

Spezielle Geobotanik, Seminar WS 2006/2007

Andreas Gohlke, Gerald Jurasinski
Dienstags, 11:00 - 13:00, GEO II, S21



Gesammelte Seminarbeiträge

21.11.2006	Tobias Schenk Buchen- und Buchenmischwälder (mit Berücksichtigung weiterer Waldtypen)	1
	Martin Friedel Auen und Bruchwälder (mit Berücksichtigung von Schlagfluren und Waldmänteln)	27
28.11.2006	Tina Astor Ruderal- und Segetalvegetation (mit Berücksichtigung von Ackerrandstreifen)	41
05.12.2006	Lioba Palenberg Stillwasserverlandung und Niedermoore	65
	Vroni Burgmayer Hochmoore (mit Berücksichtigung von Klimawandel und Kohlenstoffspeicherung)	87
12.12.2006	Katharina Leiber Seemarschen und Salzstellen (inklusive Binnensalzstellen)	111
	Christine Mahler Silikatrasen und Dünen (mit Berücksichtigung von Kiefernwäldern auf silikatischen Standorten)	129
19.12.2006	Carolin Stöhr Subalpine Vegetation (mit Berücksichtigung montaner Nadelwälder)	145
	Nadja Danner Alpine Rasen und Schneeböden (mit Berücksichtigung von Verschiebung aufgrund Globaler Erwärmung)	161
	Stefanie Nadler Fels(spalten)- und Schuttvegetation (mit Berücksichtigung rezenter Veränderungen bei bestimmenden Vektoren)	181

Seminar Spezielle Geobotanik WS 06/07



Buchen- und Buchenmischwälder

Tobias Schenk

Bayreuth, 21.11.06

Inhalt

0.	Einleitung	1
1.	Ökologie der Buchen- und Buchenmischwälder	2
1.1.	Allgemeine Informationen zu Laub- und Laubmischwälder	3
1.2.	Ausgewählte Arten	7
1.2.1.	Die Rotbuche (<i>Fagus sylvatica</i> L.)	7
1.2.2.	Die Hainbuche (<i>Carpinus betulus</i> L.)	7
1.3.	Buchen- und Buchenmischwälder	8
1.3.1.	Buchenwaldartige Edellaubwälder Mitteleuropas (Fagion <i>sylvaticae</i>)	8
1.3.2.	Buchen- und Buchen-Tannen-Mischwälder (Fagion <i>sylvaticae</i> Luquet 26)	9
2.	Pflanzensoziologische Einordnung nach Oberndorfer	13
2.1.1.	Ordnung: PRUNETALIA SPINOSAE	13
2.1.2.	Ordnung: QUERCETALIA ROBORI-PETRAEAE	13
2.1.3.	Ordnung: QUERCETALIA PUBESCENTI-PETRAEAE	14
2.1.4.	Ordnung: FAGETALIA SYLVATICAE	14
2.1.4.1.	Verbände	15
2.1.4.2.	Unterverbände	16
3.	Verbreitung	17
4.	Gefährdung und Schutzmaßnahmen (allgemein)	21
4.1.	Gefährdung im Speziellen	21
5.	Wissenschaftliche Artikel	25
6.	Literatur	26

0. Einleitung

Wälder nahmen ursprünglich im Gebiet des heutigen Deutschlands einen Großteil der Fläche ein. Im Mittelalter gab es dann einen Einbruch der Waldbestände. Dieser Zusammenhang beruht hauptsächlich auf zwei Tatsachen. Zum Einen wurde immer mehr Ackerfläche, die in mittelalterlicher Zeit beispielsweise als Almendfläche oder als Niederwaldwirtschaft genutzt wurde, für viele Menschen benötigt und zum Anderen brauchten die Kokereien viel Holz zur Eisenverhüttung. Hungersnöte und Flutkatastrophen führten auf Grund der Pest bzw. der Rodung von Wäldern in der 1. Hälfte des 14. Jahrhunderts zu einer drastischen Reduzierung der Bevölkerung und somit wieder zu einer Zunahme des Waldbestandes. Der Verlauf der Oberflächenbedeckung durch Wald im Gebiet Deutschlands ist für die letzten 2000 Jahre in Abb. 1 dargestellt.

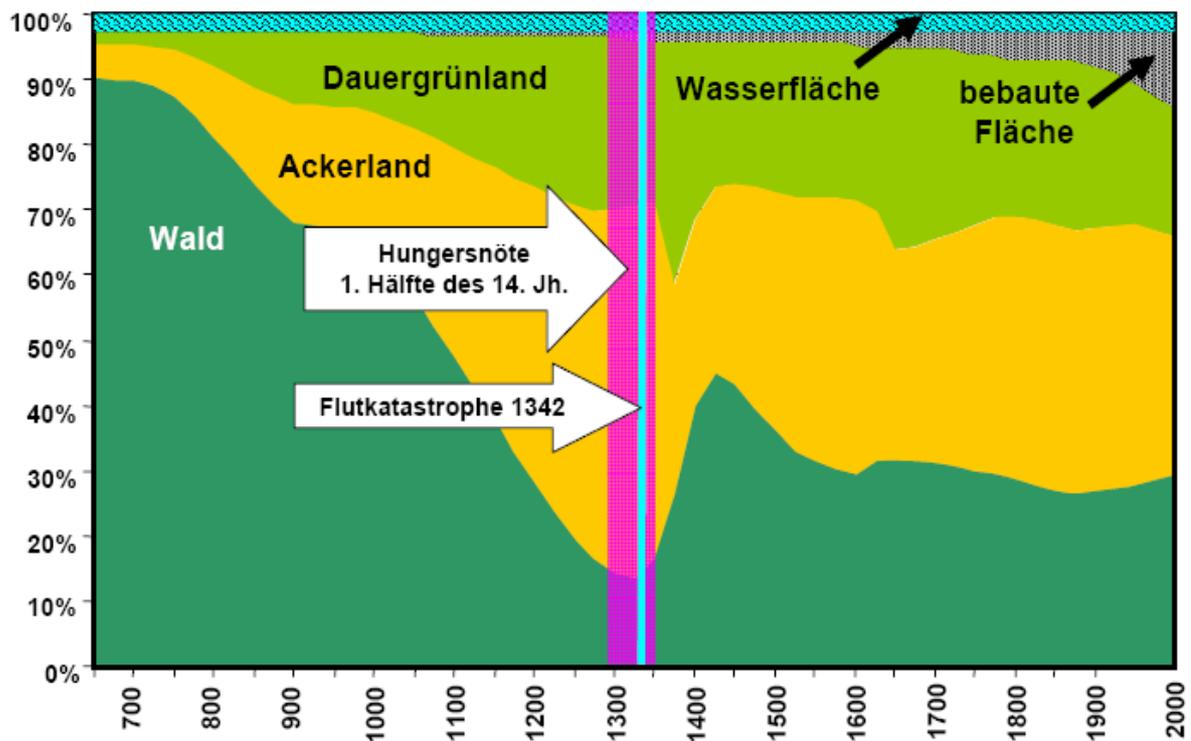


Abb. 1: Landschaftsentwicklung Deutschlands bezüglich der Flächenbedeckung durch Wald, nach Bork et al. 1998, Stat. Bundesamt 2003

Generell lässt sich sagen, dass insgesamt die Verbreitung der Waldbestände seit neolithischer Zeit in ganz Europa stark zurückgegangen ist. Nur auf Standorten die für land- und forstwirtschaftliche Nutzung wenig geeignet sind ist heutzutage wieder eine gewisse Renaturierung der Wälder zu beobachten (BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN 2006). Durch intensive Forstwirtschaft wurden die Laubwaldbestände auf vielen Standorten durch Fichten oder andere Nadelhölzer ersetzt, da diese schneller wachsen und einen höheren Ertrag erzielen. Diese Arbeit befasst sich mit den wenigen erhaltenen naturnahen Beständen der Misch- und Laubwälder. Da die Rotbuche (*Fagus sylvatica*) ohne anthropogene Eingriffe die dominierende Art in unseren mitteleuropäischen Wäldern wäre, möchte ich auf sie im besonderen eingehen. Dabei greife ich bei der Nomenklatur der Vegetationseinheiten auf OBERDORFER 1996 und bei der Nomenklatur der Arten auf Rothmaler 2005 zurück.

1. Ökologie der Buchen- und Buchenmischwälder

Die Rotbuche (*Fagus sylvatica* L.) ist die einzige europäische Laubbaumart, die prozentual eine bedeutende Waldfläche einnimmt (ELLENBERG 1996). Sie ist eine atlantisch bis subatlantisch angepasste Art, die ein ausgewogenes Wasserangebot und relativ hohe Luftfeuchte benötigt. Extreme Winterkälte und Staunässe sind für die Rotbuche limitierend, während ihre Anspruchslosigkeit bezüglich des Nährstoffangebots ein edaphisch weites Spektrum von basischen bis sauren Böden als Standort ermöglicht.

F. sylvatica ist sehr schattentolerant, so dass ihre eigenen Sämlinge trotz des geschlossenen Kronendaches in Buchenbeständen keimen können und überlebensfähig sind, während lichtliebende Arten verdrängt werden, siehe Abb. 2. Durch die Konkurrenzstärke entspricht das ökologische Optimum der physiologischen Amplitude der Buche.

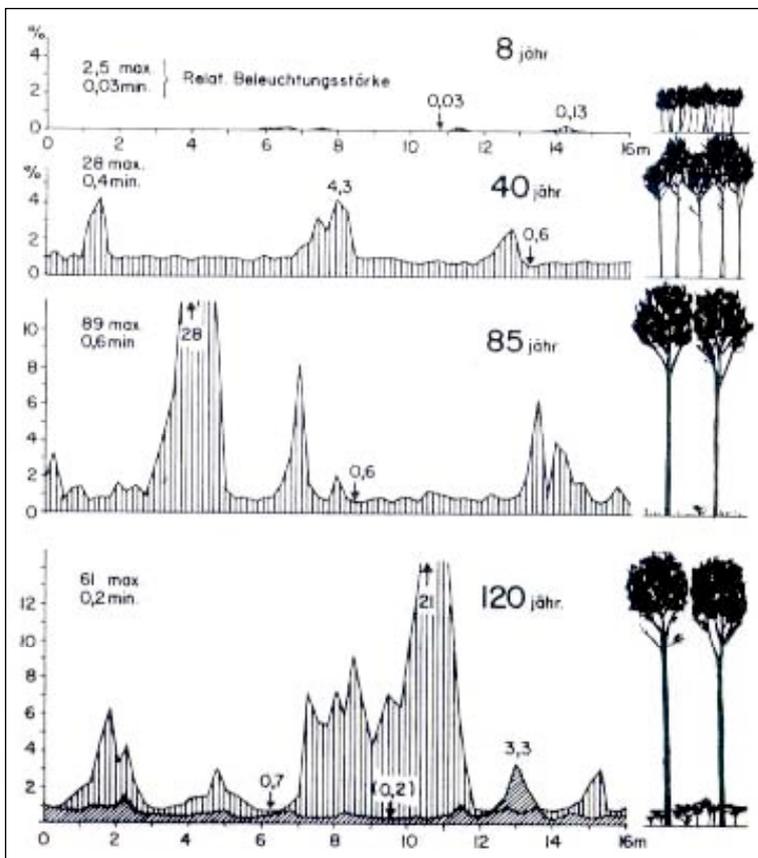


Abb. 2: Verteilung der relativen Beleuchtungsstärke (Prozentwerte!) am Boden einer 7-8 m hohen Buchen-Dickung, eines Stangenholzes, eines Baumholzes und eines Altholzes.

Messungen an einem wolkenlosen Mittag in Abständen von 20 cm längs einer westöstlichen Linie von 16 m Länge, Anfang September 1960. Schräg schraffiert = unter der Buchen-Verjüngungsaus, nach Ellenberg (1996)

Die Streu von *F. sylvatica* wird für einen Laubbaum nur langsam abgebaut. Daraus resultiert ein C/N-Verhältnis von über 50 mit einem pH-Wert von ca. 4,5, was dazu führt, dass die Streu erst nach zwei bis drei Jahren vollständig zersetzt wird. Dies beeinflusst viele kleinere Pflanzen zusätzlich, da sie nicht nur Saisonal durch Laub bedeckt sind.

Die Rotbuche hat darüber hinaus einen großen Einfluss auf den Boden und dessen Nährstoffhaushalt. Ihr Wurzelsystem bildet sog. Herzwurzeln aus und hat dadurch auf den Boden eine lockernde Wirkung. Durch die glatte Rinde der Buche und ihr trichterförmiges Kronendach entsteht bei Niederschlag ein sehr hoher Stammabfluss, was zu einer lokalen

Wasseranreicherung und Nährstoffverschiebung um den Stamm führt. Zusätzlich wirkt die breite Krone als „Windfang“ für Mischwälder und beugt einem Bruch des Bestandes vor.

1.1. Allgemeine Informationen zu Laub- und Laubmischwäldern

Die Waldgesellschaften Mitteleuropas sind noch relativ jung, da sie während der Eiszeiten weitestgehend verdrängt wurden. Der Anteil der Phanerophyten (Bäume) und Nanophanerophyten (Sträucher) macht weniger als 7% der Florenliste Mitteleuropas aus. Dies lässt vermuten, dass andere Lebensformtypen als hochwüchsige verholzende Pflanzen die Eiszeiten besser überdauern konnten. Die Rotbuche (*Fagus sylvatica* L.) wanderte, vermutlich durch Zoochorie, erst vor etwa 3000-4000 Jahren aus dem Süden in unsere Breiten. Sie erlangte jedoch durch ihre Schattentoleranz und ihr langzeitiges Wachstum eine dominierende Rolle (ELLENBERG 1996).

Im Folgenden möchte ich erst etwas allgemeiner auf andere Wälder bzw. Bäume eingehen. Alle genannten Laubmischwälder gehören der Klasse Querco-Fagetea (Europäische Fallaubwälder = sommergrüne Laubwälder Europas ohne Nasswälder) an. Aus Abb. 3 ist ihre zonale Verbreitung ersichtlich.

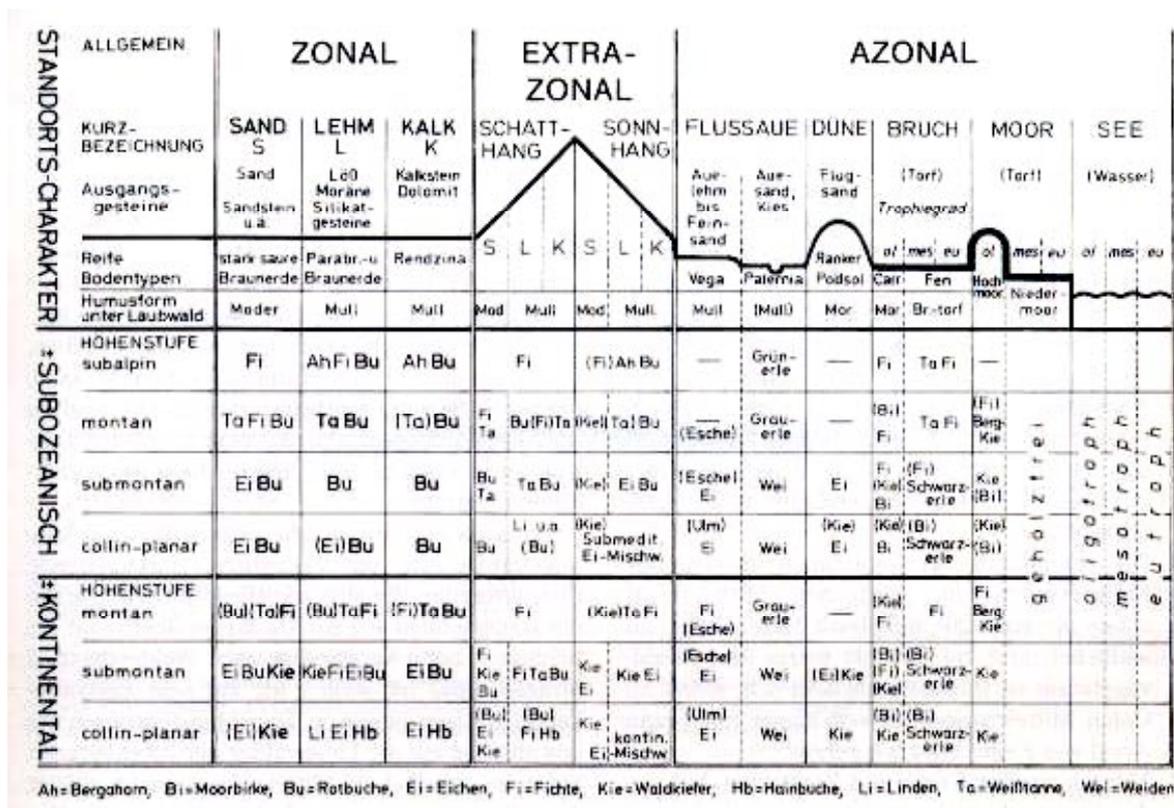


Abb. 3: Herrschende Baumarten in der zonalen, extrazonalen und azonalen Vegetation von der Ebene bis ins Gebirge im westlichen (subozeanischen) und östlichen (kontinentalen) Bereich Mitteleuropas, aus ELLENBERG (1996)

Auf sauren Feuchtböden ist die schnellwachsende, anspruchslose Birke (*Betula pendula*) häufig als Pioniergehölz anzutreffen. Sie wächst auf Sandböden und ist darüber hinaus sehr frostresistent, was in Gebieten mit diesen Faktoren zu Birkenwäldern führt.

Eichen sind sehr lichtbedürftig und bilden lockere Kronendächer aus. Eichenwälder sind oft mit anderen Gehölzen vergesellschaftet und besitzen eine recht breite ökologische Amplitude. Daher können sie sich im Konkurrenzkampf auf sehr verschiedenen Standorten durchsetzen:

auf trockenen, basenreichen und warmen Stellen ist die Flaumeiche (*Quercus pubescens*) als submediterranes Gehölz überlegen, Stieleichen (*Quercus robur*) hingegen ertragen saure und sehr feuchte Standorte und sind daher in verschiedenen Gesellschaften präsent. Die Traubeneiche (*Quercus petraea*) gilt als wärmeliebende und nässeempfindliche Baumart nimmt hier eine Zwischenstellung ein. In Abb. 4. sieht man die Durchsetzungsfähigkeit der Flaumeiche gegen die Rotbuche auf basenreichem Substrat.

