Ka = Kastanie, LÄ = Lärche, Li = Linde, Ta = Tanne, Wf = Waldföhre, = Vegetationsgrenze.

Montane Stufe (Bergstufe): Die obere Grenze wird durch die oberen Vorkommen der Rotbuche (*Fagus sylvatica*; Jura, Mittelland, Nord- und Südalpen) resp. der Wald-Föhre (*Pinus sylvestris*, Zentralalpen) gebildet.

Subalpine Stufe (Gebirgsstufe): Diese Stufe geht bis zur Baumgrenze; sie wird je nach Region und Untergrund v. a. von der Fichte (*Picea abies*), der Berg-Föhre (*Pinus mugo*) oder der Lärche (*Larix decidua*) und der Arve (*Pinus cembra*) gebildet.

Alpine Stufe (Hochgebirgsstufe, Rasenstufe): Diese Stufe geht bis zur Vegetationsgrenze.

Sukzession und Dynamik

Beim Betrachten von Vegetationen mag der Eindruck entstehen, dass Vegetationen ein fixierter Zustand von Pflanzengemeinschaften sind. Dies ist aber nicht der Fall. Vegetationen sind nicht statisch, sondern eine sich verändernde Verflechtung von Organismen und abiotischen Faktoren. Sie unterliegen einer Entwicklung, wobei sich die verschie-

denen Elemente (biotische wie auch abiotische!) gegenseitig beeinflussen. Diese Dynamik von Vegetationen wird **Sukzession** genannt. Dieser Vorgang ist in Abb. 3 schematisch dargestellt: An einem neu entstandenen, unbesiedelten Standort (1; z. B. Schutthalde, Ruderalstelle, Kiesbank) setzt die Sukzession (Vegetationsentwicklung) ein, bei der eine Pioniervegetation (2) allmählich durch langsame Veränderungen in eine Schlussvegetation (4) übergeht, die sich unter den vorhandenen Standortbedingungen nicht mehr ändert. Der Vorgang gründet auf der langsamen Veränderung des Standortes durch die Vegetation. Die Pionierpflanzen (und natürlich auch die später auftretenden Pflanzen) geben durch die Wurzelatmung CO_2 in den Untergrund ab. Dies ermöglicht zusammen mit Wasser erste Verwitterungsvorgänge des Ausgangsgesteins. Die Pflanzen produzieren organisches Material, das nach dem Absterben zur Bildung von Humus beiträgt. Beide Prozesse tragen zur Bodenbildung bei. Je weiter der Boden entwickelt ist, desto dichter wird die Pflanzendecke; dies hat einen wesentlichen Einfluss auf den Standort, denn dadurch wird Wasser besser im Standort zurückgehalten. Grosse Pflanzen (und insbesondere Bäume) verändern das Lokalklima durch Beschattung und Beeinflussung der Windverhältnisse, am Standort wird es ausgeglichener und kühler. Diese Veränderungen gehen vor sich, ohne dass

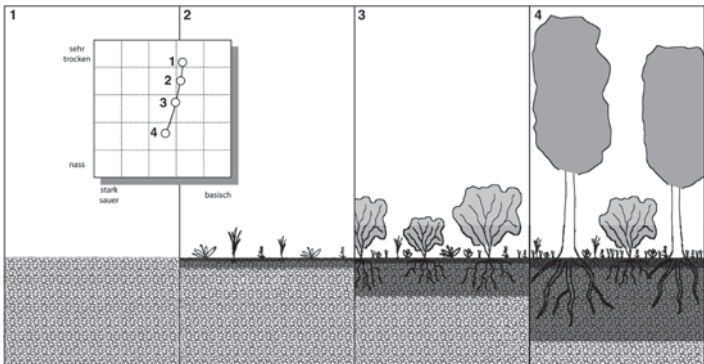


Abb. 3: Sukzession (schematisch dargestellt) von einem entstandenem, vegetationslosen Pionierstandort (1) über Pioniervegetation (2) und Übergangsvegetation (3) zu einer Schlussvegetation (4). Bodenbildung und Vegetationsentwicklung verlaufen parallel, dies verändert den Standort. Eingefügtes Ökogramm: Durch die Bodenbildung nimmt die Bodenmächtigkeit zu, deshalb wird die Wasserversorgung günstiger; durch die Auswaschung von Basen sinkt der pH-Wert des Bodens. K. Osterwalder, in Baltisberger M. 2009. Systematische Botanik; v/dlf Hochschulverlag.

sich die grossregionalen Faktoren (z. B. Klima) ändern. Die Schlussvegetation steht in einem biologischen Gleichgewicht, das durch die Standortfaktoren und die Schlussvegetation selbst bestimmt wird. Die Schlussvegetation wird nicht immer erreicht, da an vielen Orten Einflüsse wirken, die die Sukzession stoppen oder in eine andere Richtung lenken. Meistens ist der Grund der Mensch.

Um Vegetationsdynamiken und Sukzessionen zu verstehen und vorherzusagen, braucht es Kenntnisse von Klima und Boden sowie Vegetationen und deren Standortansprüchen. Erst dann lassen sich Hypothesen aufstellen über die Entwicklung eines Standortes sowie die Auswirkungen von Veränderungen (i. d. R. menschliches Eingreifen). Solche Kenntnisse sind Voraussetzung für die Planung vieler Massnahmen in der Natur. So setzt z. B. eine standortgerechte Bewirtschaftung eines Waldes voraus, dass man die potenzielle, natürliche Vegetation des entsprechenden Standortes mit ihren Arten kennt. Nur dann können die entsprechenden Baumarten gefördert oder erst (wieder) gepflanzt und der Wald entsprechend gepflegt werden. Für Naturschutzgebiete werden Pflegepläne entworfen, die auf den Kenntnissen von Dynamik und Sukzession beruhen. Mit geeigneten Massnahmen können Entwicklungen der Sukzession beschleunigt, gestoppt oder rückgängig gemacht werden. So werden Baggerschlitze ausgehoben, um Pflanzen und Tiere von Pionierstandorten zu fördern, oder Riedwiesen werden geschnitten, um die Verbuschung und Bewaldung zu verhindern.

Anpassungen von Pflanzen

Die engen Wechselbeziehungen zwischen Pflanzen und Umwelt bewirken, dass nur jene Pflanzen an einem bestimmten Standort wachsen können, die an diesen Standort angepasste Eigenschaften aufweisen. Dies gilt z. B. für Arten der Buchenwälder gleichermassen wie für Schwimmblattpflanzen der Seeufer. Je extremer die Bedingungen an einem Standort sind, desto auffallender sind i. d. R. die Anpassungen. Deshalb sollen die Anpassungen von Pflanzen am Beispiel von 2 Extremstandorten erläutert werden.

Steppenpflanzen der Walliser Felsensteppe

Steppenpflanzen sind angepasst an Standorte mit kleiner Wasserverfügbarkeit und hoher Verdunstung. Die Pflanzen müssen deshalb möglichst viel Wasser aufnehmen, möglichst wenig Wasser abgeben

und sparsam sein im Verbrauch. Die Wasseraufnahme wird verbessert durch ein grosses Wurzelwerk, das sowohl eine grosse Oberfläche aufweist als auch ein grösseres Bodenvolumen erschliesst. Dicke Organe (z. B. Blätter) dienen als Wasserspeicher. Um die Verdunstung zu reduzieren, können die Blätter entsprechend gestaltet sein. Die Verkleinerung der Blattfläche reduziert die Verdunstungsfläche, z. B. bei borstenförmigen (*Festuca valesiaca*, *Stipa pennata*), nadelförmigen (*Juniperus communis*) oder schuppenförmigen Blättern (*Juniperus sabina*). Mit einer Wachsschicht überzogene Blätter geben kaum Wasser ab (z. B. Arten der Gattungen *Sedum* und *Sempervivum*). Durch Behaarung wird der Wasserverlust bei der Transpiration (Mikroklima an der Blattoberfläche) möglichst niedrig gehalten (*Artemisia absinthium*). Eine physiologische Anpassung zeigen die CAM-Pflanzen (Crassulacean Acid Metabolism): Sie nehmen nachts über die Spaltöffnungen CO_2 auf und verdunsten dabei wegen der tieferen Nachttemperatur wenig Wasser. Das CO_2 wird in den Zellen als organische Säure (meist Malat) „zwischenlagert“. Am Tag, wenn die Sonne scheint, wird das im Malat gebundene CO_2 in der Pflanze wieder freigesetzt und im Calvin-Zyklus verwertet, dabei bleiben die Spaltöffnungen geschlossen. Die Assimilation über den Umweg der sogenannten CO_2 -Vorfixierung verbraucht wesentlich mehr Energie. Der ökologische Vorteil des CAM (Verschieben der CO_2 -Aufnahme vom heissen Tag in die kühle Nacht) muss also teuer erkaufte werden.