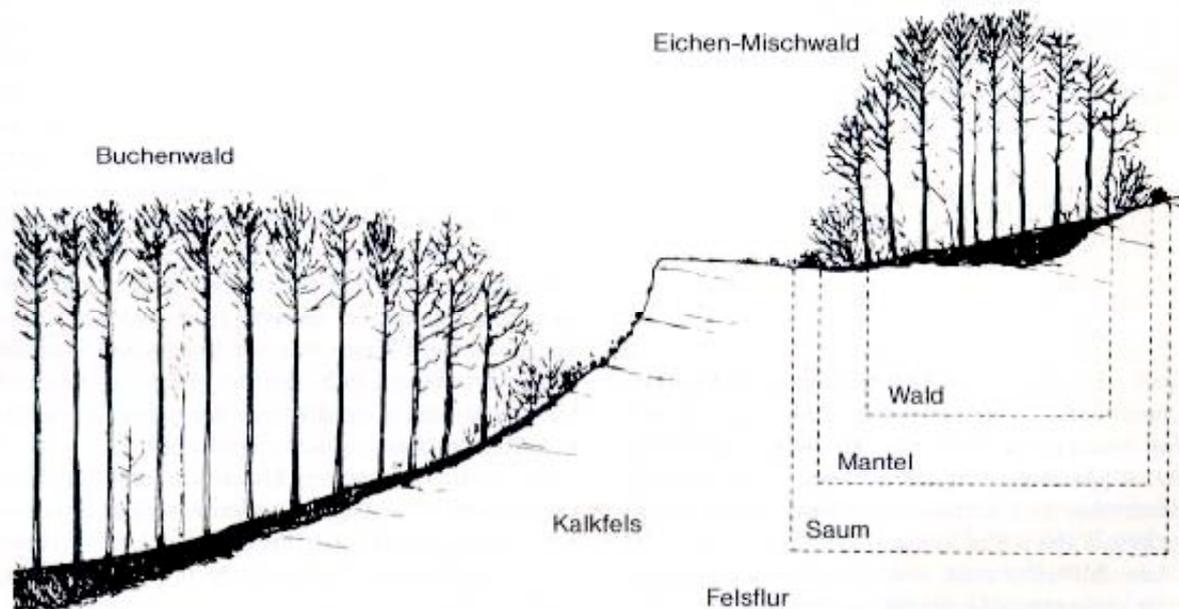


Abb. 4: Ökologische Konkurrenzfähigkeiten der Eiche auf basischen Trockenstandorten aus ELLENBERG 1996

Zum Thema Buchenbestände auf kalkhaltigen Standorten wurde eine Arbeit mit dem Titel: „Bodennährstoffangebot und Biomasseproduktion in einem Mischwald auf einem stark skeletthaltigen Standort und in einem benachbarten Buchenwald.“ geschrieben. (HÖLSCHER, HERTEL, KOENIES 2002, Journal of Plant Nutrition and Soil Science)

Auf feuchten und mäßig basenreichen Böden kann auch die Hainbuche (*Carpinus betulus*) dominant werden, sie wächst auf feucht-kalten, nährstoffreichen Standorten, ist sehr frosthart und besonders ausschlagfähig. Spitz-Ahorn (*Acer platanoides*), Berg-Ahorn (*Acer pseudoplatanus*) und Sommerlinde (*Tilia platyphyllos*) bevorzugen Standorte mit beweglichem Substrat, wie z.B. Geröllhalden. Linden sind sehr anspruchsvoll und benötigen nährstoffreiche, frische Böden.

In Gebieten mit Staunässe setzen sich vor Allem die Schwarz-Erle (*Alnus glutinosa*) und die Grau-Erle (*Alnus incana*) durch, da sie Adventivwurzeln bildet und durch spezielle endomykhorizäre Actinomyceten Stickstoff sehr gut fixieren können. Somit haben Erlen bei sauerstoffarmen Staunässeböden keine Mangelercheinungen und dadurch einen entscheidenden Vorteil in diesen Gebieten. In Abb. 5 sieht man schematisch den Übergang der Vegetation von einem Feuchtgebiet zu einem Mineralboden.

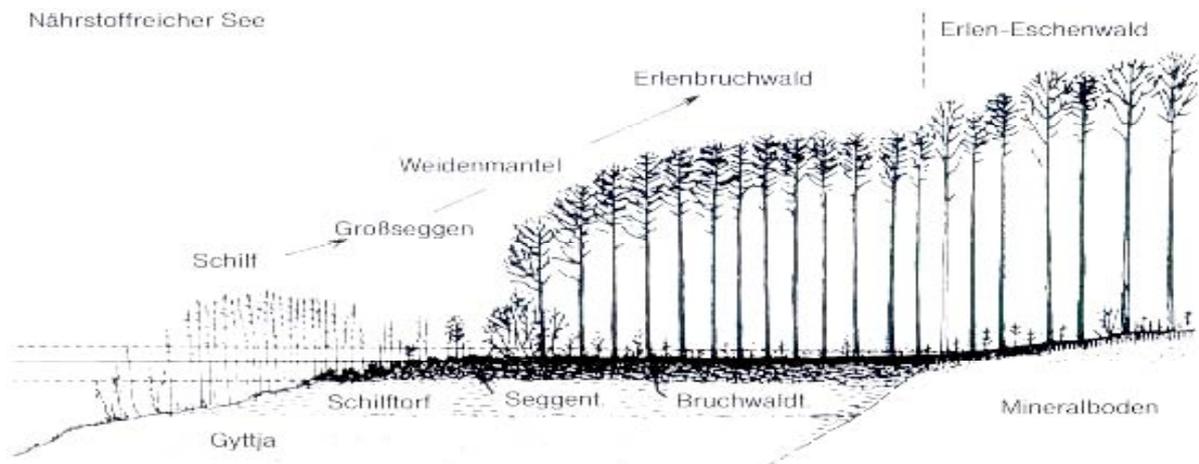


Abb. 5: Ökologische Konkurrenzfähigkeiten der Erle an Feuchtstandorten aus ELLENBERG 1996

Die Gattung *Fraxinus* (Eschen) umfasst Wälder und Gebüsche trockenwarmer Standorte (Hauptvorkommen) und ist in Bruch- und Auenwäldern (Schwerpunktorkommen) zu finden. Sie bevorzugen nährstoffreiche Böden.

Alle genannten Baumarten sind lichtbedürftiger als die Buche, weshalb sie vielfach durch Mittel- oder Niederwaldwirtschaft profitierten, da ihre Konkurrenzfaktoren anthropogen positiv beeinflusst wurden. Das ökologische und physiologische Optimum bedeutender Baumarten ist aus Abb. 6 dargestellt.

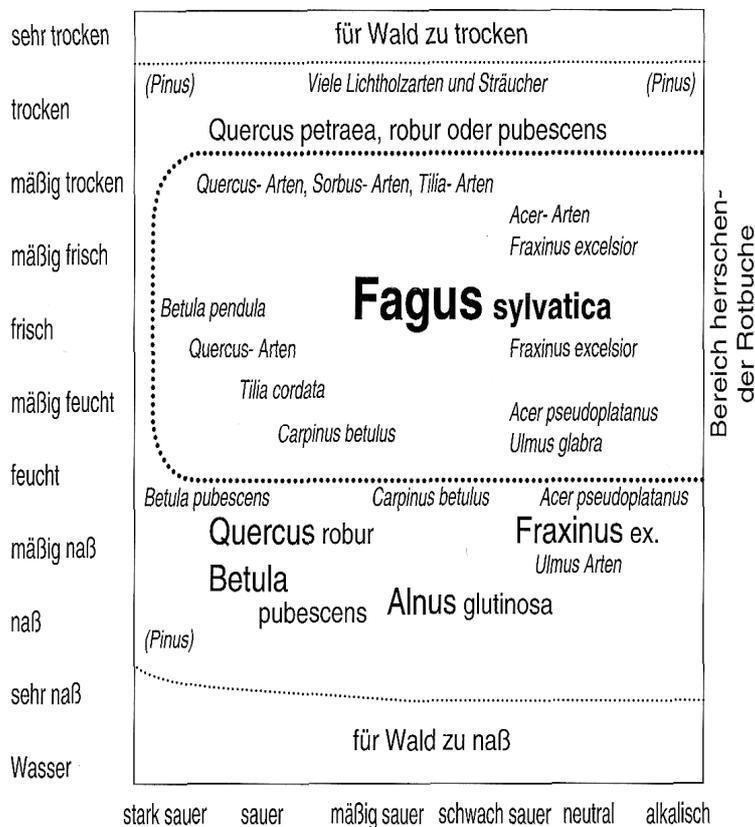


Abb. 6: Ökogramm der in der submontanen Stufe Mitteleuropas bei gemäßig subozeanischem Klima auf ungleich feuchten und basenhaltigen Böden waldbildenden Baumarten. Die Größe der Schrift drückt ungefähr den Grad der Beteiligung an der Baumschicht aus, wie er als Ergebnis des natürlichen Konkurrenzkampfes zu erwarten wäre. Eingeklammert = nur in manchen Gebieten; aus ELLENBERG (1996)

1.2. Ausgewählte Arten

In diesem Kapitel möchte ich die Morphologie der beiden am meisten vertretenen Arten in Buchen- und Buchenmischwäldern ansprechen. Dazu gebe ich eine stichpunktartige Beschreibung der wichtigsten Unterscheidungsmerkmale an.

1.2.1 Die Rotbuche (*Fagus sylvatica* L.)

Artenmerkmale:

Höhe: 25 bis 45 m

Durchmesser: bis 1,5 m

Alter: bis 300 Jahre

Die Rinde der Rotbuche ist weißgraue und glatt. Ihre Knospen sind lang und schmal, laufen spitz zu und sind 1-3 cm lang. Die Blätter sind eiförmig, 4-10 cm lang und 2,5-7 cm breit. Sie sind schwach wellig gerandet, glänzen dunkelgrün, und sind beiderseits seidig behaart, wobei sie randlich verkahlen können in den Nervenwinkeln bärtig sind. Männliche Blütenstände sind als hängende fast kugelige Kätzchen ausgebildet, weibliche sind 2-blütig und aufrecht, später bilden sie verholzenden Fruchtkelch, die die 3-kantigen Nussfrüchte umschließen.



Abb. 7: Trieb der Rotbuche (Quelle: www.wald.de)

1.2.2 Die Hainbuche (*Carpinus betulus* L.)

Artenmerkmale:

Höhe: 25-30 m

Durchmesser: bis 1 m

Alter: bis 150 Jahre

Die Rinde der Hainbuche (die eigentlich ein Birkengewächs ist) ist geflammt (keine Borkebildung) und der Stamm ist korkenzieherartig gewunden. Die Blätter sind 2-zeilig, eiförmig, fältig, zugespitzt und doppelt gezahnt. Sie sind sattgrün und schwach seidig behaart. Die weiblichen Kätzchen sind lang herabhängenden, die männlichen Kätzchen zeigen zuerst kurz rote Narben, die sich bei der Reife verlängern. Der flügelartig auswachsende Fruchtkelch umhüllt die Nüsschen und löst sich bei Reife mit ihnen ab (Flugfrüchtchen).



Abb. 8: Trieb der Hainbuche (Quelle: www.wald.de)

1.3. Buchen- und Buchenmischwälder

In Deutschland ist die Buche (*Fagus sylvatica* L.) in ihrem ökologischen Optimum allen anderen Baumarten im Konkurrenzkampf überlegen. Buchenwälder stellen daher die zonale potentielle natürliche Vegetation auf dem größten Flächenanteil Deutschlands dar, siehe Abb. 9. Andere Arten der Baumschicht können sich deshalb nur dort dominant ausbilden, wo die Buche aufgrund klimatischer oder edaphischer Standortgegebenheiten nicht ihre volle Wuchsleistung erbringen kann oder ihre Reproduktion gehemmt ist. Die anderen bestandesbildenden Baumarten stocken also weniger an den Standorten ihres physiologischen Optimums sondern vielmehr an Standorten, an denen die Buche nicht konkurrenzfähig ist. „Bei uns kann nur das wachsen, was die Buche wachsen lässt!“ (Dr. Aas, Leiter des ökologisch-botanischen Gartens in BT)

Buchenwald- und Buchenmischwaldgesellschaften kann man in weiterem Sinne als die Ordnung der Fagetalia sylvaticae (Pawlowski in Pawlowski, Sokolowski et Wallisch 28) in der Klasse Querco-Fagetea (Br.Bl. et Vlieg. 37 em.) fassen, wobei *Fagus sylvatica* L. allgemein als Klassenkennart auch in den anderen Ordnungen vermehrt vorkommen kann. Im engeren Sinne kann man diese Laubwälder jedoch auf den Verband Fagion sylvaticae Luquet 26 einschränken.

1.3.1. Buchenwaldartige Edellaubwälder Mitteleuropas (Fagetalia sylvaticae)

Die Edellaubwälder Europas aus der Ordnung Fagetalia sylvaticae mit Arten der Gattungen *Fagus* L., *Carpinus* L., *Acer* L., *Tilia* L. und *Ulmus* L. benötigen einen ausgeglichenen Wasserhaushalt sowie ein mittleres bis gutes Nährstoffangebot und weisen insgesamt ein breites ökologisches Spektrum auf. Die Verbände können ökologisch enger gefasst werden:

- Auwälder (Alno-Ulmion Br.-Bl. Et Tx. 43): brauchen hochanstehendes Grundwasser oder regelmäßige Überflutungen.
- Eichen-Hainbuchen-Wälder (Carpinion betuli Issl. 31 em. Oberd. 57): können auf Standorten vorkommen, die die Konkurrenzkraft der Rotbuche wegen Trockenheit, Bodenfeuchte oder Kontinentalklima hemmen, steigen dafür als wärmeliebender Verband jedoch nicht weit ins Gebirge.
- Ahorn-Linden-Mischwälder (Tilio platyphylli- Acerion pseudoplatani Klika 55): kommen auf Steinschutthalden, schattigen Hängen und sonstigen für die Rotbuche ungünstigen Sonderstandorten vor, häufig auch von *Fraxinus excelsior* dominiert.



Abb. 9: potentieller natürlicher Buchenwald; www.bund-naturschutz.de

Buchen- und Buchen-Tannen-Mischwälder (Fagion sylvaticae Luquet 26): meiden trockene, nasse und spätfrostgefährdete Standorte; zentrale Einheit, von der die anderen durch bestimmte Extrembedingungen differenziert sind.

1.3.2. Buchen- und Buchen-Tannen-Mischwälder (Fagion sylvaticae Luquet 26)

Da der letztgenannte Verband am umfangreichsten ist, möchte ich ihn hier bezüglich seiner Verbreitung und Ökologie näher beschreiben. Die Verbreitung des Fagion sylvaticae deckt sich weitestgehend mit dem Areal der Rotbuche (*Fagus sylvatica* L.) und ist potentielle natürliche Vegetation Europas. Seine oreographische Verbreitung geht von der Tiefebene bis in die mittlere Montanstufe und in Südwesteuropa bis an die Baumgrenze, wobei das Optimum des Verbandes auf der submontanen Stufe liegt. In den Hochlagen übernimmt häufig die Weißtanne (*Abies alba* Mill.) die dominierende Funktion (Unterverband Galio-Abietenion). Die Weiß- oder Edeltanne kann im Gegensatz zur Rotbuche vernässende Böden und Spätfrostlagen tolerieren, so dass sie sich in größeren Höhen halten kann. Dort wird sie besonders in Nordlagen und staunassen Senken dominant. Die Fagion-Phytocoenosen kommen auf fast allen terrestrischen Bodentypen vor, ausgenommen Gleyböden, Aueböden und Staunässeböden. Die Buchenwälder bilden sich größtenteils als artenarme ausgesprochene Hallenschattwälder mit hochgewachsenen, astfreien Stämmen und einem geschlossenen Laubdach einheitlicher Höhe aus (siehe Abb.10).



Abb. 10: Hallenschattwald; www.bund-naturschutz.de

Wegen des geringen Lichtangebotes durch das Buchenlaub ist der Unterwuchs relativ spärlich, eine Strauchschicht besteht allenfalls fragmentarisch. Das gilt insbesondere für jüngere Bestände, da die Lichtstreifen am Boden vereinzelt und schmaler sind als im höheren Altbestand. Nur in der Verjüngungsphase nach Absterben eines oder mehrerer Bäume kann der Unterwuchs sich frei entwickeln bis Jungbuchen wieder die Oberhand gewinnen. In naturbelassenen Buchenwäldern sind vier Entwicklungsphasen zu unterscheiden:

- Optimalphase mit dichtem Jungwachstum und Stangenhölzern.
- Terminalphase dominiert von Starkhölzern in Form eines Hallenwaldes.
- Zerfallsphase, die vom Absterben der alten Bäume geprägt ist.
- Verjüngungsphase im Verlauf derer die Buche ihre Oberherrschaft über andere Gehölze zurückgewinnt.

Die krautigen Arten im Buchenwald setzen sich größtenteils aus Geophyten und Hemikryptophyten, die vor der Belaubung der Buchen blühen und somit in den vollen Lichtgenuss kommen, zusammen. Viele Unterwuchsarten sind myrmekochor (ameisenausbreitet) oder neigen zu starker vegetativer Vermehrung, wodurch sie die entstehenden Lichtungen erreichen können. Die relativ geringe Anzahl an Kryptogamen im Buchenwald ist darauf zurückzuführen, dass die schwer zersetzliche Streu die Assimilationsorgane der Bodenmoose bedeckt. Sie können also nur auf Steinen oder Stümpfen, die aus der Laubschicht herausragen, sowie epiphytisch überleben. Als Besiedler von Sonderstandorten werden hier Kryptogamen in Aufnahmen meist nicht berücksichtigt. Man kann das Fagion ökologisch in die Gruppen der Mullbuchenwälder (I), Trockenbuchenwälder (II), Moderbuchenwälder (III) und Hochbuchenwälder (IV) gliedern.