Anpassungen der Pflanzen in den Alpen

In den Alpen herrschen besondere, harte Lebensbedingungen. Um dort überhaupt überleben zu können, haben Pflanzen verschiedene Strategien entwickelt.

Alpenpflanzen sind einer wesentlich grösseren Austrocknungsgefahr ausgesetzt als Tieflandpflanzen (ausgenommen Steppenpflanzen). In den Alpen herrscht meist eine hohe Lufttrockenheit, zudem blasen oft starke, austrocknende Winde, beides bewirkt eine erhöhte Verdunstung. Die Bodenmächtigkeit ist meist gering, es kann deshalb nur wenig Wasser gespeichert werden. Oft sind die Böden auch während der Vegetationszeit über Nacht oder sogar während des Morgens gefroren, so dass überhaupt kein (flüssiges) Wasser zur Verfügung steht. Dies alles bedeutet für Pflanzen, dass sie grosse Probleme bezüglich ihres Wasserhaushaltes haben (Wasseraufnahme, Verdunstung). Neben der Austrocknungsgefahr sind die generell tieferen Temperaturen ein sehr wichtiger Standortfaktor in den Alpen. Einige mögliche Anpassungen der Pflanzen sind im Folgenden angeführt.

Zwergwuchs

Die Windgeschwindigkeit und damit auch die Verdunstung ist direkt über dem Boden am kleinsten. Zudem ermöglicht der niedere Wuchs eine optimale Ausnützung der Bodenwärme und garantiert im Winter einen besseren Schutz durch die isolierende Schneedecke. Beispiele von Zwergwuchsformen sind Polster (z.B. *Androsace helvetica*, *Carex firma*, *Minuartia sedoides*, *Silene acaulis*), Rosetten (Arten aus verschiedenen Gattungen, z.B. *Androsace*, *Gentiana*, *Saxifraga*), niedere Horste (z.B. *Carex curvula*, *Nardus stricta*) und Spaliere (verholzte Stengel flach über die Unterlage [Boden, Felsen] kriechend, Blätter oft dem Boden anliegend, z.B. *Dryas octopetala*, *Loiseleuria procumbens*, *Salix reticulata*, *Salix retusa*, *Saxifraga oppositifolia*).

Behaarung

Dichte Behaarung umgibt das Blatt mit einer windstillen Luftschicht, in der eine hohe Luftfeuchtigkeit die Verdunstung herabsetzt. Zudem hält sie einen Teil der schädlichen UV-Strahlen ab. Das meiste Wasser entweicht durch die Spaltöffnungen, die sich im allgemeinen auf der Blattunterseite befinden. Deshalb bleibt die Behaarung oft auf die Unterseite beschränkt. Beispiele von Arten mit dichter Behaarung sind: *Antennaria dioica*, *Dryas octopetala* (Behaarung nur unterseits), *Leontopodium alpinum*.

Blattmorphologie

Anpassungen der Blätter bezüglich Oberfläche und Stabilität können die Verdunstung reduzieren oder Schäden durch Wasserverlust (Welken) begrenzen, z.B. Lederblätter mit dicker Cuticula (bei mehreren *Ericaceae* wie z.B. *Arctostaphylos uva-ursi*, *Vaccinium vitis-idaea*), Rollblätter (seitliche Ränder nach unten eingerollt, z.B. *Empetrum hermaphroditum*, *Loiseleuria procumbens*), borstenförmige Blätter (z.B. bei vielen *Poaceae* wie *Nardus stricta*) oder Sukkulenz (Fettblättrigkeit, einige *Saxifraga*-Arten sowie Arten der Gattungen *Sedum* und *Sempervivum*).