Diese entsprechen in etwa den pflanzensoziologischen Unterverbänden nach OBERDORFER (1992a).

(I) Mullbuchenwälder

Die Mullbuchenwälder werden in der Pflanzensoziologie als Eu-Fagenion Oberd. 57 oder Galio odorati-Fagenion (Tx.55) Th.Müller bezeichnet. Zu ihnen zählen die Buchenwälder, die durch einen gleichmäßig guten Streuabbau auf Mullhumus stehen. Sie kommen auf verschiedenen nicht versauerten Bodentypen mit mittlerem bis gutem Nährstoffangebot vor, so dass sie in Braunmullbuchenwälder auf Braunerden und stark verbrauchten Rendzinen und in frische Kalkbuchenwälder auf nicht trockenen Rendzinen und Pararendzinen unterteilt werden.

Unter die Braunmullbuchenwälder fallen einige der produktivsten Buchenwälder Mitteleuropas. Die oft tiefgründigen Braunerden und Parabraunerden, in denen sie wurzeln, bieten eine günstige Nährstoffversorgung, einen sehr guten Wasserhaushalt sowie gute Durchlüftung des Wurzelraumes. Die Rotbuche bildet hier die typischen strauch- und moosarmen Hallenwälder. Beigemischt sind Esche, Berg- und Spitzahorn. Im Unterwuchs steht fast immer das einblütige Perlgras (*Melica uniflora* Retz.), so dass die Braunmullbuchenwälder auch als Perlgras-Buchenwälder bezeichnet werden.

Die frischen Kalkbuchenwälder kommen v.a. an den Hängen von Kalkgebirgen (Schweizer Jura, Kalkalpen, Karpaten u.a.) vor. Es gibt keine eigenen Charakterarten für diese Gemeinschaften (nur Verbandscharakterarten, die auch in anderen Gruppierungen vorkommen), aber alle Arten, die in Mullbuchenwäldern vorkommen sind acidophob und

mesophil in Bezug auf den Wasserhaushalt, der Oberboden muss also neutral bis basisch reagieren und über ein mittleres Wasserrückhaltevermögen verfügen, so dass keine langanhaltenden Trockenperioden eintreten, und darf keiner ausgeprägten Erosion ausgesetzt sein. Den eigentlich flachen Wurzelraum kann die Buche durch Wurzeln in Rissen und Spalten erweitern.

(II) Trockenbuchenwälder

sind ebenfalls auf Kalkböden (Mergel- oder Kalkschuttböden), aber in warmen, wechsellückigen Hanglagen zu finden. Sie untergliedern sich in Seggen- oder Orchideenbuchenwälder (Cephalanthera-Fagenion Tx. 55 ex Tx. Et Oberd. 58; Carici-Fagetum Moor 52). Die geringe Luft- und Bodenfeuchte schränkt die Durchsetzungskraft der Rotbuche ein, so dass die Hallenwaldstruktur durchbrochen wird, doch ist sie noch immer die vorherrschende Baumart. Das limitierte Wasserangebot verhindert auch schnellen Streuabbau trotz ihres Basenreichtums; die Blätter bilden eine vor Erosion schützende Decke. Das Verbreitungsgebiet grenzt an das der Eichenmischwälder, so dass das Cephalanthero-Fagenion für eine Buchenwaldform sehr artenreich ist. Der Artenreichtum liegt vor allem aber auch an dem verhältnismäßig lichten Kronendach, aufgrund dessen der Unterverband eine ausgeprägte Strauchschicht aufweist. Die Anzahl an trockenheitsresistenten, kalkholden Arten ist recht groß und einige können als Differentialarten der Cephalanthero-Fagenion-Assoziationen gewertet werden (z.B. *Viburnum lantana* L., *Ligustrum vulgare* L., *Sorbus aria* (L.) Crantz).

Auffällige Unterwuchsarten sind die austrocknungsresistenten Seggen (*Carex*-Arten) und das Maiglöckchen (*Convallaria majalis* L.) an windexponierten Stellen. Dazwischen stehen ebenfalls kalkliebende Orchideenarten wie Waldvögleinarten (*Cephalanthera* L. *spec.*) oder Nestwurz (*Neottia nidus-avis* (L.) Rich). Epiphytische Moose kommen wegen der geringen Luftfeuchtigkeit nicht vor. Diese Gemeinschaften gelten als Dauergesellschaften im Sinne Braun-Blanquets, bei ELLENBERG (1986) als azonale Vegetation bezeichnet.

Dem Seggen- oder Orchideenwald sehr nahe stehen die blaugrasreichen Buchenwälder (Seslerio-Fagetum Moor 52). Im Gegensatz zu den vorhergenannten stehen sie auf festem Kalk- oder Dolomitgestein, was den deutlich verminderten Wurzelraum und die dadurch eingeschränkten Wasserreserven zu limitierenden Faktoren für die Gehölze macht. Buchen sind krüppelwüchsig, Sträucher kommen trotz des verbesserten Lichtangebotes vereinzelt vor. Das Blaugras (*Sesleria albicans* Kit. ex Schult.) hingegen kann sich auf Grund seiner Ausläufer und des dichten Wurzelwerks gut behaupten. An Schatthängen eine phanerogamenreiche Facies der Assoziation ausbilden. OBERDORFER (1992a) keinen hinreichenden Unterschied zur Abtrennung vom Carici-Fagetum Moor 52.

(III) Moderbuchenwälder

Moderbuchenwälder sind die Buchenwälder saurer Böden, deren Streu aufgrund der Basenarmut und geringer Regenwurmaktivität nicht in kurzer Zeit abgebaut werden kann und somit eine Moderauflage bildet. Bei geschlossenen Stoffkreisläufen bildet sich trotz des niedrigen pH-Wertes kein Rohhumus. Auch auf Kalkgesteinen können diese bodensauren Gemeinschaften stocken, wenn 40-80cm entkalkten Residuallehms das Gestein überlagern. Sie werden pflanzensoziologisch unter dem Unterverband Luzulo-Fagenion (Lohm. ex Tx. 54) Oberd. 57 (Hainsimsen-Buchenwälder) eingeordnet. Es handelt sich dabei um artenarme, säureliebende Gemeinschaften auf basenarmen Böden mit teilweise feiner Körnung

(Nährstoffadsorption). Die Hainsimsen-Buchenwälder machen einen großen Teil unserer Buchenbestände der Tieflagen aus. Ihre Struktur ist der typische Hallenwald. Der Unterwuchs wird von Säurezeigern wie *Deschampsia flexuosa* (L.) Trin., *Vaccinium myrtillus* L. oder *Veronica officinalis* L. beherrscht, während die aus Kalkbuchenwäldern bekannten Arten nicht oder nur vereinzelt vorkommen. Eine sehr bedeutende Art der Buchenwaldgemeinschaften saurer Böden ist die weiße Hainsimse *Luzula luzuloides* (Lam.) Dandy et Willmott, die allerdings im collinen und im Tieflandbereich selten ist.

Die Nährstoffversorgung der oft flachwurzelnden Pflanzen wird durch Symbiosen mit Mykorrhiza-Pilzen gewährleistet. Auch die Buche bildet ihr Feinwurzelwerk im humusreichen Oberboden, was sie aber anfällig gegenüber Trockenperioden macht. Dadurch ist die Verjüngung der Rotbuche erschwert und andere anspruchslose Baumarten (*Quercus petraea* (Mattuschka) Liebl., *Pinus sylvestris* L.) können sich in die Gesellschaft einfinden. Der geschlossene Stoffkreislauf kann an windexponierten Stellen durch Streuverlust gestört werden. Der Wind weht die fallenden Blätter weg, so dass die natürliche Düngung ausbleibt und der Boden verarmt. An solchen Stellen findet man schlecht entwickelte Wälder. Der frühere anthropogene Streuaustrag als Viehfutter oder Einstreu hatte eine entsprechende verarmende Wirkung auf basenarme Böden. Auf morschem Holz und an Flussabrissen, die den Auflagenhumus zerstören, bilden sich Moosgesellschaften.

(IV) Hochlagenbuchenwälder

Die bergahornreichen Hochlagenbuchenwälder (Aceri-Fagenion Ellenberg 63) bilden in ozeanisch geprägten, schneereichen aber wintermilden Gebirgen Mitteleuropas (z.B. Westalpen, Jura, Vogesen, Schwarzwald) die Baumgrenze. ELLENBERG (1986) führt ihre Konkurrenzskraft auf die Vitalitätsminderung der bei Kontinentalklima durchsetzungsfähigeren Coniferen durch Schneeschimmel (*Herpotrichia nigra* u.a.) zurück.

Die Bäume der Hochlagenbuchenwälder (Rotbuche und Bergahorn) haben die physiognomische Besonderheit der säbelförmig gekrümmten Stammbasis. Sie geht auf Schneedruck im Jugendstadium der Gehölze zurück. Die Wuchsleistung der Bäume ist durch die Kälte stark reduziert, so dass sie mit 15-20m ausgewachsen sind. Die Schneedecke verhindert im Winter das Absinken der Bodentemperaturen unter 0 Grad, was reiches Bodenleben ermöglicht. Die abschmelzende Schneedecke durchfeuchtet im Frühjahr den Boden und eine intensive Nitrifikation tritt ein. Entsprechend findet man im Aceri-Fagenion viele hygromorphe, nitratzeigende Hochstauden.

2. Pflanzensoziologische Einordnung nach OBERDORFER (1992 a,b)

2.1 Klasse: QUERCO-FAGETEA Br.-Bl. et Vlieg. 37 em. (=Buchen- und sommergrüne Eichenwälder Europas)

Die Klasse Querco-Fagetea schließt weitestgehend die potentiell Europa prägenden sommergrünen Wälder (laubwerfende Wälder), sowie einige sommergrüne Gebüsche der temperaten Zone ein. Die zonalen Überflutungswälder, Bruch- und Moorwälder werden in der Klasse wegen ihrer andersartigen Florenstruktur jedoch nicht berücksichtigt. Fast alle Bestände der Querco-Fagetea werden von *Fagus sylvatica* L., *Quercus robur* L., *Q. petraea* (Mattuschka) Liebl., *Corylus avellana* L., *Hedera helix* L. und im Westen *Ilex aquifolium* L. durchzogen oder dominiert.

Die Klasse Querco-Fagetea meidet extreme Standorte in Bezug auf Klima, Feuchte und Säuregehalt des Bodens. Die Bestände stehen oft auf Braunerde, leicht podsolierter Braunerde oder Pseudogley und weisen eine Mull- bis Moderauflage auf. Auch feuchte *Fraxinus excelsior*-Gesellschaften können teilweise noch zur Querco-Fagetea gerechnet werden, da verbindende Arten bestehen.

Für die Klasse wurden vier Ordnungen beschrieben:

- *Prunetalia spinosae* (Hecken und Gebüsche, Schlehengesellschaften).
- *Quercetalia robori-petraeae* (Eichen-Birkenwälder).
- *Quercetalia pubescenti-petraeae* (xerotherme submediterrane Flaumeichen- und subkontinentale Eichensteppenwälder).
- *Fagetalia sylvaticae* (mesophytische, buchenwaldartige Laubwälder Europas), die im folgenden etwas näher beschrieben werden wird.

2.1.1. Ordnung: PRUNETALIA SPINOSAE

Die *Prunetalia spinosae*-Gesellschaften (=Schlehen-Gesellschaften) sind als Waldmäntel eng verwandt mit den Waldgesellschaften. Oft wird diese Ordnung auch als Walddegradationsphytocoenose angesehen. Tatsächlich sind die dazugehörigen Gesellschaften als Waldvorstufe anzusehen, deren Sukzession zum Wald in vielen Fällen nur durch anthropogene Beeinflussung (Schnitt, Viehfraß) gehemmt wird. Hingegen kommen an Schutthalden, felsigen Standorten und Uferabstürzen auch primäre Heckengesellschaften vor. Sie weisen nur wenige signifikante diagnostische Arten auf, die ausschließlich der Strauchschicht angehören, da Kräuter vom Saum her in die Gesellschaft eindringen können.

2.1.2. Ordnung: QUERCETALIA ROBORI-PETRAEAE

Die *Quercetalia robori-petraeae* (=Eichen-Birkenwälder) weist eine ausgeprägte, an mäßig trockene, basenarme Böden gebundene Gruppe atlantischer und subatlantischer Kenn- und Trennarten der Kraut- und Strauchschicht auf. Allerdings ist die Abgrenzung auf Assoziationsebene durch diagnostische Arten nicht so scharf wie in anderen Waldgesellschaften der Querco-Fagetea. Teilweise ist die Rotbuche hier vorherrschend (v.a. im Westen) und drängt die lichtliebenden *Quercetalia robori-petraeae*-Arten zurück, wobei sie aber nicht durch spezifische Buchenbegleiter ersetzt werden. Diese Bestände werden als *Deschampsia flexuosa-Fagus sylvatica*-Gesellschaft Pass. 56 in den Unterverband *Ilici-Fagenion* (Br.-Bl. 67) Tx. 79 em. Oberd. 84 eingeordnet (Verband: *Quercion robori-petraeae* Br.-Bl. 32). Die Eichen-Birkenwälder sind durch die anthropogen geöffnete Landschaft Mitteleuropas über ihre potentiell natürlichen Grenzen hinaus zu finden, z.B. in der montanen Buchenstufe der Mittelgebirge.

2.1.3. Ordnung: QUERCETALIA PUBESCENTI-PETRAEAE

Der Verbreitungsschwerpunkt der *Quercetalia pubescenti-petraeae* (=xerotherme submediterrane Flaumeichen- und subkontinentale Eichensteppenwälder) liegt im nördlichen Mittelmeergebiet, in der Montanstufe der mediterranen Gebirge und im südöstlichen Europa als Eichensteppenwälder. Dabei sind die Eichensteppenwälder weniger empfindlich gegenüber Kälte als die mediterranen Bestände. Trotz der trockenen Verhältnisse können die bestandsbildenden Eichen ein hohes Alter erreichen, bleiben wegen des Wassermangels aber

eher niedrig (ca.10m). In Deutschland kommt diese wärmeliebende Ordnung nur im Süden fragmentarisch oder an südexponierten Hängen mit basenreichem Gestein vor.

2.1.4. Ordnung: FAGETALIA SYLVATICAE

Der Name Fagetalia sylvaticae (=mesophytische, buchenwaldartige Laubwälder Europas) ist als eher symbolisch einzustufen, da in dieser Ordnung die Rotbuche nicht notwendigerweise bestandsbildend ist, sondern auch als Beibaum vorkommt. In der Regel ist aber *Fagus sylvatica* eine der dominierenden Arten. Die Ordnung ist sehr weit verbreitet, in der Ost-West-Erstreckung von Mittelrussland bis Irland, in der Nord-Süd-Erstreckung von Südkandinavien bis Sizilien und zum Balkan, wobei sie dort aber wegen der Wasserversorgung nur in Gebirgen vorkommt. Teilweise bilden sie in Südeuropa die Waldgrenze (z.B. in den Pyrenäen oder am Ätna). Die Ordnung umfasst mesophytische Laubmisch- und Buchenwaldgesellschaften auf feuchten bis mäßig-trockenen Standorten, die meist Mull als Humusform haben. Das Nährstoffangebot ist häufig mittel bis gut, aber auch auf sauren Standorten können Gesellschaften aus der Fagetalia sylvaticae stehen. Naturnahe Bestände sind meist Schattwälder mit einem geschlossenen Kronendach. Eine ausgeprägte Strauchschicht fehlt vielfach wegen der Lichtkonkurrenz, so dass die Gesellschaften häufig eine Hallenwald-Struktur aufweisen. Die Standortseigenschaften dieser Gesellschaften sind attraktiv für agrarische Nutzung, so dass die potentiellen Waldflächen in nicht zu steilen Lagen gerodet sind.

OBERDORFER (1992a) beschreibt vier Verbände innerhalb der Fagetalia sylvaticae:

- Alno-Ulmion minoris Br.-Bl. Et Tx. 43 (=Auenwälder)
- Carpinion betuli Issl. 31 em. Oberd. 57 (=Eichen-Hainbuchenwälder)
- Tilio platyphylli-Acerion pseudoplatani Klika 55 (=Edellaubbaum-Mischwälder)
- Fagion sylvaticae Luquet 26 (=Rotbuchen, Tannen-Rotbuchen- und Tannenwälder)

2.1.4.1 Verbände

Alno-Ulmion minoris Br.-Bl. et Tx. 43

Auenwälder kommen an periodisch oder zumindest episodisch überfluteten Standorten in Senken vor, die auf Grund von Druck- oder über die Oberfläche gestautem Grundwasser episodisch feucht sind. Die Gesellschaften des Alno-Ulmions sind edaphisch bedingt.

Carpinion betuli Issl. 31 em. Oberd. 57

Die namensgebende Hainbuche *Carpinus betulus* L. ist nicht die dominierende Art des Verbandes. Vielmehr handelt es sich um Eichenmischwälder mit *Quercus petraea* (Mattuschka) Liebl. und *Quercus robur* L. als bestandesbildende Arten. Auch *Fagus sylvatica* L. ist an Hainbuche meist überlegen. Natürlich gebildet gibt es diesen Waldverband auf Böden mit Grundwassereinfluss oder schweren stauwasserbeeinflussten Böden, sowie unter trockenen oder spätfrostgefährdeten lokalklimatischen Bedingungen, also auf Standorten, die die Rotbuche hemmen. Anthropogen bedingt gibt es Bestände auf früheren Nieder-, Mittel- oder Hudewäldern, da die Rotbuche im Gegensatz zu Hainbuchen und Eichenarten schlecht aus dem Stock ausschlägt.

Tilio platyphyllo-Acerion pseudoplatani Klika 55

Aufgrund der oft felsigen Standorte (bewegte Steinschutthänge, Schluchtwälder, Steilhangwälder und kolluviale Hangfüße) tritt *Fagus sylvatica* L. Gegenüber Edellaubbäumen wie *Acer pseudoplatanus* L. (Bergahorn), *Tilia platyphyllos* Scop. (Sommerlinde), *Ulmus glabra* Huds. (Bergulme), *Acer platanoides* L. (Spitzahorn) und teilweise *Fraxinus excelsior* L. (Esche) und *Prunus avium* L. (Vogelkirsche) zurück. Die Assoziationen sind teilweise schwer zu bestimmen, da sich aufgrund des beschränkten Platzes oft typische Verteilungen der Arten nicht einstellen können.