Grosses Wurzelsystem

Je ausgedehnter das Wurzelsystem, desto besser die Wasser- und Nährstoffaufnahme. Zudem dienen die Wurzeln und unterirdischen Stengelteile auch als Reservespeicher und geben der Pflanze einen besseren Halt im Boden. Ein grosses Wurzelsystem ist besonders wichtig für Alpenpflanzen, die im beweglichen Felschutt gedeihen, denn dies ermöglicht eine Festigung des Standortes sowie ein tiefes

Eindringen in den Schutt. Beispiele sind *Oxyria digyna*, *Linaria alpina*, *Ranunculus glacialis* oder *Thlaspi rotundifolium*.

Temperaturtoleranz

Alpine Pflanzen sind relativ unempfindlich gegenüber Frost und zeigen oft noch bei Temperaturen unter 0°C ein Wachstum (im Gegensatz dazu haben tropische und subtropische Pflanzen wie die Melone oder die Dattelpalme minimale Wachstumstemperaturen von 15–18°C). Aber auch hohe Temperaturen, bewirkt durch eine intensive Einstrahlung, werden von den Alpenpflanzen meist gut ertragen.

Anpassungen an die kurze Vegetationszeit

Alpenpflanzen haben oft eine sehr kurze Vegetationsperiode (in Mulden [Schneetälchen] kaum zwei Monate). Sie sind deshalb darauf angewiesen, im Bergfrühling möglichst schnell zu wachsen und zu blühen. Die meisten Alpenpflanzen haben überwinterte Blätter, so dass sie nach der Schneeschmelze sofort mit der Assimilation beginnen können. Für die sexuelle Fortpflanzung sind sie auf eine möglichst rasche Bestäubung durch Insekten angewiesen. Deshalb legen viele Alpenpflanzen ihre Blütenknospen bereits im Spätsommer an; so können sie im Bergfrühling sehr rasch ihre Blüten entfalten und die zur Verfügung stehende Zeit optimal nutzen. Die Insekten werden durch grosse, farbige Blüten (häufig rot oder blau) angelockt. Zusätzlich duften die Blüten oft stark und sind mit reichlich Nektar ausgestattet. Neben Fremdbestäubung durch Insekten kommen bei Alpenpflanzen aber auch oft Selbstbestäubung und vegetative Vermehrung vor.

Für die Bestimmung wichtige Merkmale an Pflanzen

Blüten

Die Blüten enthalten die für die Systematik wichtigsten Merkmale. In den Blüten befinden sich die Fortpflanzungsorgane, die meist von einer Blütenhülle umgeben sind. Wenn die Blätter der Blütenhülle alle gleich aussehen, wird sie als einfache Blütenhülle oder **Perigon** bezeichnet; die einzelnen Blütenhüllblätter werden Perigonblätter (Tepalen) genannt. Sind die Blätter der äusseren Blütenhülle (meist grün) verschieden von denjenigen der inneren Hülle (meist bunt gefärbt), so nennt man dies eine doppelte Blütenhülle; die äussere Hülle wird als **Kelch** (Calyx), ihre Blätter als Kelchblätter (Sepalen),

die innere Hülle als **Krone** (Corolla) und ihre Blätter als Kronblätter (Petalen) bezeichnet. Für die Systematik ist es meist nicht von Bedeutung, ob die Kelchblätter frei oder verwachsen sind, hingegen ist es wichtig, ob die Kronblätter frei (choripetal) oder miteinander verwachsen (sympetal) sind. Können bezüglich der Blütenhülle mehrere Symmetrieebenen durch die Blütenlängsachse gelegt werden, spricht man von einer radiärsymmetrischen (aktinomorphen) Blüte. Blüten mit nur einer (meist senkrechten) Symmetrieebene nennt man monosymmetrisch (zygomorph).

Wenn die Blütenorgane bei ursprünglichen Familien in grosser und unbestimmter Anzahl in den Blüten enthalten sind, ist ihre Anordnung meist spirilig (z. B. *Ranunculaceae*). Sind sie aber in kleiner und dann meist fixierter Zahl vorhanden, werden sie in der Regel in alternierenden Kreisen angelegt: Die Kelchblätter bilden einen äussersten Kreis; die Kronblätter stehen in einem nächsten Kreis jeweils zwischen den Kelchblättern; in einem weiteren Kreis stehen Staubblätter, jeweils zwischen den Kron- resp. vor den Kelchblättern, etc. Diese Regel des Alternierens, die durch Ausfall oder Einschub eines Kreises auch durchbrochen werden kann, nennt man Alternanzregel.