Fagion sylvaticae Luquet 26

Der Verband *Fagion sylvaticae* umfasst die Buchen- und Buchenmischwälder im engeren Sinne. Hauptbaumart kann neben der Rotbuche aber auch die Weißtanne *Abies alba* Mill. sein. Die Fagion-Gesellschaften sind Schattwälder. Sie verlangen ein gewisses Maß an sommerlicher Luftfeuchte und Bodenfrische, sind ansonsten aber anspruchslos, so dass sie eine subatlantische bis (submediterranean-) mediterran-montane Verbreitung haben. Die Fagion-Gesellschaften sind v.a. südöstlich der Alpen (Kärnten bis Kroatien) extrem kennartenreich. Es ist zu vermuten, dass bei der Rückgewinnung Mitteleuropas durch die Buche Kennarten verloren wurden, beziehungsweise sich gegen die schon bestehende Krautschicht nicht durchzusetzen vermochten. Hingegen ist für das gesamte Verbreitungsgebiet kaum eine einheitliche Charakterart zu finden, am ehesten aber noch die *Dentaria*-Arten (Zahnwurz).

2.1.4.2. Unterverbände

- Luzulo-Fagenion (=Hainsimsen-Buchenwälder)
artenarme aber vitale Buchenwälder auf sauren Standorten
Kennarten: *Luzula luzuloides* L., *Prenanthes purpurea* L.
Trennarten: *Polytrichum formosum*, *Deschampsia flexuosa* (L.) Trin., *Vaccinium myrtillus* L., *Luzula sylvatica* (Huds.) Gaud., *Carex pilulifera* L., *Veronica officinalis* L., *Agrostis capillaris* L., *Lathyrus linifolius* (Reich.) Bässl, *Dryopteris carthusiana* (Vill.) H. P. Fuchs, u.a.
- Galio odorati-Fagenion oder Eu-Fagenion (=Waldmeisterbuchenwälder)
west- und mitteleuropäische kennartenarme Fageten nährstoff- und basenreicher Standorte
Kennarten: wie Verbandskennarten
Trennarten: Verbandstrennarten, *Melica uniflora* Retz.
- Dentario glandulosae-Fagenion (=Drüsenzahnwurz-Buchenwälder)
osteuropäischer Unterverband
Kennarten: *Dentaria glandulosa*, *D. enneaphyllos* L., *Symphytum cordatum*, *Pulmonaria rubra*
- Lonicero alpigenae-Fagenion (=Alpenheckenkirschen-Buchenwälder)
präalpine Fageten der süd- und südosteuropäischen Hochgebirge
Kennarten: *Lonicera alpigena* L., *Lonicera nigra* L., *Veronica urticifolia* Jacq., *Cardamine kitaibelii*, *Cardamine trifolia* L., *Cyclamen purpurascens* Mill., *Helleborus div. spec.*, *Hacquetia epipactis* (Scop.) DC. u.a.
- Aceri-Fagenion (=Bergahornreiche Hochlagenbuchenwälder)
Kennarten: in OBERNDORFER 1996 keine erwähnt

Trennarten: *Stellaria nemorum* L., *Adenostyles alliariae* (Gouan) Kern., *Cicerbita alpina* (L.) Wallr., *Ranunculus platanifolius* L., *Rumex alpestris* Jaqu., *Senecio hercynicus* Herb., *Heracleum sphondylium* ssp. *Elegans* (Crtz) Arc., *Athyrium distentifolium* Tausch

- *Galio rotundifolii*-Abietenion (=artenreiche Labkraut-Tannenwälder)

Kennarten: *Galium rotundifolium*

Trennarten: *Melampyrum sylvaticum* L., *Pyrola secunda* L., *Lycopodium annotium* L., *Huperzia selago* (L.) Bernh., *Listera cordata* (L.) R.Br.

- *Cephalanthero*-Fagenion (=Seggen- oder Orchideen-Buchenwälder)

In warmen, aber nicht zu trockenen Lagen, so dass sie Grenzsituation zu anderen Ordnungen haben und deswegen sehr artenreich sind

Kennarten: *Cephalanthera damasonium* (Mill.) Druce, *C. rubra* (L.) Rich, *C. longifolia* (L.) Fritsch, *Cypripedium calceolus* L., *Epipactis microphylla* (Erh.) Sw., u.a.

Trennarten: *Galium sylvaticum* L., *Carex montana* L., *C. flacca* Schreb., *C. alba* Scop., *Sorbus aria* (L.) Crantz, *Malus sylvestris* (L.) Mill., *Rubus saxatilis* L., *Calamagrostis varia* (Schrad.) Host, *Sesleria albicans* Kit. Ex Schult., *Campanula persicifolia* L., *Ranunculus nemorosus* DC., *Viburnum lantana* L., *Ligustrum vulgare* L., *Cornus sanguinea* L., *Melica nutans* L., *Festuca heterophylla* Lam. u.a.

3. Verbreitung

Wälder sind in Deutschland und in Europa weit verbreitet. Ihre Ausbreitung wird sowohl durch die Höhe als auch durch andere Standortfaktoren bestimmt. Bäume wachsen bis zur sog. Waldgrenze bis etwa 1700m – 1900m, was den Übergang von subalpiner zu alpiner Stufe, bzw. nivaler Stufe bei Gletschern, bildet. Unterhalb schließen sich die montane, submontane und kolline Stufe an. Die obere Waldgrenze ist meist kältebedingt. Diese aus den Alpen abgeleitete Terminologie und Zusammenfassung der zonalen Stufung der Hochgebirge lassen sich jedoch nur begrenzt anwenden.

Weit wichtiger sind in Deutschland andere Standortfaktoren, wie Bodentypen, pH-Wert, Temperatur, Nährstoffangebot und Feuchteangebot (ELLENBERG 1996). Diese Aspekte wurden teilweise schon in vorherigen Kapiteln behandelt.

In den Abbildungen 11, 12 und 13 ist die Verbreitung der Wälder und im speziellen der Buchen- und Buchenmischwälder kartiert.

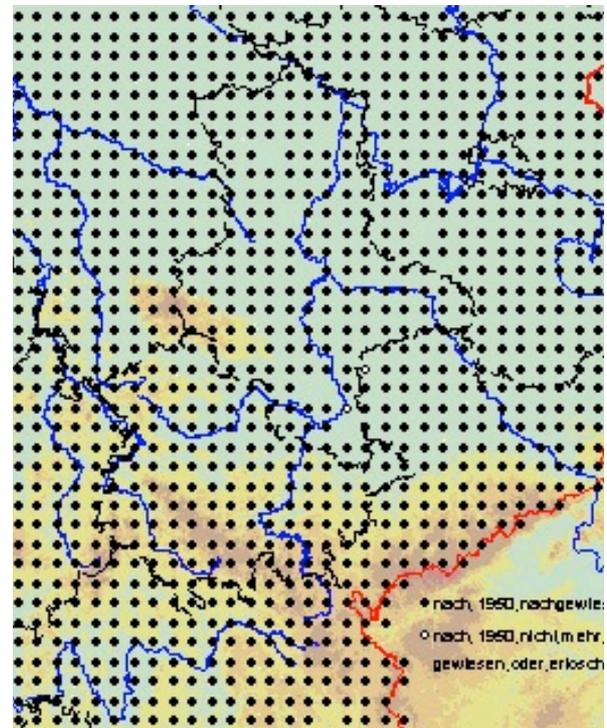


Abb. 6: Verbreitung von *Fagus sylvatica* in Deutschland (ubiquitär)
www.floraweb.de

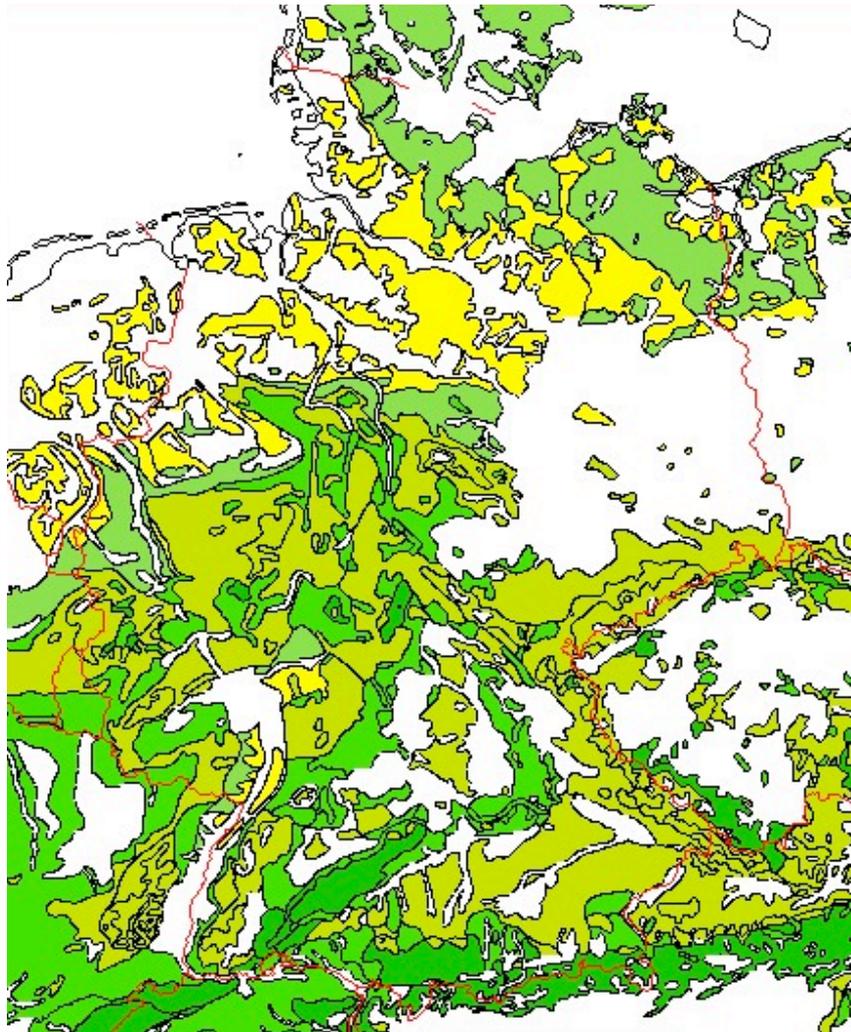


Abb. 6: Verbreitung von *Fagus sylvatica* in Deutschland (ubiquitär)
www.floraweb.de

Buchen- und Buchenmischwälder

-  Bodensaure, artenarme Drahtschmielen-Buchenwälder und Eichen-Buchenwälder des Tieflandes
-  Hainsimsen-Buchenwälder des Hügel- und unteren Berglandes
-  Hainsimsen-Buchenwälder des höheren Berglandes, teils mit Tanne und/oder Fichte
-  Waldmeister- und Bingelkraut-Buchenwälder des Tieflandes
-  Waldmeister-, Waldgersten- und Orchideen- Buchenwälder des Hügel- und unteren Berg- landes, teils mit Tanne
-  Waldmeister-, Zahnwurz-, Heckenkirschen- und Blaugras- Buchenwälder des höheren Berglandes und der Randalpen, meist mit Tanne, z.T. mit Fichte
-  Buchenwälder mit natürlicher Beimischung von Nadelbäumen, namentlich Tanne, z.T. auch Fichte

Eichen -Hainbuchenwälder

-  Vorwiegend hygrophile Stieleichen-Hainbuchenwälder des Tieflandes und von Flußniederungen
-  Traubeneichen-Hainbuchenwälder ohne oder mit wenig Buche in trockenwarmen Gebieten
-  Traubeneichen- und Stieleichen-Hainbuchen- wälder im Wechsel mit Buchenwäldern des Hügellandes

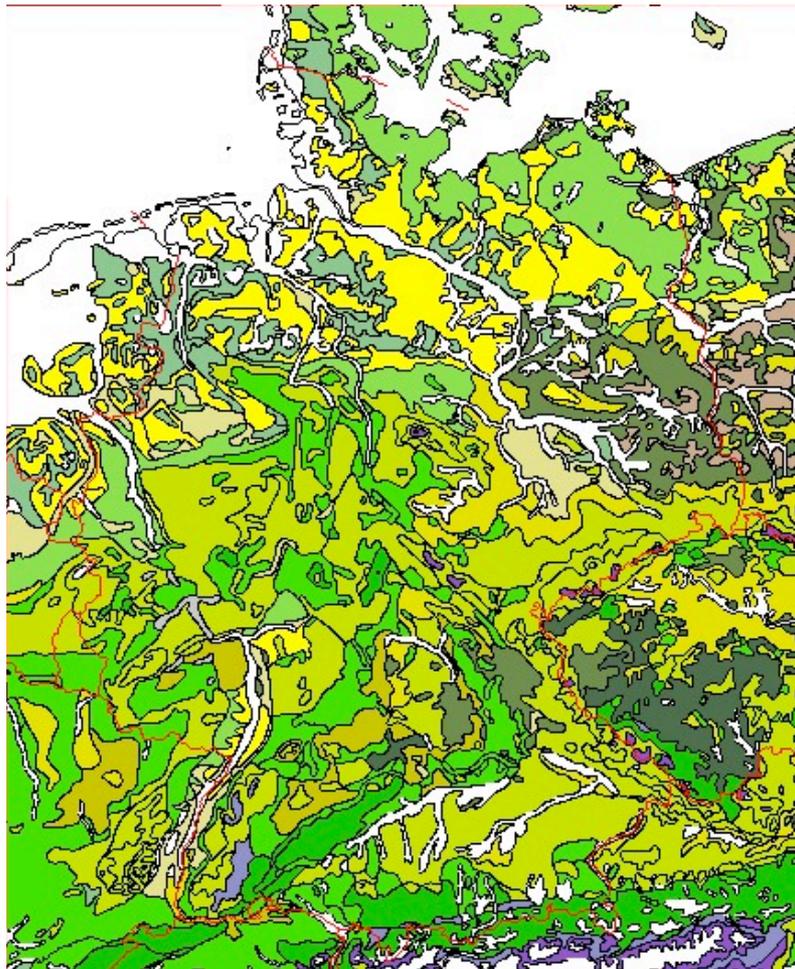


Abb. 6: Verbreitung von *Fagus sylvatica* in Deutschland (ubiquitär)

www.floraweb.

Alpine, subnive und subalpine Vegetation

- Alpine und subniveale Vegetation: Rasen, Zwergstrauchvegetation, Fels- und Schuttfuren der Alpen
- Subalpine Vegetation: Lärchen-Zirbenwälder, Alpenrosen-Latschen-, Grünerlen- und Weidengebüsche, Hochstaudenfluren

Nadelwälder

- Bodensaure, zwergstrauch- und flechten-reiche Kiefernwälder auf Sand und Silikatgestein (vorwiegend ostmitteleuropäisches Tiefland)
- Montane bis hochmontane, meist bodensaure Fichten-Tannen-Wälder des Schwarzwaldes und der Alpen
- Hochmontane bis subalpine Fichtenwälder auf Silikat- und Karbonatgesteinen der hercynischen Mittelgebirge und der Alpen

Bodensaure Eichenmischwälder

- Atlantisch-subatlantische bodensaure, vorwiegend hygrophile Birken-Stieleichen-wälder des Tief- und Hügellandes
- Bodensaurer Traubeneichen-Trockenwald im Komplex mit Felsgebüsch und Felsrasen sowie thermophilen Eichen-Hainbuchenwäldern auf Silikat-Steilhängen
- Bodensaure, zwergstrauch- und moosreiche Eichen- und Kiefern-Eichenwälder im ost-mitteleuropäischen Tief- und Hügelland auf Sand
- Bodensaure Hainsimsen-Traubeneichenmischwälder, teils mit Kiefer, teils mit Tanne, teils im Wechsel mit Hainsimsen-Buchenwäldern, im südostmitteleuropäischen Hügelland und unteren Bergland auf Silikatgestein

Eichen-Hainbuchenwälder

- Vorwiegend hygrophile Stieleichen-Hainbuchenwälder des Tieflandes und von Flußniederungen
- Traubeneichen-Hainbuchenwälder ohne oder mit wenig Buche in trockenwarmen Gebieten
- Traubeneichen- und Stieleichen-Hainbuchen-wälder im Wechsel mit Buchenwäldern des Hügellandes

Buchen- und Buchenmischwälder

- Bodensaure, artenarme Drahtschmielen-Buchenwälder und Eichen-Buchenwälder des Tieflandes
- Hainsimsen-Buchenwälder des Hügellandes und unteren Berglandes
- Hainsimsen-Buchenwälder des höheren Berglandes, teils mit Tanne und/oder Fichte
- Waldmeister- und Binkelkraut-Buchenwälder des Tieflandes
- Waldmeister-, Waldgersten- und Orchideen-Buchenwälder des Hügellandes und unteren Berglandes, teils mit Tanne
- Waldmeister-, Zahnwurz-, Heckenkirschen- und Blaugras-Buchenwälder des höheren Berglandes und der Randalpen, meist mit Tanne, z.T. mit Fichte
- Buchenwälder mit natürlicher Beimischung von Nadelbäumen, namentlich Tanne, z.T. auch Fichte

Vegetation von Sonderstandorten

- Subkontinentale thermophile Traubeneichen- und Traubeneichen-Zerreichenmischwälder
- Submediterrane thermophile Flaumeichen-mischwälder
- Schneeheide-Kiefern-Trockenwälder der Alpen
- Kiefern-Trockenauen der Randalpen und des Alpenvorlandes
- Strand- und Dünenvegetationskomplexe an der Nord- und Ostseeküste
- Salzvegetationskomplexe an der Nord- und Ostseeküste
- Hoch- und Übergangsmoore
- Niedermoores
- Birkenbruchwaldkomplexe, vielfach auf degradierten Hochmoorstandorten
- Erlenbruchwaldkomplexe
- Auen- und feuchte Niederungswälder unterschiedlicher Zusammensetzung mit Stieleiche, Esche, Ulmen, Weiden, Schwarzpappel, Schwarz- und Grauerle
- Vegetationskomplexe der eingedeichten Marschen mit Stieleichen-Eschen- und Eschen-Ulmen-Feuchtwäldern

4. Gefährdung und Schutzmaßnahmen

Die Buchenwaldgesellschaften des Fagion sylvaticae gelten in ihrer Gesamtheit als ungefährdet. Betrachtet man jedoch gebietsbezogen die einzelnen Assoziationen, können sie nicht unbedingt als ungefährdete Biotope eingestuft werden. Vor allem für die selteneren Gemeinschaften ist eine stetige Abnahme vitaler Bestände zu vermerken (BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ 1998). Der Artebrückgang geht auf anthropogene Einwirkungen wie nutzungsbedingte Benachteiligung der Buche oder atmosphärische Einträge und Veränderung der Bodenchemie und -physik zurück.