Staubblätter

Die Gesamtheit der Staubblätter einer Blüte nennt man Androeceum. Ursprüngliche Arten haben viele Staubblätter pro Blüte, während abgeleitete Arten oft wenige Staubblätter aufweisen. Ein typisches Angiospermen-Staubblatt (Abb. 4) besteht aus dem Staubfaden (Filament) und dem im oberen Teil des Fadens angeordneten Staubbeutel (Anthere). Im Staubbeutel werden die Pollenkörner gebildet. Der reife Pollen wird meist durch Aufreissen des Beutels freigesetzt, doch gibt es auch Pflanzen, die besondere Öffnungsmechanismen aufweisen (z. B. *Berberis vulgaris* mit Klappen oder *Ericales* mit Poren).

Fruchtblätter und Samenanlagen

Die Fruchtblätter (Karpelle) tragen die Samenanlagen. Bei den *Gymnospermae* sind Samenanlagen und Samen nicht bedeckt, dieses systematisch wichtige Merkmal gibt dieser Gruppe den deutschen Namen „Nacktsamige Blütenpflanzen“. Bei den *Angiospermae* umschliessen die Fruchtblätter die Samenanlagen und später die Samen, diese sind also bedeckt, deswegen nennt man diese Gruppe auf deutsch „Bedecktsamige Blütenpflanzen“. Die Gesamtheit der Fruchtblätter (inkl. Samenanlagen) einer Blüte bezeichnet man als Gynoeceum.

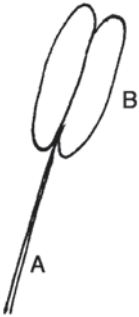


Abb. 4: Typisches Angiospermen-Staubblatt.
A: Filament (Staubfaden). B: Anthere (Staubbeutel).

Die morphologische Einheit ist der Fruchtknoten. Dieser kann aus einem einzelnen Fruchtblatt oder aus mehreren, verwachsenen Fruchtblättern bestehen. Er kann ein- oder mehrsamig sein. In einer Blüte sind ein bis viele Fruchtknoten vorhanden. Sind in einer Blüte mehrere, nicht verwachsene Fruchtknoten vorhanden, bestehen diese meist aus je einem Fruchtblatt; dann nennt man das Gynoeceum choricarp (apokarp). Sind die Fruchtblätter aber verwachsen und bilden einen gemeinsamen Fruchtknoten, bezeichnet man das Gynoeceum als synkarp. Choricarpe Fruchtblätter sind einfächerig, synkarpe bilden einen ein- bis mehrfächerigen Fruchtknoten.

Für die Systematik ist die Stellung des Fruchtknotens in Bezug auf die Blütenhülle sehr wichtig (Abb. 5). Wenn sich der Fruchtknoten oberhalb der Anwachsstelle der Blütenhülle befindet, nennt man den Fruchtknoten oberständig. Ist der Fruchtknoten aber unterhalb der

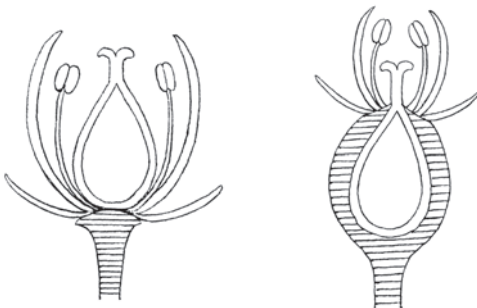


Abb. 5: Stellung des Fruchtknotens. Links: Oberständig. Rechts: Unterständig. Aus Baltisberger M. 2009. Systematische Botanik; v/dlf Hochschulverlag.

Anwachsstelle der Blütenhülle, nennt man ihn unterständig. Die seltenen Übergangsformen werden mittelständig oder halbunterständig genannt.

Bestäubung und Befruchtung

Der Pollen wird meist durch Insekten, aber auch durch andere Tiere (z. B. Vögel, Fledermäuse), durch Wind oder Wasser auf die Narbe übertragen. Da bei den *Angiospermae* die Samenanlage von einem Fruchtblatt bedeckt ist, muss das Fruchtblatt eine Einrichtung zur Aufnahme der Pollenkörner ausbilden, dies ist die Narbe. Wenn die Narbe vom Fruchtblatt abgehoben ist, nennt man die Verbindung zwischen Narbe und Fruchtblatt Griffel. Der Pollen wird auf die Narben übertragen. Auf den Narben keimen die Pollenkörner und bilden einen Pollenschlauch, der durch die Gewebe von Narbe, Griffel und Fruchtknoten zur Samenanlage wächst.

Samenbildung und Früchte

Aus der befruchteten Eizelle (Zygote) entwickelt sich der Embryo. Die Integumente der Samenanlage umhüllen den Embryo samt Nährgewebe und werden zur Samenschale. Aus den Fruchtblättern entwickeln sich die Früchte, welche die Samen enthalten. In der Fruchtwand lassen sich meist 3 Gewebeschichten unterscheiden (Exo-, Meso-, Endokarp). Je nach Aufbau der Früchte (Ausbildung und Struktur der einzelnen Gewebeschichten) und Beteiligung von anderen Geweben kann man verschiedene Fruchttypen unterscheiden.

Eine Frucht entsteht aus **einem** Fruchtknoten, der aus einem Fruchtblatt oder aus mehreren, verwachsenen Fruchtblättern besteht. Sind mehrere freie Fruchtknoten in einer Blüte, entwickeln sich daraus auch mehrere Früchte. Von Sammelfrüchten spricht man, wenn mehrere Einzelfrüchte einer Blüte verklebt (z. B. *Rubus idaeus*, Himbeere) oder über andere Gewebeteile (z. B. Blütenboden bei *Fragaria*, Erdbeere) miteinander verbunden sind. Wenn neben dem Fruchtknoten noch andere Blütenteile (meist Blütenboden) an der Fruchtbildung beteiligt sind, spricht man von Scheinfrüchten (z. B. *Pyrus malus*, Apfel, oder *Fragaria*, Erdbeere). Ein Fruchtverband liegt dann vor, wenn Früchte mehrerer Blüten miteinander verbunden sind (z. B. *Ficus carica*, Feige, oder bei der Ananas).

Früchte können auf sehr unterschiedliche Art und Weise gruppiert werden. Eine praktische Einteilung basiert auf der Unterscheidung von fleischigen (oft saftigen) und trockenen Früchten. Ein anderer wichtiger Aspekt ist die Ausbreitungseinheit (Frucht, Teilfrucht oder Same); mit den Begriffen „Schliessfrucht“, „Streufrucht“ und „Zer-

fallfrucht“ werden die verschiedenen Fruchttypen entsprechend ihrer Ausbreitungsstrategie gruppiert. Folgende Fruchttypen können aufgrund dieser Kriterien unterschieden werden:

Schliessfrucht: Die Samen verbleiben auch zur Zeit der Fruchtreife in der Frucht eingeschlossen, Ausbreitungseinheit ist also die **Frucht**.

Beerenfrucht: Meist mehrsamige Schliessfrucht mit fleischiger Fruchtwand; das Exokarp ist häutig, Meso- und Endokarp sind fleischig (z. B. *Atropa*, *Vaccinium*)

Nussfrucht: Trockene, meist 1samige Schliessfrucht mit harter Schale; Exo-, Meso- und Endokarp sind trocken und hart, z. T. verholzt (z. B. *Corylus*, *Ranunculus*)

Achäne: Nussfrucht aus einem unterständigen Fruchtknoten, bei der Fruchtwand und Samenschale miteinander verklebt oder sogar verwachsen sind (z. B. *Asteraceae*)

Karyopse: Nussfrucht aus einem oberständigen Fruchtknoten, bei dem Fruchtwand und Samenschale miteinander verklebt oder sogar verwachsen sind (z. B. *Poaceae*)

Steinfrucht: Meist 1samige, fleischige Schliessfrucht aus 1 Fruchtblatt; das Exokarp ist häutig, das Mesokarp fleischig, das Endokarp jedoch ist verholzt und bildet einen Stein (z. B. *Prunus*)

Streufrucht: Zur Zeit der Fruchtreife werden die Samen freigegeben, Ausbreitungseinheiten sind deshalb die **Samen**.