Verbiss und Versauerung des Bodens spielen eine große Rolle als Gefährdungsfaktoren. Der Verbiss, der durch ein Überangebot an Wild entsteht, trifft die Buche besonders hart, da sie als Schattbaumart im Initialstadium über längere Zeit verharret und somit der Haupttrieb zersört werden kann. Die Versauerung des Bodens ist bedingt durch atmosphärische Einträge über den Niederschlag. Das ist besonders daran zu erkennen, dass vermehrt Säurezeiger im Bereich des Stammfußes auftreten (ROLOFF 1996), wo der Stammabfluss die Bodenchemie verändert. Doch auch der hohe N-Eintrag kann negative Auswirkungen auf einen Bestand haben, da das günstige Nährstoffverhältnis der meisten Buchenwaldböden zugunsten des Stickstoffs verschoben wird, und der relative Anteil an anderen Makronährelementen gesenkt wird. Ein großes Problem ist die forstwirtschaftliche Nutzung der Wälder. Nadelhölzer wurden seit langem den Laubgehölzen

vorgezogen, da sie kürzere Umtriebszeiten haben. So wurden standortsfremde Fichten eingeführt und den Buchen gegenüber trotz standortsgebundener Probleme (z.B. höhere Tendenz zur Rotfäule in wintermilden Gebieten) forstlich begünstigt. Frühere Buchenwaldflächen wurden zu Reinbeständen der Fichte umfunktioniert. Heute werden der ökonomische Wert des Laubholzes gegenüber dem teilweise niederqualitativen Nadelholz wieder geschätzt, doch die extrem schwer zersetzliche Fichtenstreu bedingte vielerorts extreme Versauerung der Böden und Rohhumusbildung, so dass natürliche Buchenbestände kaum regenerierbar sind.

Des Weiteren könnte die prognostizierte Klimaänderung einen negativen Einfluss v.a. auf die trockeneren Buchenwaldgesellschaften haben. Die Vitalität von *Fagus sylvatica* wird durch Häufung von Trockenphasen gemindert (vermindertes Höhenwachstum im Vergleich zu resistenteren Arten), was sich langfristig auf die gesamte Artenzusammensetzung der Buchenwälder auswirken kann. Verursacher der buchenungünstigen Veränderungen sind meistens Land- und Forstwirtschaft, Jagd, Siedlungswesen und Industrie. Im folgenden soll auf einige der bedrohten Buchenwaldgesellschaften näher eingegangen werden.

4.1. Gefährdung im Speziellen

Der Hainsimsenbuchenwald (Luzulo-Fagetum) steht für Gesamtdeutschland auf der roten Liste, wobei er von „gefährdet“ (RL 3; colline-montane Stufe) bis „stark gefährdet“ (RL 2; planare Stufe und Tiefland) eingestuft wird. Auch in diesem Fall ist die intensive Nadelholzaufforstung eine der Hauptgefährdungsursachen. Dazu kommen wieder atmosphärische Einträge von Säuren, die den Standort buchenungünstig verändern, doch auch übermäßige Kalkung kann sich für die Diversität der Assoziation als kritisch erweisen, da das Gleichgewicht gestört wird und acidophile Pflanzen zurückgehen. Entsprechende Wirkung haben auch verstärkte Nährstoffdepositionen. In Hochlagen wird durch den Rückgang der bodensauren Buchenwälder dem gefährdeten Haselhuhn Lebensraum entzogen.

5. Wissenschaftliche Artikel

Soil solution chemistry in the rhizosphere of beech (*Fagus silvatica* L.) roots as influenced by ammonium supply

Journal of Plant Nutrition and Soil Science

Volume 164, Issue 3, Date: June 2001, Pages: 271-277

Martin Braun, Antje Dieffenbach, Egbert Matzner

Einfluss des Ammonium-Angebots auf die Chemie der Bodenlösung in der Rhizosphäre von Buchenfeinwurzeln (*Fagus silvatica* L.):

Wurzeln können die Bodeneigenschaften in der Rhizosphäre stark verändern. Das Ziel der Arbeit war es, den Einfluss von Buchenfeinwurzeln (*Fagus silvatica* L.) auf die Chemie der Bodenlösung in der Rhizosphäre zu untersuchen. Besondere Berücksichtigung galt dem NH_4^+ -Angebot, da Waldböden heute hohe NH_4^+ -Einträge aus Depositionen erfahren. In einem Buchenaltbestand wurde eine nicht mykorrhizierte Langwurzel in ein Rhizotron geleitet, das mit homogenisiertem saurem Waldboden aus dem B-Horizont einer sauren Braunerde gefüllt war. Der Wassergehalt wurde durch Zugabe einer künstlichen Bodenlösung konstant gehalten. Geringe Mengen an Bodenlösung wurden regelmäßig entnommen und auf die wichtigsten Kationen und Anionen analysiert. Ferner wurden pH und Leitfähigkeit gemessen. Die mittleren Konzentrationen von H^+ und Al^{3+} waren in der Rhizosphäre signifikant höher als im Umgebungsboden. Die NH_4^+ -Düngung erhöhte die H^+ - und Al^{3+} -Konzentrationen in der Rhizosphäre deutlich und war gekoppelt mit einem Anstieg der Ca^{2+} -, Mg^{2+} - und NO_3^- -Konzentrationen in der Rhizosphäre.

Die gefundenen Gradienten der Bodenlösungsschemie hatten eine starke zeitliche Dynamik. Die Ergebnisse zeigen, dass die Chemie der Bodenlösung unter den gewählten Bedingungen durch wachsende Buchenwurzeln stark beeinflusst wird und eine Versauerung eintritt. Die Versauerung war besonders nach der NH_4^+ -Zugabe ausgeprägt.

An equation to describe vertical gradients of element concentrations in soils under beech and spruce stands

Journal of Plant Nutrition and Soil Science

Volume 165, Issue 5, Date: October 2002, Pages: 602-608

Marcin Chodak, Bernard Ludwig, Friedrich Beese

Eine Gleichung zur Beschreibung der vertikalen Gradienten der Elementgehalte im Boden unter Buchen- und Fichtenbeständen:

Die Beschreibung der vertikalen Stoffverteilungen in der organischen Auflage und dem Mineralboden kann Informationen über Nährstoffspeicherung und Umsätze in Waldökosystemen geben. Die Ziele waren, vertikale Gradienten der Gehalte an bedeutenden Kationen und Anionen in Humusaufgaben unter Buchen- (*Fagus sylvatica* L.), Fichten- (*Picea abies* (L.) Karst.) und Mischbeständen zu beschreiben und eine einfache Methode für die Schätzung von Nährstoff-Vorräten und -Verteilungen in der organischen Auflage auf regionalem Maßstab zu erreichen. Die Gehalte an C, N, P, S, Ca und Mn nahmen mit der Tiefe ab, dagegen nahmen die Gehalte an Na, K, Mg, Fe und Al zu. Ein Einfluss der Baumart auf die Parameter wurde nur für Mn und Fe gefunden. Dies ermöglichte die Vorhersage der Vorräte an C, N, P und S in der organischen Auflage mit befriedigender Genauigkeit, wenn lediglich die Humusmächtigkeit bekannt war. Die Vorhersage der Vorräte der anderen Elemente war jedoch weniger befriedigend.

Soil nutrient supply and biomass production in a mixed forest on a skeleton-rich soil and an adjacent beech forest

Journal of Plant Nutrition and Soil Science

Volume 165, Issue 6, Date: December 2002, Pages: 668-674

Dirk Hölscher, Dietrich Hertel, Horst Koenies

Bodennährstoffangebot und Biomasseproduktion in einem Mischwald auf einem stark skeletthaltigen Standort und in einem benachbarten Buchenwald:

In den natürlichen Waldgesellschaften Mitteleuropas dominiert die Buche (*Fagus sylvatica* L.) über ein weites Spektrum an bodenchemischen Standortbedingungen. Eine Ausnahme in Bezug auf die Buchendominanz bilden stark skeletthaltige Standorte, wie etwa Blockhalden, wo bis zu 10 Laubbaumarten gemeinsam vorkommen. In solch einem Tilia-Fagus-Fraxinus-Acer-Ulmus-Wald und einem benachbarten Buchenreinbestand wurden die Bodennährstoffvorräte und Stickstoffmineralisationsraten, sowie der Blatt Nährstoffstatus und die Blattproduktion inklusive der Stammzuwachsrate vergleichend untersucht, um die Beziehung zwischen den Bodenbedingungen und der Baumartenzusammensetzung zu charakterisieren. In dem Mischwald fanden wir nur eine geringe Menge an Feinboden, die sich in Taschen zwischen den Basaltsteinen befand, wohingegen ein signifikant höherer Gehalt an Feinboden in dem Buchenwald vorhanden war. In den Bodentaschen des Mischwaldes waren die C- und N-Konzentrationen und auch die Konzentrationen an austauschbar gebundenen Kationen signifikant höher als im Buchenwald. Die Netto-N-Mineralisation pro Gewichtseinheit im Mischwald überstieg diejenige im Buchenwald um den Faktor 2,6. Die Blatt Nährstoffgehalte von Buchen unterschieden sich zwischen den beiden Beständen nicht signifikant, was darauf hinweist, dass die Pflanzenernährung nicht beeinträchtigt war. Der herbstliche Blattstreufall und die Zuwachsraten der Stammquerschnitte waren im Mischwald geringer als im Buchenwald.

Im Vergleich mit dem benachbarten Buchenwald wies der Mischwald somit einen geringen Gehalt an sehr ungleichmäßig verteiltem, nährstoffreichen Boden, geringere volumenbezogene K-Vorräte und N-Mineralisationsraten und geringe Stammzuwächse auf. Gemeinsam mit anderen Faktoren, wie etwa der Wasserverfügbarkeit, können diese Muster zu einer Erklärung der Baumartenvielfalt auf mitteleuropäischen Blockstandorten beitragen.

Humusveränderungen nach Einbringung von Buche und Eiche in Kiefernreinbestände

Journal of Plant Nutrition and Soil Science

Volume 167, Issue 4, Date: August, 2004, Pages: 428-438

Jörg Prietzel

In älteren bayerischen Kiefernreinbeständen, die hinsichtlich Höhenlage, Klima, geologischem Ausgangssubstrat und Bodentyp eine breite Standortpalette umfassen, wurden die Auswirkungen einer vorher erfolgten Einbringung von Laubholz (Eiche - *Quercus petraea/robur*; Buche - *Fagus sylvatica*) auf die Humusform und chemische Kenngrößen der Oh-Lage (pH-Wert, Basensättigung, C:N-Verhältnis) untersucht. Die Bucheneinbringung führte in fast allen Beständen zu einer deutlichen, i. d. R. statistisch signifikanten Verbesserung der Humusform. Die stärksten Verbesserungen wurden für die ungünstigsten, biologisch inaktivsten Humusformen beobachtet. Der Humusformenwandel ging fast ausnahmslos mit einem signifikanten Anstieg des pH-Werts und der Basensättigung sowie einer signifikanten Verengung des C:N-Verhältnisses in der Oh-Lage einher; auf besonders N-armen Standorten mit C:N-Verhältnissen über 30 blieb diese Verengung allerdings oftmals aus. Im Gegensatz zur Buche führte die Einbringung von Eiche zu einer systematischen Veränderung weder der Humusform noch des pH-Werts oder der Basensättigung der Oh-Lage. Trotz der unter den Buchenvoranbauten beobachteten strukturellen Verbesserung des Auflagehumus hin zu biologisch aktiveren Humusformen führte die Laubholzeinbringung nicht zu einer systematischen Veränderung der Mächtigkeit und Masse der organischen Auflage. Generell verringerten sich die Massen der Of-Lagen; jene der Oh-Lagen stiegen in gleichem Maße an. Im Mittel führte die Laubholzeinbringung in Kiefernreinbestände zu einem Rückgang des Corg-Vorrats in der Humusaufgabe.

Die Bucheneinbringung in Kiefernreinbestände führte zu einer ökologisch vorteilhaften Verlagerung von organischem Kohlenstoff aus der Humusaufgabe in den oberen Mineralboden. Sie stellt somit eine auf vielen Standorten Erfolg versprechende, mit geringen Nebenwirkungen (Humusschwund, CO₂-Emission, Verlust von Wasser- und Nährstoffspeichern) behaftete und nachhaltige waldbauliche Maßnahme zur Rehabilitation und biologischen Aktivierung versauerter, an Nährstoffen verarmter Oberböden dar.

Effects of growing roots of Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) and European beech (*Fagus sylvatica* L.) on rhizosphere soil solution chemistry

Journal of Plant Nutrition and Soil Science

Volume 164, Issue 1, Date: February 2001, Pages: 35-41

Zhenyu Wang, Axel Göttlein, Günther Bartonek

Abstract :

The chemical conditions of the rhizosphere can be very different from that of bulk soil. Up to now, little attention has been given to the problem of spatial heterogeneity and temporal dynamics of rhizosphere soil solution and little is known about the influence of different tree species on rhizosphere chemistry. In the present study, we used micro suction cups to collect soil solution from the rhizosphere of Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) and European beech (*Fagus sylvatica* L.) seedlings in high spatial resolution and capillary electrophoresis for the determination of major cations and anions. The results indicate, that in a soil with a base saturation of about 20 - 25% and a pH of 6.5, growing roots of beech and spruce lower the concentrations of nutrient cations and nitrate in the rhizosphere soil solution and decrease significantly the pH. The H⁺ release leads to an enhanced mineral weathering as indicated by an increase of CEC and base saturation and to a mobilization of soluble Al, however, on a very low concentration level. In our experiment rhizosphere effects of spruce have been more pronounced than those of beech, indicating, that with respect to below ground activity young spruce trees have a better competitive power than beech.

Volatile Components of Aqueous Liquid Smokes from *Vitis vinifera* L Shoots and *Fagus sylvatica* L Wood

Journal of the Science of Food and Agriculture

Volume 72, Issue 1, Date: September 1996, Pages: 104-110

María D Guillén, María L Ibargoitia

Abstract:

Vitis vinifera L shoots and *Fagus sylvatica* L wood were used to obtain aqueous smoke flavouring preparations. Both flavourings have a gold colour and pleasant odour. The flavour components of both samples are extracted with dichloromethane. The identification and quantitation of the components of the extracts are carried out by means of gas chromatography/mass spectrometry, and gas chromatography with flame ionisation detection. In both preparations carbonyl derivatives are in higher concentrations than phenol derivatives. Compounds that confer sweet, burnt and pungent flavours are in higher concentrations in the *Vitis vinifera* L shoots smoke flavouring, and compounds that give smoky flavours are in higher concentrations in the *Fagus sylvatica* L wood smoke flavouring. Ratios between the concentrations of the main components are proposed as parameters in order to characterise smoke and smoke flavourings, manufactured under specific conditions, from a specific wood. Finally, the yield of some components from a fixed amount of wood is also given.

6. Literatur

Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten (2006), 4. Auflage - Referat Forschung, Innovation, Waldpädagogik, München

Bundesamt für Naturschutz (1999), Verzeichnis der Roten Liste der Pflanzengesellschaften Deutschlands, Berlin

Ellenberg, H. (1996), Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer Sicht, Ulmer, Stuttgart

Erlbeck, Haseder, Stinglwagner (1999), Das Kosmos Wald- und Forstlexikon, Franckh-Kosmos Verlags-GmbH & Co., Stuttgart

Hecker, U. (1995), BLV Bestimmungsbuch: Bäume und Sträucher, BLV Verlagsgesellschaft GmbH, München, Wien, Zürich

Oberdorfer E. (1992a), Süddeutsche Pflanzengesellschaften Teil IV Wälder und Gebüsche A, Textband, Gustav Fischer Verlag Jena, Stuttgart, New York

Oberdorfer E. (1992b), Süddeutsche Pflanzengesellschaften Teil IV Wälder und Gebüsche B, Tabellenband, Gustav Fischer Verlag Jena, Stuttgart, New York

Weiterhin wurde folgende Internetseite verwendet:

<http://www.floraweb.de> (Stand: 11.11.06)

<http://www.wald.de> (Stand: 30.10.06)

<http://www3.interscience.wiley.com/search> (Stand: 12.11.06)

<http://www.bund-naturschutz.de> (Stand 12.11.06)

Seminar Spezielle Geobotanik 2006/2007

Martin Friedel

Thema: Auen- und Bruchwälder

Gliederung

I. Einleitung

II. Ökologie der Auen- und Bruchwälder

1. Auwälder
 - 1 Flussauen als Pflanzenstandort
 - 2 Geographische Gliederung der Aue
2. Bruchwälder
 - 1 Bruchwälder als Pflanzenstandort

III. Pflanzensoziologische Gliederung

1. Auwälder
2. Bruchwälder

IV. Charakterisierung einzelner Verbände

1. Verband: *Salicion albae*
2. Assoziation: *Alnetum incanae*
3. Assoziation: *Quercus Ulmetum*
4. Verband: *Alnion glutinosae*

V. Verbreitung

1. Verbreitung der Auwälder
2. Verbreitung von Bruchwäldern

VI. Gefährdung und Schutz von Auen- und Bruchwäldern

VII. Weitere spezielle Pflanzenstandorte

1. Schlagfluren
2. Waldränder

VIII. Aktuelle Arbeiten über Auen- und Bruchwälder

IX. Literaturangaben

X. Bildquellenverzeichnis

I. Einleitung

Als Klimaxstadium der zonalen Vegetation Mitteleuropas gelten heute die Buchenwälder. An vielen Sonderstandorten sind jedoch ganz andere Vegetationsformen zu sehen. Unter diese Sonderstandorte fallen auch Auen- und Bruchwälder, die im Zuge der Häufung von Hochwasserereignissen an Bedeutung zunehmen. Diese Lebensräume sollen im Folgenden im Hinblick auf Ökologie, Gliederung und Vorkommen in der Bundesrepublik Deutschland beschrieben werden.