Balgfrucht: Trockene, mehrsamige Streufrucht aus einem oberständigen Fruchtknoten, der aus 1 Fruchtblatt besteht; eine Balgfrucht hat keine Scheidewand und öffnet sich nur an der Verwachsungslinie (z. B. *Aconitum*, *Delphinium*, *Helleborus*, *Trollius*)

Hülsenfrucht: Trockene, meist mehrsamige Streufrucht aus einem oberständigen Fruchtknoten, der aus 1 Fruchtblatt besteht; eine Hülsenfrucht hat keine Scheidewand und öffnet sich an Verwachsungs- und Faltungslinie (die meisten *Fabaceae*)

Schotenfrucht: Trockene, mehrsamige Streufrucht aus einem oberständigen Fruchtknoten, der aus 2 Fruchtblättern besteht; eine Schotenfrucht hat eine Scheidewand und öffnet sich an den beiden Verwachsungslinien (die meisten *Brassicaceae*)

Kapselfrucht: Trockene, mehrsamige Streufrucht aus mehreren, verwachsenen Fruchtblättern (z. B. *Campanulaceae*, *Caryophyllaceae*, *Papaveraceae*, *Scrophulariaceae*)

Zerfallfrucht: Die reife Frucht zerfällt in (meist 1samige) Teilfrüchte, Ausbreitungseinheit ist deshalb eine **Teilfrucht** (z. B. *Acer*, *Apiaceae*, *Hippocrepis*, *Malva*)

Vegetative Merkmale

Für die systematische Einteilung in höhere Einheiten (Klassen, Ordnungen, meist auch Familien) sind vegetative Merkmale weniger wichtig. Eine Ausnahme bildet die Einordnung in die zwei Klassen der *Angiospermae*, die auf der Zahl der Keimblätter (1 oder 2) basiert. Vegetative Merkmale sind oft gut zu sehen, deshalb sind sie auch oft leicht zugänglich.

Keimblätter: *Angiospermae* weisen 1 oder 2 Keimblätter (Cotyledonen) auf. Die Zahl der Keimblätter ist das Basismerkmal und auch das namengebende Merkmal der zwei Klassen der *Angiospermae*: die *Dicotyledoneae* (Zweikeimblättrige inkl. basale Ordnungen) und die *Monocotyledoneae* (Einkeimblättrige).

Unterirdische Merkmale: Unterirdische Organe dienen primär der Verankerung und der Wasser- und Nährstoffaufnahme. Sie können aber auch der Reservestoff- oder Wasserspeicherung sowie der vegetativen Ausbreitung dienen. Für gewisse Gruppen umfassen die unterirdischen Organe wichtige Merkmale. Dabei werden verschiedene Organtypen sowie ihre jeweilige Ausbildung unterschieden: Wurzeln, Rhizome (unterirdische Sprossachsen), Knollen (Verdickungen von Wurzeln [Wurzelknollen, z. B. *Daucus carota*, Möhre, Karotte] oder Spross [Sprossknollen, z. B. *Solanum tuberosum*, Kartoffel]), Zwiebeln (verdickte Sprossachse mit fleischigen, nichtgrünen Niederblättern), Ausläufer (unter-, aber auch oberirdisch; wurzel-, rhizom- oder sprossbürtig).

Sprossachse: Die Sprossachse ist das tragende Organ der Pflanze. An ihr sitzen in der Regel Blätter und Blüten, und in ihr werden in Leitbündeln Wasser, Mineralsalze und Assimilate transportiert. Die Sprossachse kann 1jährig bis ausdauernd sein. Einjährige Sprosse sind nie verholzt, wenigjährige meist ebenfalls nicht, mehrjährige Sprosse hingegen können verholzen und ein sekundäres Dickenwachstum aufweisen. Neben der Gerüst- und Leitfunktion können Sprosse auch der Reservestoff- und Wasserspeicherung sowie der Assimilation dienen.

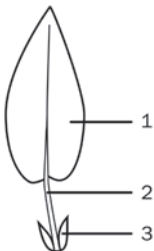


Abb. 6: Blatt (schematisch).

1: Blattspreite.

2: Blattstiel.

3: Nebenblätter.

Aus Baltisberger M. 2009.

Systematische Botanik; v/dlf Hochschulverlag.