II. Ökologie der Auen- und Bruchwälder

1. Auwälder

1.1 Flussauen als Pflanzenstandort

„Als Aue wird jener Bereich des Tales bezeichnet, der periodisch oder episodisch von Fluss überschwemmt wird, wenn dieser mehr Wasser führt als sein Bett [...] fassen kann“ (WILMANN 1993, 357). Die Grenze der Aue ist dabei derjenige Abstand vom Flussbett, der noch vom Hochwasser erreicht werden kann.

Ein solcher Standort verlangt von Pflanzen spezielle Anpassungen und Fähigkeiten. Zum einen wird die Pflanze hohen mechanischen Belastungen ausgesetzt, nicht nur durch die wechselnden Wasserstände, sondern im besonderen auch durch Eisbildung im Winter. Zum anderen besitzt der Fluss auch eine hohe Dynamik und verlagert kontinuierlich sein Bett (Mäandrierung), wodurch Standorte weggerissen werden und andernorts wieder fruchtbarer Boden angeschwemmt wird.

Der Untergrund einer Aue ist sehr vielgestaltig und lässt sich grundsätzlich durch seinen Abstand vom Flusslauf charakterisieren: direkt am Bett findet sich Kies und grobes Gestein, mit zunehmender Entfernung wird die Körnung feiner; Sand, Schluff und Lehm lagern sich ab. Durch die Ortsverlagerung des Bachbettes liegen jedoch an einem Ort oft verschiedene Materialien übereinander (gradierte Schichtung). Die Ablagerung der verschiedenen Korngrößen beeinflusst aber nicht nur die Vegetation, sondern auch umgekehrt: Insbesondere Weidengebüsche verringern die Fließgeschwindigkeit des Wassers drastisch, und schaffen sich so selbst ihr eigenes Habitat aus feinem Substrat. Die unterschiedlichen Substrate bedingen ein spezifisches Porenvolumen im Untergrund, das nicht nur die Durchwurzelbarkeit, sondern auch die Dynamik der Wassersättigung des Untergrundes beeinflusst: so können große Porenräume zwar schneller von Wasser gefüllt werden, trocknen aber bei sinkendem Pegel auch wieder schneller aus.

Wasser steht in der Aue über den größten Teil des Jahres hinweg ausreichend zur Verfügung. Eine Aue kann jedoch auch nahezu vollständig austrocknen, was bedeutet, dass die Pflanzenarten nicht nur an Überschwemmung, sondern auch an Trockenheit angepasst sein müssen. Bedingt durch den Wasserfluss kann die Aue als nährstoffreicher Standort gelten, einige alpine Höhenlagen sind dabei jedoch ausgenommen.

Nicht nur der Standort für bereits fertig ausgebildete Pflanzen wird in der Aue vollständig durch den Fluss bestimmt, sondern auch deren Besiedlung. Mit der Bewegung des Wassers

entlang dem Höhengradienten steht den Pflanzen der Aue ein hervorragender Vektor für schwimmfähige Samen und Schwemmlinge zur Verfügung. Diese finden an vielen Stellen neu entstandene und damit bisher unbesiedelte Standorte vor. In Verbindung mit den guten Lichtverhältnissen können sich auf diese Weise auch eher konkurrenzschwache, aber gut angepasste Arten etablieren.

2. Geographische Gliederung der Aue

Eine Einteilung der Aue ist am besten nach der Häufigkeit und Intensität der Überflutung möglich. Abbildung 1 zeigt die Quergliederung der Aue in verschiedene Abschnitte.

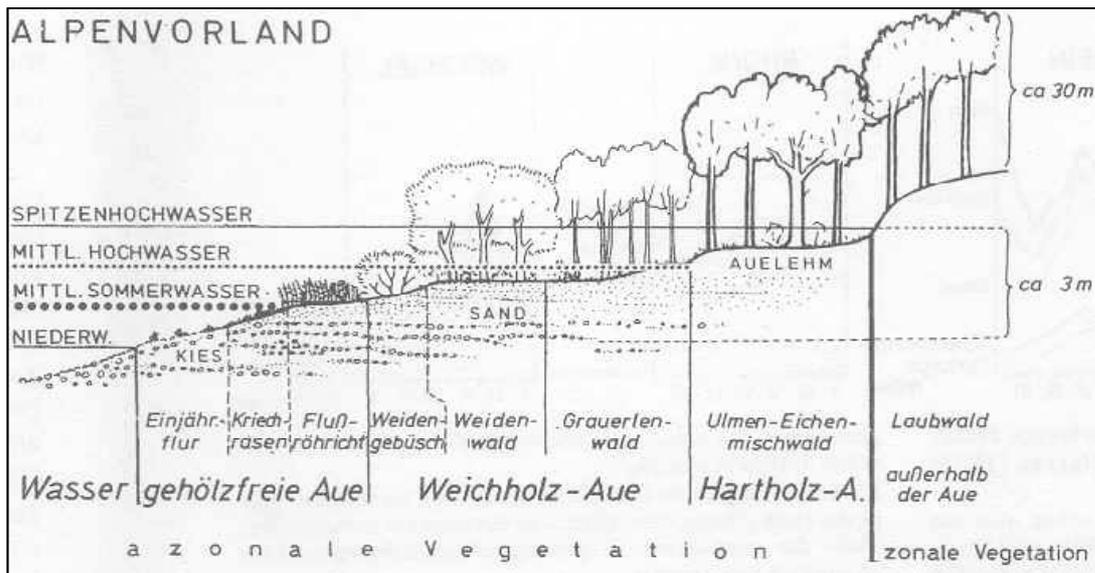


Abb.1: Querschnitt durch eine Aue mit den einzelnen Vegetationstypen; ELLENBERG 1996.

Direkt am Gewässerrand befindet sich die gehölzfreie Aue. Charakteristika des Standortes sind ganzjährig gute Wasserbedingungen und extrem hohe mechanische Beanspruchungen. Die Gehölzfreie Aue beginnt mit dem sog. Amphibischen Uferbereich, der vor allem von Kräutern der Gattungen *Chenopodium* L. und *Polygonum* L. besiedelt ist. Etwas weiter von Fluss entfernt finden sich vor allem Gräser. Mit der Fähigkeit zur starker Verwuzelung und schmalen, biegsamen Blättern ist das Rohrglanzgras (*Phalaris arundinacea* L.) ein typischer Vertreter dieses Lebensraumes.

Die nächste Stufe der Aue ist das Weidengebüsch, das hier zu einem regelrechten Urwald heranwachsen kann. Alle vorkommenden Weidenarten sind jedoch buschig und meist raschwüchsig. Beispiele sind Purpurweide (*Salix purpurea* L.) und Mandelweide (*S. triandra* L.), deren Blätter in Abb. 2 zu sehen sind. Diese sind besonders schmal und können sich somit bei Überschwemmung besonders gut mit der Strömung ausrichten. So sind sie in der Lage, die Belastung von Zweigen und Wurzeln so gering wie möglich halten.

Der Hauptteil des Weidengebüschs zählt bereits zur Weichholz-Aue. Diese beinhaltet ausserdem noch den Weidenwald und Grauerlenwald.

Im Weichholz-Auwald ist die Weide in tieferen Lagen weit verbreitet und nahezu an jedem natürlichen Flusslauf zu sehen. Vor allem Silberweide (*Salix alba* L.) und Bruchweide (*Salix fragilis* L.) bilden hier einen lockeren Wald, der häufig überflutet wird. Daraus resultiert Nährstoffreichtum, aber auch periodische Sauerstoffarmut. Dies schränkt die Vegetation ein, da nur wenige Bäume diese Standortbedingungen verkraften.

In den höheren Lagen der Alpen und Mittelgebirge kann sich jedoch die Weide kaum halten. Das kältere und rauhere Klima führt dazu, dass ihre Rolle hier die Grauerle (*Alnus incana* L.) übernimmt.



Abb.2 a,b: Die schmalen Blätter von *Salix triandra* (links) und *Salix purpurea* (rechts) minimieren die mechanischen Belastungen.

Von kräftigen Baumarten bewachsen folgt nun die höchste Stufe der Aue. Diese sogenannte Hartholzaue wird nur noch episodisch überflutet und bietet mit ihrem meist dichten Bodenbewuchs ein urwaldähnliches Aussehen. Durch die seltenen Überflutungen fällt der Konkurrenzvorteil für die Arten der Weichholzaue weg. Dadurch etablieren sich Baumarten wie Esche (*Fraxinus excelsior* L.), Feldulme (*Ulmus minor* Mill.), Erle (*Alnus glutinosa* L.) und Eiche (*Quercus robur* L.). Ausserhalb der Aue beginnt nun die zonale Vegetation, also das vom europäischen Klima bedingte Klimaxstadium. Die Aue selbst muss als azonale angesehen werden, das heisst sie ist weniger vom mitteleuropäischen Klima als von den besonderen Standortbedingungen geprägt.

Diese Einteilung ist jedoch als idealisierte Vorstellung zu betrachten. Weder müssen an einem Standort alle beschriebenen Vegetationstypen vorhanden sein, noch kann eine genaue Trennlinie zwischen diesen in der Natur bestimmt werden.

Das Schema ist auch über die Länge des Flusslaufes gemittelt. Am Quelllauf ist oftmals überhaupt keine Aue vorhanden, lediglich einzelne Austücke vor Hindernissen sind zu beobachten. Ein schmales Band längs des Flüsschens stellt oft die Aue am Oberlauf dar, und erst an Mittel- und Unterlauf kann man Weich- und Hartholzauen finden, wobei aber montane Arten bereits wider fehlen. Breitflächige Gehölzauen zeigen sich schließlich in den Mündungsdeltas großer Flüsse, wo der Schlick ein besonders nährstoffreiches Substrat bietet. Voraussetzung dafür ist jedoch ein vernachlässigbarer Einfluss der Tide.

3. Bruchwälder

3.1 Bruchwälder als Pflanzenstandort

Eine weitere Gehölzgesellschaft, die stark vom Wasser beeinflusst wird ist der Bruchwald. Bruchwälder stehen auf einem Boden, der durch ganzjährig hoch anstehendes Grundwasser charakterisiert ist, und nur geringe Schwankungen des Wasserstandes aufweist. Er wird in der Regel im Frühjahr durch die Schneeschmelze überschwemmt, die Nässe hält sich dann aber

über lange Zeit, was einen wichtigen Unterschied zu den Auen darstellt. Da die Nässe eher Grundwasser- als Fließwasserbedingt ist, wird, ebenfalls im Unterschied zur Aue, kaum düngende Sedimentfracht angeschwemmt, der Standort bleibt relativ mager. Eine weitere Folge ist der fast permanente Sauerstoffmangel im Boden, was die Abbauprozesse der Mikroorganismen erschwert und aus den abgestorbenen Pflanzenteilen einen Bruchwaldtorf produziert, der jedem echten Bruchwald zu Eigen ist.

Die hohe Feuchtigkeit und Nährstoffarmut verschaffen Arten mit den nötigen Anpassungen, wie etwa der Schwarzerle (*Alnus glutinosa* L.) einen entscheidenden Konkurrenzvorteil bzw. machen das Überleben überhaupt erst möglich. Die Erle lebt in Symbiose mit stickstofffixierenden Bakterien, die so effektiv arbeiten, dass sogar das Laub grün abgeworfen werden kann. Gegen den Mangel an Sauerstoff existiert ein spezielles Belüftungssystem, das zu weit hinreichende Wurzeln Sauerstoff transportieren kann. Gespeist wird es durch Öffnungen an der Stammbasis, die jedoch nicht selbst unter Wasser geraten dürfen.

III. Pflanzensoziologische Gliederung

1. Auwälder

Die Weichholzaue gehört zur Klasse der Weidengebüsche und Weidenwälder (*Salicetea purpureae* Moor 58), die sich folgendermaßen gliedern lässt (OBERDORFER 1990, 45):

Ordnung: *Salicetalia purpureae* Moor 58

Verband: *Salicion eleagni* Aich. 33, praealpine Ges.

Assoziationen: *Salici-Myricarietum* Moor 58 (Av), *Salicetum eleagni* Hag. 16 ex. Jenik 55

Verband: *Salicion albae* Soó 30 em. Moor 58

Assoziationen: *Salicetum triandrae* (Malc.29), Noirf. 55, *Salicetum albae* Issl. 26, *Salicetum fragilis* Pass. 57, *Salix purpurea*- Ordn.-Ges.

Die Hartholzaue umfasst hingegen nur einen Verband: *Alno Ulmion minoris* Br.-Bl et Tx. 43 (...). Er kann wie folgt unterteilt werden (OBERDORFER 1990, 49):

Unterverband: *Alnenion glutinoso-incanae* Oberd. 53, Erlen-Eschen-Auenwälder

Assoziationen: *Alnetum incanae* Lüdi 21, *Stellario nemorum-Alnetum glutinosae* Lohm. 57,

Pruno-Fraxinetum Oberd. 53 (...), *Ribeso sylvestris-Fraxinetum* Lemée 37 corr. Pass. 58

(subatl), *Carici remotae-Fraxinetum* W. Koch ex Faber 36, *Equiseto telmateiae-Fraxinetum*

Oberd. 57 ex Seibert, *Carex remota-Alnus incana*-Ges., dazu an feucht. Waldwegen *Carex*

remota-Fragment-Ges. mit *Rumex sanguineus*, *Impatiens noli-tangere*, u.a.

Unterverband: *Ulmenion minoris* Oberd. 53, Eichen-Ulmen-Auenwälder

Assoziation: *Querco-Ulmetum* Issl. 24 (*Fraxino-Ulmetum* Tx. 52)

2. Bruchwälder

Die Bruchwälder gehören zu der Klasse der *Alnetea glutinosae*, die nur die Ordnung der *Alnetalia glutinosae* (Erlenbrüche und Moorbirkenbruchwälder) umfasst. Die typischen Bruchwälder stammen aus dem Verband des *Alnion glutinosae*, auf den ich näher eingehen werde. Ein zweiter Verband, *Salicion cinereae* stellt die Grauweidengebüsche.

IV. Charakterisierung einzelner Verbände

1. Verband: *Salicion albae* (Silberweiden- Auwald)

Der Verband der mitteleuropäischen Weiden- und Pappelgesellschaften findet sich in den Tieflagen und Unterläufen der Flüsse. Er kann unterteilt werden in *Salicetum triandro-viminalis* (Korbweiden-Madelgebüsch) und *Salicetum albae* (Bruchweiden-Auewald), wobei die erste Assoziation näher am Fluss selbst liegt und daher extrem überflutungsresistent sein muss. Ihre Charakterarten sind Mandelweide (*Salix triandra*) und Korbweide (*S. viminalis*).

Höhere Weiden, wie Silberweide (*Salix alba*) und Bruchweide (*Salix fragilis*) sind dagegen charakteristisch für den Bruchweiden-Auewald, der sich landeinwärts anschließt, und dessen ehemaligen Standort man heute meist mit Schwarzpappeln (*Populus nigra* L.) und amerikanischen Hybridpappeln bepflanzt vorfindet.

Beide Standorte sind nährstoffreich durch die periodischen Überflutungen und beherbergen eine Krautschicht aus verschiedenen Pflanzengruppen. Exemplarisch seien hier genannt: der Hopfen (*Humulus lupulus* L.), die Kratzbeere (*Rubus caesius* L.), das Rohrglanzgras (*Phalaris arundinacea* L.) sowie die Wasserminze (*Mentha aquatica* L.). Eine ausführlichere Auflistung der Arten kann ELLENBERG 1996, S.298 entnommen werden.

Salicetum triandro-viminalis ist laut www.floraweb.de als stark gefährdet einzustufen, *Salicetum albae* sogar als stark gefährdet. Vorkommen finden sich noch beispielsweise am mittleren Rhein an der Ahrmündung.

2. Assoziation: *Alnetum incanae* (Grauerlen-Auwald)

Der lichte Grauerlen-Auwald wurzelt über Sand oder Schotter in den höheren Lagen der Alpen und des Schwarzwaldes. Er wird weniger überflutet im Vergleich zu *Salicetum albae* und ist daher auch nährstoffärmer und weniger feucht. Die Charakterart, die Grauerle (*Alnus incana* L. (Moench), siehe Abb.4) ist im Flachland der Weide unterlegen, bis etwa 1200 Meter Höhe. Durch die hohe Temperaturtoleranz kann sie jedoch die montane Stufe für sich beanspruchen. Ein weiterer Konkurrenzvorteil liegt, bedingt durch den relativ nährstoffarmen Standort, in der Fähigkeit zur Stickstofffixierung.

Je nach Höhenlage (hochmontan, montan, submontan) treten verschiedene Assoziationen auf, die durch folgende Differentialarten voneinander getrennt werden können (nach ELLENBERG 1996, 401, stark verändert):



Abb 3: Die Grauerle (*Alnus incana*)

Hochmontan

Viola biflora
Senecio hercynius
Circaea alpina

Montan / Submontan

Ligustrum vulgare
Clematis vitalba
Unlus minor
Ranunculus ficaria
Anemone ranunculoides
Cornus sanguinea

3. Assoziation: *Quercus Ulmetum* (Eichen-Eschen-Ulme-Auewald)

Der Eichen-Ulmen-Auenwald stellt eine Hartholzauw dar. Er steht auf schweren Lehmböden, die weder zu sauer, noch zu basisch sein dürfen (Auenlehm, Vega, Übergänge zu Gley) und nur noch episodisch überflutet werden. Dies bedeutet eine relative Nährstoffarmut im Vergleich mit den häufiger überschwemmten Bereichen, sowie relative Trockenheit. Im Flachland ist er oft von der Stieleiche (*Quercus robur* L.) beherrscht, andernorts finden sich Esche (*Fraxinus excelsior* L.), Feldulme (*Ulmus minor* Mill., Charakterart) und Hainbuche (*Capilus betulus* L.). Auch in der Krautschicht sowie unter den Kletterpflanzen herrscht eine sehr große Artenvielfalt, was diesen Auwald geradezu als Urwald erscheinen lässt. Genannt seien hier Waldrebe (*Clematis vitalba* L.), Hopfen (*Humulus lupulus*), an der Donau: *Fraxinus angustifolia* Vahl., Silberpappel (*Populus alba* L.), sowie die Grauerle (*Alnus incana* L. Moench), am Oberrhein: Schmerwurz (*Tamus communis* L.), Weinrebe (*Vitis vinifera* L. s.l.) und Osterluzei (*Aristolochia clematidis* L.).

Restbestände dieses oft nur noch fragmentarisch erhaltenen Lebensraumes findet man an der Weser, Elbe, Oder, Saale, Donau und dem Oberrhein, seine Gefährdungstufe liegt bei 1 (vom Aussterben bedroht).

4. Verband: *Alnion glutinosae* (Erlenbruchwald)

Wie der Name bereits verrät, besteht dieser Bruchwald zum großen Teil aus der gut angepassten Schwarzerle (*Alnus glutinosa*). Wo sie nicht alleine auftritt, sind es vor allem Birkenarten, die der Erle Gesellschaft leisten. Als Verbandscharakterarten gedeihen auf den basenreichen (An-)moor, sowie Niedermoorgleyen zum Beispiel das Sumpf-Reitgras (*Calamagrostis canescens* Weber), das Sumpf-Farn (*Thelypteris palustris* Schott) sowie die schwarze Johannisbeere (*Ribes nigrum* L.). Einige der genannten Arten siedeln sich gerne direkt an großen Schwarzerlen an, da deren Stammfuß oft von dem Hochwasser im Frühjahr nur knapp bedeckt werden.

Der Verband teilt sich in drei Assoziationen den Walzenseggen-Erlenbruch (*Carici elongatae-*

Alnetum W.Koch), den Moorseggen-Erlenbruch (*Carici laevigatae-Alnetum* Schwickerath) und *Sphagno-Almetum* Lemée, dem torfmoosreichen Erlenwald. Eine Charakterart der ersten Assoziation ist Namensgebende Walzensegge (*Carex elongata* L.), das bereits erwähnte Sumpf-Farn gilt als die Differentialart. Die Charakterarten des Moorseggen-Erlebruchs sind die glatte Segge, *Carex laevigata* Sm. und *Scutellaria minor* Huds., das kleine Helmkraut.

Sphagno-Almetum schließlich kann durch folgende Differentialarten genau bestimmt werden: Rippenfarn (*Blechnum spicant* L.(Roth)), Bergfarn (*Thelypteris limbosperma* (Bellardi ex. All) H.P.Fuchs) und Waldschachtelhalm (*Equisetum sylvaticum* L.).

V. Verbreitung

1. Verbreitung der Auwälder

Abbildung 4 zeigt eine, mit Hilfe von floraweb.de erstellte Karte, die die potentielle Verbreitung von Auwäldern darstellt. Wie sehr schön zu erkennen ist, liegen die Auengebiete direkt an großen Flüssen und sind ansonsten relativ gleichmäßig über Deutschland verteilt.

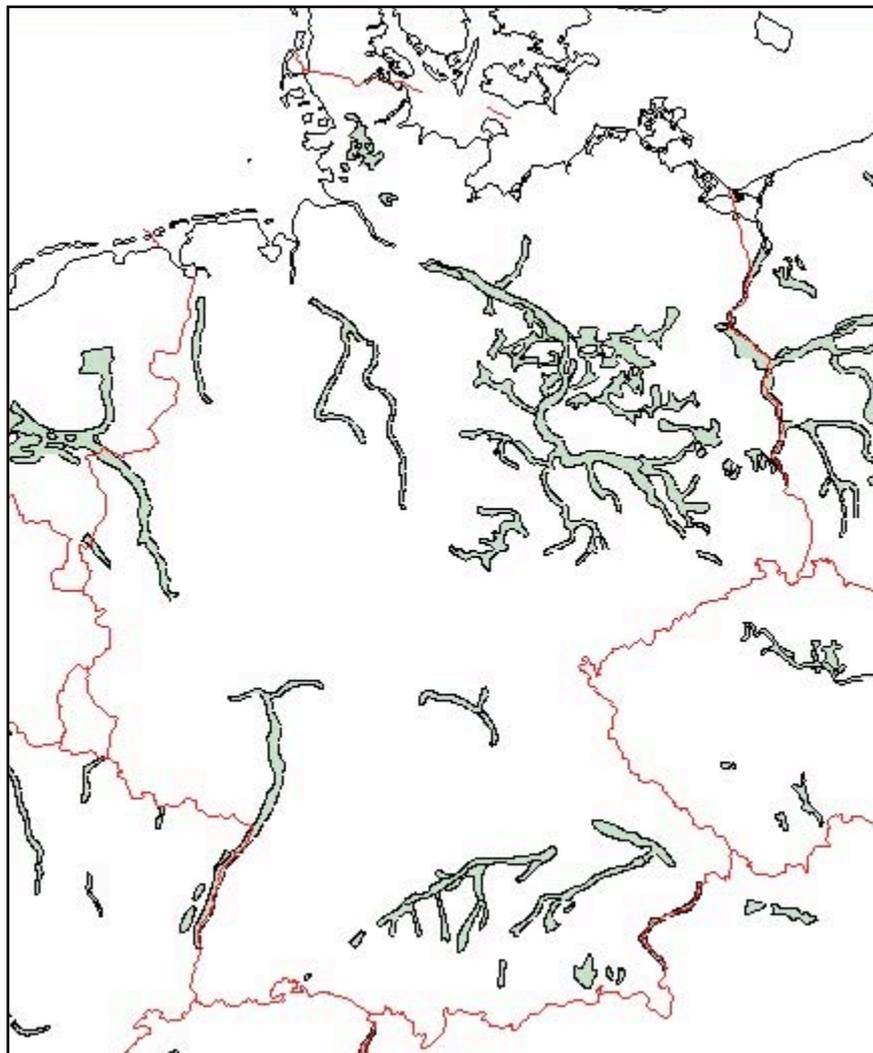


Abb. 4: Die Verbreitung von Auwäldern in Deutschland (hellblaue Bereiche). Erstellt durch <http://www.floraweb.de>

2. Verbreitung von Bruchwäldern

Abbildung 5 zeigt die potentielle Verbreitung von Bruchwäldern in Deutschland. Gut ist zu erkennen, dass es nur noch wenige Bruchwaldstandorte in Deutschland gibt, besonders im Vergleich zu den bereits stark gefährdeten Auen. Die letzten Relikte liegen vorwiegend im atlantischen Bereich, hier ist der Boden sehr flach und stagnierende Nässe kann sich sehr lange halten.

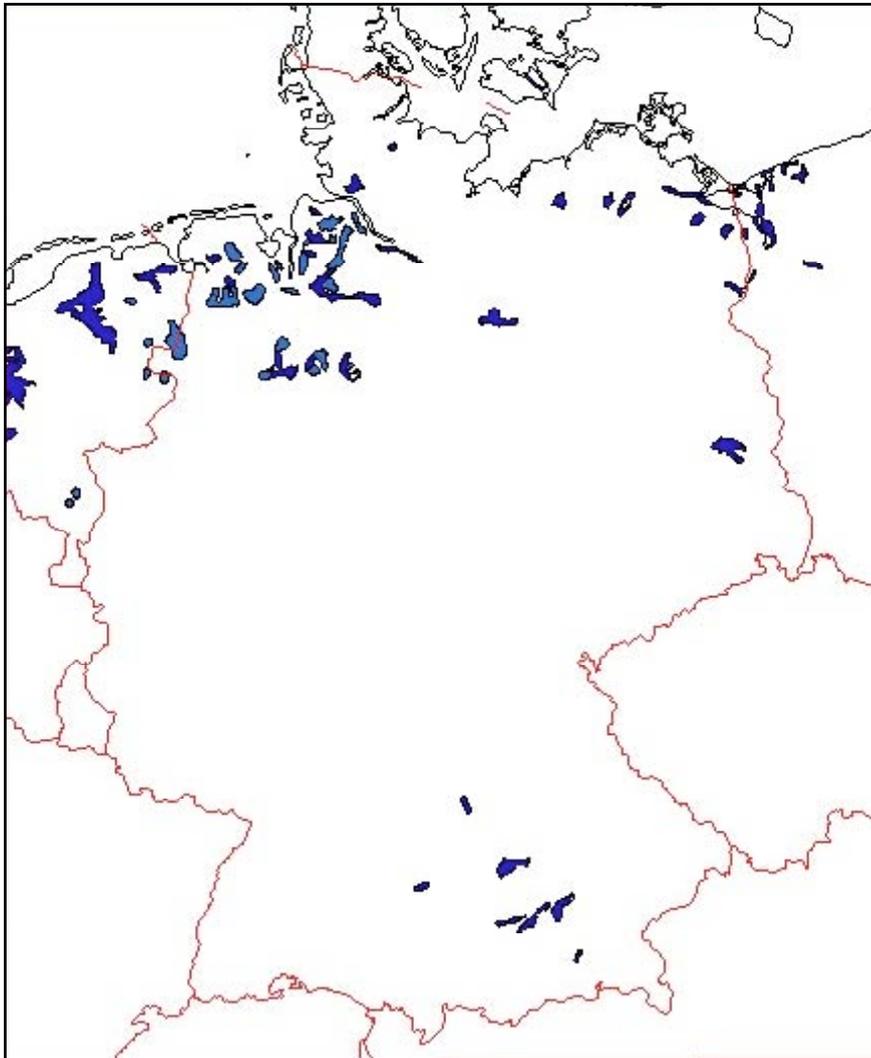


Abb. 5: Die potentielle Verbreitung von Bruchwäldern in Deutschland. Deutlich ist die Seltenheit solcher Standorte zu erkennen. Erstellt durch www.floraweb.de

VI. Gefährdung und Schutz von Auen- und Bruchwäldern

Generell lässt sich sagen, dass alle Auen- und auch Bruchwälder mindestens als „gefährdet“ einzustufen sind. Oft sind nur noch lückenhafte bis fragmentarische Bereiche dieser Vegetationsformen erhalten. *Quercus Ulmetum* und *Myricarietum* stehen in Gefährdungsstufe 1 („vom Aussterben bedroht“). Bei beiden Assoziationen sind die untenstehenden Gründe ausschlaggebend, *Quercus Ulmetum* leidet ausserdem an dem sogenannten Ulmensterben (s.u.), *Myricarietum* kann als montane Gesellschaft als besonders fragil angesehen werden.

Die Gründe für diese großräumige Zerstörung sind zumeist auf Eingriffe in den Flusslauf, wie etwa Begradigungs- und Kanalisierung, sowie Staustufenbau und alle sonstige Eingriffe in das Abflussregime, die den Wasserpegel nachhaltig verändern. Eine vor allem für Bruchwälder bedeutsame Gefährdungsursache ist die gezielte Trockenlegung einzelner Standorte zu Nutzlandgewinnung.

Schließlich kommen noch Gefährdungen der Pflanzenarten hinzu, etwa durch das Einschleppen von Neophyten, aber auch spezifische Probleme. Ein solches wäre etwa die Wurzelhalsfäule der Erle oder, wesentlich gravierender, das Ulmensterben, das in Deutschland mittlerweile eher Regel als Ausnahme ist und auf dessen Auswirkungen der Zustand von *Quercus Ulmetum* zum großen Teil zurückzuführen ist. Ausgelöst wird es durch einen eingeschleppten Pilz, der vom Ulmensplintkäfer übertragen wird und sich in den Gefäßen der Ulme ausbreitet. Dadurch wird die Wasserleitfähigkeit stark beeinträchtigt, was schließlich zum „inneren Vertrocknen“ der Pflanze führt. Große Teile Nordamerikas sind auf diese Weise von quasi allen älteren Ulmen befreit worden. Das Aussterben der gesamten Art ist jedoch kaum zu befürchten, da der Käfer lediglich größere Bäume befällt, die auf diese Weise bereits eine Chance auf Fruktifizierung erhalten haben.

Eine Verbesserung der Verhältnisse ist vor allem durch striktes Nutzungsverbot und Renaturierung von Flussläufen zu erreichen, wobei besonders letzteres häufig auf lokalen Widerstand stößt.

Ein positives Umdenken lässt sich jedoch besonders in den Gegenden erkennen, in denen mit den Eingriffen in den Flusslauf die Hochwasserereignisse exorbitant zugenommen haben. Bis heute ist keine Baumaßnahme in der Lage, es hinsichtlich Wasserrückhaltung und Abkappen der Flussspitzen mit einer breiten Flussaue aufzunehmen. Dabei ist dieses System auch noch das kostengünstigste.

Das WWF- Aueninstitut, Umweltschutzorganisationen und Umweltministerien schaffen daher in den letzten Jahren verstärkt Renaturierungsprogramme, was auf positive Entwicklung in der Zukunft hoffen lässt.

VII. Weitere spezielle Pflanzenstandorte

1. Schlagfluren

„Schlagfluren bilden den ersten Schritt einer vom Menschen ausgelösten, spontan ablaufenden Sukzession, die zur Wiederbewaldung führt“ (POTT, 1995, 424). Durch die spontane Störung werden einerseits die Bäume entfernt, andererseits verändern sich auch die Bedingungen für den Unterbewuchs drastisch. Es gelangt mehr Licht auf den Waldboden, die Temperatur steigt und Niederschläge werden nicht mehr durch das Kronendach gepuffert. Auf dem Waldboden wird, besonders durch die steigende Temperatur (Reaktionsgeschwindigkeits-Temperatur-Regel), wesentlich mehr Stoffumsatz betrieben und damit Nährstoffe freigesetzt.

In der nun folgenden starken Wachstumsphase treten zuerst Gesellschaften der *Atropetalia belladonnae* auf, die die einzige Ordnung der Klasse der Schlaggesellschaften und Vorwaldgehölze (*Epilobietea angustifolii*) darstellt.

Die Himbeere (*Rubus idaeus*), das Echte Tausendgüldekraut (*Centaureum umbellatum*), sowie die Walderdbeere (*Fragaria vesca*) sind einige der Ordnungscharakterarten. Weitere häufige Gattungen dieses Lebensraumes sind Weidenröschen (*Epilobium*), Fingerhut (*Digitalis*), sowie die Tollkirsche (*Atropa belladonna* L.).

2. Waldränder

Zum Teil sehr ähnliche Arten wie die zuvor beschriebenen Schlagfluren beheimaten die Waldränder, die ebenfalls als Sonderstandort unter den Waldgesellschaften gelten müssen. Sie sind jedoch im Unterschied zu den Schlagfluren schwer systematisch eingliederbar, da sich eine große Vielfalt verschiedener Pflanzen in Abhängigkeit von Boden und Wasserhaushalt einstellen kann.

Auf einen Verband muss man jedoch genauer eingehen, da sich hier sehr typische Vertreter der Waldränder eingliedern lassen: *Sambuco-Salicion carprea*. Charakterarten sind *Salix caprea* L., die Salweide, sowie der schwarze Holunder *Sambucus nigra* L. und *Rubus nessensis* Hall, die halbaufrechte Brombeere.

Aber auch andere Kräuter, Stauden und Gebüsche finden sich an unseren Waldrändern, wie etwa Schlehe (*Prunus spinosa* L. s. str.) und Weissdorn (*Crataegus*).

VIII. Aktuelle Arbeiten über Auen- und Bruchwälder= **European Floodplain Forests: Structure, Functioning and Management**

A. G. Brown, D. Harper, G. F. Peterken

Global Ecology and Biogeography Letters, Vol. 6, No. 3/4, Floodplain Forests: Structure, Functioning and Management (May - Jul., 1997), pp. 169-178

doi:10.2307/2997730

Dieser Artikel beschäftigt sich mit den hydrologischen und geomorphologischen Bedingungen in einer Aue, und deren Wechselwirkungen auf die Vegetation, zum Beispiel über den Nährstoffhaushalt.

= **Woody Plant Regeneration in Four Floodplain Forests**

Robert H. Jones, Rebecca R. Sharitz, Philip M. Dixon, Debra S. Segal, Rebecca L. Schneider

Ecological Monographs, Vol. 64, No. 3 (Aug., 1994), pp. 345-367

doi:10.2307/2937166

Es handelt sich bei dem vorliegenden Artikel um eine Beschreibung und Auswertung einer Aufnahme über die Entwicklung (Samenproduktion, Wachstum, Überleben) von über 10000 Baum- und Weinsämlingen in South Carolina. Er beschäftigt sich auch weiterhin mit den Gründen für die entdeckten Muster.

= **Restoration of floodplain forests in Britain**G. F. PETERKEN and F. M. R. HUGHES *Forestry*, Volume 68, Number 3, pp. 187-202

Dieser Artikel beschäftigt sich mit dem Schutz von Auenwäldern in Großbritannien, über ein Wiederherstellungsprogramm mit betreuten und natürlichen Auwäldern und stellt die daraus resultierenden Vorteile für Wasserqualität, Abflussverhalten und der Fischerei vor.

= **Floodplain Forest Loss and Changes in Forest Community Composition and****Structure in the Upper Mississippi River: A Wildlife Habitat at Risk**

Knutson, MG; Klaas, EE

Natural Areas Journal [Nat. Areas J.]. Vol. 18, no. 2, pp. 138-150. Apr 1998.

Speziell mit den Auenwäldern am oberen Mississippi beschäftigt sich diese Arbeit. Über 56 Plots wurden 1992 aufgenommen und mit den Daten von 1957 verglichen. Es zeigte sich, dass die sich Dominanz bestimmter Arten stark verändert hatte.

- **Habitat Heterogeneity and Aquatic Invertebrate Diversity in Floodplain Forests**

David Harper, Jarka Mekotova, Sarah Hulme, Jonathan White, Jacky Hall

Global Ecology and Biogeography Letters, Vol. 6, No. 3/4, Floodplain Forests: Structure, Functioning and Management (May - Jul., 1997), pp. 275-285

Die Biodiversität der Wasserorganismen im Hinblick auf die Heterogenität der Habitate soll in diesem Artikel beschrieben werden. Die Verfasser stützen sich auf die Daten aus zwei Gebieten, Gearagh in Südirland und Pomoravi in Tschechien.

IX. Literaturverzeichnis

Wilmanns, O.,1993: *Ökologische Pflanzensoziologie*, Wiesbaden. 479 S.

Pott, R.,1995: *Die Pflanzengesellschaften Deutschlands*, Stuttgart. 652 S.

Ellenberg, H.,1996: *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen*, Stuttgart. 1095 S.

<http://www.floraweb.de>

Oberdorfer, E.,1990: *Pflanzensoziologische Exkursionsflora*, Ulmer. 1051 S.

A. G. Brown, D. Harper, G. F. Peterken, 1997: European Floodplain Forests: Structure, Functioning and Management. *Global Ecology and Biogeography Letters* **6**: 169-178

Robert H. Jones, Rebecca R. Sharitz, Philip M. Dixon, Debra S. Segal, Rebecca L. Schneider, 1994: Woody Plant Regeneration in Four Floodplain Forests. *Ecological Monographs* **64**: 345-367

G. F. Peterken, F. M. R. Huges, 1995: Restoration of floodplain forests in Britain. *Forestry* **68**: 187-202

M. G. Knutson, E. E. Klaas, 1998: Floodplain Forest Loss and Changes in Forest Community Composition and Structure in the Upper Mississippi River: A Wildlife Habitat at Risk. *Natural Areas Journal* **18**: 138-150

D. Harper, J. Mekotova, S. Hulme, J. White, J. Hall, 1997: Habitat Heterogeneity and Aquatic Invertebrate Diversity in Floodplain Forests. *Global Ecology and Biogeography Letters* **6**: 275-285

X. Bildquellenverzeichnis

Abb 1: Ellenberg, H., „Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen“, 1996,Stuttgart.

Abb 2 a: http://www.floraweb.de/bilder/Arten/Abb_65.jpg

Abb 2 b: <http://linnaeus.nrm.se/flora/di/salica/salix/salipur2.jpg>

Abb 3: <http://www.floraweb.de/bilder/Arten/0344.jpg>

Abb 4: Karte erstellt mit Hilfe von www.floraweb.de/pnv/

Abb 5: Karte erstellt mit Hilfe von www.floraweb.de/pnv/

Seminar Spezielle Geobotanik, WS 06/07

Segetal- und Ruderalvegetation



Tina Astor, Bayreuth 28.11.06

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung

2. Herkunft, Vorkommen

2.1 Segetalvegetation

2.2 Ruderalvegetation

3. Ökologie

3.1 Segetalvegetation

3.2 Ruderalvegetation

3.3 Weinbergsbegleitvegetation

4. Systematik

4.1 Einteilung nach Kulturpflanzenbesatz

4.2 Kritik

5. Gefährdung und Schutz

5.1 Neue Bewirtschaftungsmethoden und Unkrautbekämpfung

5.2 Gefährdungsgrad und Ursachen

5.2.1. Segetalvegetation

5.2.2. Ruderalvegetation

5.3 Schutz

5.3.1. Schutzwürdigkeit

5.3.2. Möglichkeiten

6. Aktuelle Forschung

1. Einleitung

Sowohl Segetal- als auch Ruderalpflanzen sind anthropogen bedingte Erscheinungsformen und treten in typische Gesellschaften an den jeweiligen Sonderstandorten auf.

An diesen Standorten herrschen von der Umgebung abweichende, sehr unterschiedliche Bedingungen. Daraus resultieren besondere ökologische Anpassungen und eine hohe Diversität. Die Notwendigkeit des Schutzes dieser besonderen Gesellschaften gerät immer wieder in Konflikt mit anthropogenen Nutzungsansprüchen, auf die noch näher eingegangen wird.

Nomenklatur:

Schmeil-Fitschen (2003), Flora von Deutschland

Oberdorfer (1993), Süddeutsche Pflanzengesellschaften Teil 3

Definitionen

Segetalvegetation

(von lat. seges, segetis: Saat, Saatfeld)

Segetalvegetation ist der anthropogen bedingte Vegetationstyp der Ackerunkrautgesellschaften, der im Bereich von Äckern, Plantagen und Gärten in Konkurrenz zu den Nutzpflanzen steht.

Ruderalvegetation

(von lat. rudus, ruderis: Schutt, Ruinen)

Ruderalvegetation ist die vorwiegend krautige Vegetation anthropogen stark veränderter und/ oder gestörter Wuchsplätze, sofern diese weder land- noch forstwirtschaftlich genutzt werden.

(Brandes 1985, Brandes & Griese 1991)

2. Herkunft und Vorkommen

2.1. Segetalpflanzen

Die heutigen Ackerunkrautgesellschaften setzen sich hauptsächlich aus Arten der folgenden 3 Typen zusammen:

1. Apophyten

= Pflanzen, die schon vor Besitznahme und Veränderung eines Gebiets durch den Menschen

heimisch waren. Sie passten sich entweder den veränderten Bedingungen der Kulturlandschaft an oder hatten schon vorher ähnliche Standortansprüche.

Beispiele: ***Centaureus Cyanus*** L. (Kornblume)



2. Archäophyten

Pflanzenarte, die in ur-und frühgeschichtlicher Zeit mit den Nutzpflanzen aus deren ursprünglicher Heimat eingewandert sind. Diese sind vorwiegend mit den Getreidearten aus dem Orient und Südosteuropa, und mit Gemüse-/ Obstpflanzen aus dem Mittelmeer eingewandert. In Deutschland haben sie ihnen klimatisch und standörtlich zusagende Flächen besiedelt.

Beispiele: ***Stellaria media*** agg.(Vogelmiere), ***Avena fatua*** L. (Flughafer)



3. Neophyten

= Pflanzen, die seit der Entdeckung Amerikas (1492) eingewandert sind und im Zuge der Ausweitung des Handels und des Verkehrs immernoch aus fremden Florenreiche einwandern. Sie finden in Mitteleuropa ähnliche Klimabedingungen vor. Beispiele: ***Amaranthus retroflexus*** L. (Rauhhaariger Amaranth)



Außerdem kann man Getreidebeikräuter von Hackfruchtbeikräutern unterscheiden. (Ellenberg 1996)

Nach der Eiszeit entstand nach und nach eine mehr oder weniger geschlossene Waldlandschaft, in der es aber auch vereinzelt freie Flächen gab (z.B. durch entwurzelte Bäume, Erosion an Böschungen). Diese wurden besonders von rasch keimenden und schnell wachsenden Pflanzen neu besiedelt. Die Pflanzen entwickelten sich später zu Ackerpflanzen, indem sie die vom Mensch freigelegten Flächen (für Ackerbau) eroberten und sich dem Ernte- und Bearbeitungsrythmus des Ackerbaus anpassten. Es ist auch möglich, dass manche von ihnen schon einen passenden Lebenszyklus besaßen. Seit den Anfängen des Getreidebaus um 2000-3000 v.Chr. wanderten die ersten Kulturbegleiter aus den älteren Kulturräumen um das Mittelmeer ein. In Ägypten wurde schon einige tausend Jahre früher Getreide angebaut. Zu diesem Zeitpunkt herrschten Gräser vor, die mit dem Getreide zusammen geerntet wurden, z.B. ***Avena fatua*** L. (Flughafer), ***Elymus repens*** L. (Quecke). In der Bronze-und Eisenzeit (1000-2000 v.Chr.) musste ein reger Austausch zwischen der Bevölkerung Süd- und Mitteleuropas geherrscht haben, da zu dieser Zeit sehr viele Pflanzen aus dem Mittelmeerraum einwanderten. Diese waren auf wärmere Standorte angewiesen. Auf gut durchwärmten Böden bildete sich eine typische Kalkflora aus, z.B. ***Ajuga chamaepitys***(L.) SCHREB (Gelber Günsel). Bis 1500 n.Chr. kann man eine weitere Bereicherung der Ackerflora erkennen. Die vorher beschriebene Tendenz von nicht einheimischen, wärmeliebenden Arten, die sich auf Kalkböden ansiedelten, setzte sich fort. Die Urwechselwirtschaft, bei der vorwiegend ausdauernde Segetalpflanzen auftraten, wurde durch die Dreifelderwirtschaft abgelöst.

Dies bedingte eine Zunahme anueller (einjähriger) Arten, die aufgrund der regelmäßigen Bodenbearbeitung und der daraus resultierenden kürzeren Entwicklungsmöglichkeit einen klaren Vorteil hatten. Im 16. Jahrhundert, mit der Entdeckung der neuen Welt, wurden viele Pflanzen nach Europa gebracht oder unabsichtlich eingeschleppt, die z.T. die einheimischen Pflanzen verdrängten und sich rasch ausbreiteten. Das Einwandern invasiver Arten stellt mittlerweile ein ernstzunehmendes Problem dar. Einige dieser Arten breiten sich massiv aus, können nicht ausreichend bekämpft werden und verdrängen einheimische Arten. Es gibt auch Neophyten, die gesundheitliche Probleme auslösen und z.B. zu Allergien führen können, z.B. **Ambrosia artemisifolia**. Sie ist eine nährstoffliebende Ruderalpflanze aus Nordamerika, die sich nun auch in Deutschland auszubreiten droht. Die Ambrosie verursacht 70 mal mehr allergische Reaktionen, als Gräserpollen. (ANL, Presseinformation 16/2004). Bis Mitte des 19. Jahrhunderts vollzog sich eine ständige Bereicherung und Differenzierung der Segetalvegetation. (Martin Hanf 1990, Farbatlas Feldflora; Ackerunkräuter Europas 1990)



Ambrosia artemisifolia



Elymus repens L.



Ajuga chamaepitys (L.) SCHREB

2.2. Ruderalpflanzen

Wie bei den Segetalpflanzen gibt es auch unter den Ruderalpflanzen Apophyten, Paläophyten und Neophyten, wobei die unbewusst eingeschleppten Arten den größten Teil der Ruderalvegetation ausmachen. Unter den Ruderalpflanzen gibt es mehr Arten, die aus euroasiatisch-/subozeanischen Florengebieten stammen. Viele dieser Pflanzen wurden vermutlich schon sehr früh durch Sammeln von Beeren/Früchten, Holztransport und Viehhaltung in die Siedlungen eingebracht. Dazu gehören z.B. **Urtica dioica** L., **Aegopodium podagraria** L. und **Artemisia umbelliformis** LAM (C.Fink, A.Otte 1999, Ackerland und Siedlungen)



Aegopodium podagraria L.

Brassicaceen, Lamiaceen, Polygonaceen, Chenopodiaceen und Asteraceen sind häufig vertreten, während Liliaceen, Orchidaceen Ranunculaceen u.a. fast völlig fehlen (→ wenig schnellwüchsige Nitrophile) (Ellenberg 1996)

Ruderalstellen

Typische Ruderalstellen weisen einen gestörten Bodenaufbau auf, stehen unter Einfluss menschlicher Nutzung und sind/ waren zeitweise artenarm. Diese Standorte weisen oft einen hohen Stickstoffgehalt auf, woraus eine hohe Produktivität der Gesellschaften resultiert. (Frey, Lösch 2004). Zudem stellen sie oft Trocken- und Wärmeinseln da.

Beispiele für solche Ruderalstellen sind:

- Schuttplätze
- Bahndämme/ Gleise
- Trümmerflächen
- Steinbrüche
- Weg- und Straßenränder

3. Ökologie

3.1. Segetalpflanzen

Ökologische Einteilung

- **Einteilung nach Zeitraum mit assimilationsfähigen Blättern**
(Ellenberg 1996)
 - (f) Frühjahrspflanzen: Blattentwicklung im Frühjahr; im Sommer bereits verdorrt
 - z.B. *Veronica triphyllos* L., *Tulipa sylvestris* L. (Therophyten, mediterran)
 - (v) Vom Frühling ab Grüne: früh keimend, bis in Winter hinein assimilierend
 - z.B. *Chenopodium album* L.
 - (s) Sommergrüne: Keimung im Frühsommer, Überdauerung des Winters als Samen (Therophyten)
 - z.B. *Solanum nigrum* L.; spät austreibende Geophyten
 - (w) Überwinternde: einjährig, in Sommertracht überwinternd,
 - z.B. *Stellaria media* L.
 - einige Ausdauernde, z.B. *Ranunculus repens* L.



Veronica triphyllos L.



Tulipa sylvestris L.



Chenopodium album L.



Solanum nigrum L.



Ranunculus repens L.

Lebensformen

Die meisten Segetalpflanzen sind Geophyten oder Therophyten. Sie müssen aufgrund des Wechsels zwischen Anbau, Ernte, Bearbeitung und Brache die Fähigkeit haben im Boden zu überdauern und lange keimfähig zu sein, um den günstigen Moment für die Keimung abzuwarten. Zudem sollten sie sich rasch entwickeln können. Des weiteren ist auffällig, dass sie einen großen Vorrat an Samen produzieren (100-5000 pro qm) und diese bei vielen Arten nicht alle gleichzeitig keimen, damit nach der Bodenbearbeitung noch genügend keimfähige Samen vorhanden sind.

Lichtbedürfnis

Segetalpflanzen sind häufig in der Lage, zeitweise Beschattung zu ertragen oder haben die Fähigkeit, dieses Problem durch Emporklettern zu umgehen, z.B. *Lathyrus* L. (Platterbsen) *Convolvulus arvensis* L. (Ackerwinde) siehe Abb.3.1a/b



Lathyrus L.

Bodenreaktion

Von der Zusammensetzung der Ackerbeikrautgesellschaften kann man oft auf Bodeneigenschaften schließen. Einige Pflanzen fordern einen hohen Kalkgehalt des Bodens. Andere können, obwohl sie kalkliebend sind, auch auf weniger kalkigen Böden gut gedeihen.

Für die Kalkzeiger unter den Segetalpflanzen sind hohe Kalkgehalte meist keine Notwendigkeit, sondern eher eine Begleiterscheinung der veränderten Klimabedingungen in Mitteleuropa. Denn in ihrem Ursprungsgebiet Südeuropas gedeihen sie auch auf kalkarmen Böden, die aber dort trotzdem basenreich sind. Bei uns sind diese Bedingungen nur auf Böden aus karbonathaltigem Gestein gegeben. In diesen wirken die durch Verwitterung basisch reagierenden Kationen einer Auswaschung entgegen. Andererseits existieren auch viele Segetalpflanzen, die saure bis mäßig saure Böden vorziehen. (Oberdorfer 1993)

Da man in den Kulturpflanzenbeständen aber einen mittleren pH-Wert anstrebt, werden vor allem die sowieso schon seltenen (weil auf extremen Bodenbedingungen gedeihenden) Segetalpflanzen stark in ihrem Existenzbereich eingeschränkt.

3.2. Ruderalvegetation

Standortansprüche

Der Großteil der Ruderalpflanzen ist wärmeliebend. In ihren übrigen Ansprüchen sind sie jedoch ganz verschieden, je nach Standort.

Beispiele

Dorfplätze:

- z.B. Bauernhöfe, Gänseweiden
- hoher Ammoniumgehalt durch natürliche Dünger
- humus- und basenreich
- hier fühlen sich nährstoffliebende Pflanzen, wie z.B. ***Verbena officinalis*** L. (Echtes Eisenkraut) und ***Malva neglecta*** Wallr. (Wegmalve) wohl

Müllhalden:

- dunkler, lockerer Boden absorbiert viel Wärme
- ungünstige Wasserverhältnisse, trockener Boden
- hoher Nährstoffgehalt (Nitrate)
- z.B. ***Chenopodium album agg.*** (Weißer Gänsefuß)

Trümmer:

- Ziegel, Beton, Natursteine
- verschiedene Bindemittel (Kalk, Mörtel)
- hohe Phosphor-, Schwefel- u. Kalkgehalte
- ungünstiger Wasserhaushalt
- oft starke Besonnung durch Exposition
- Wärme- und Trockeninseln
- arm an Ton- und Humusstoffen
- arm an Nitraten
- z.B. ***Melilotus officinalis*** (L.) PALL. (Echter Steinklee)

Bahnanlagen:

- magere, warme, trockene, ungedüngte Standorte
- offene Rohbodenverhältnisse, da durch Herbizide vegetationsfrei gehalten
 - dadurch frei für Pionierpflanzen
- z.B. ***Saxifraga tridactylites*** L. (Dreifinger-Steinbrech)



Malva neglecta WALLR.



Verbena officinalis L.



Melilotus officinalis(L.) PALL.



Saxifraga tridactylites L.

Beispiele für Zeigerpflanzen

In der folgenden Tabelle sind nochmals die zuvor besprochenen Standortfaktoren mit entsprechenden Zeigerpflanzen aufgeführt. Darunter sind vor allem die Kalk- und Säurezeiger im Rückgang begriffen. Auf den stickstoffreichen Standorten findet man besonders anspruchsvolle Arten, während auf mäßig stickstoffreichen Standorten Kosmopoliten auftreten.

ökologischer Standortfaktor	Arten
a) Licht lichtliebende Arten	Kletten-Labkraut (<i>Galium aparine</i>), Winden-Knöterich (<i>Fallopia convolvulus</i>), Knollige Platterbse (<i>Lathyrus tuberosus</i>) u. a.
b) Bodenreaktion ausgeprägte Säurezeiger	Kleiner Ampfer (<i>Rumex acetosella</i>), Acker-Spörgel (<i>Spergula arvensis</i>), Hungerblümchen (<i>Erophila verna</i>), Bauernsenf (<i>Teesdalea nudicaulis</i>), Einjähriger Knäuel (<i>Sciranthus annuus</i>), Dreifingiger Ehrenpreis (<i>Veronica inphyllos</i>), Filzkraut-Arten (<i>Filago species</i>) u. a.
Säurezeiger i. w. S.	Acker-Frauenmantel (<i>Aphanes arvensis</i>), Raps (<i>Raphanus raphanistrum</i>), Windheim (<i>Apera spica-venti</i>), Acker-Krummhals (<i>Lycopsis arvensis</i>) u. a.
schwach saure, neutrale bis schwach basische Böden bevorzugend	Echte Kamille (<i>Matricaria chamomilla</i>), Einjähriges Rispengras (<i>Poa annua</i>), Kohl-Gänseblütle (<i>Sonchus oleraceus</i>), Acker-Stiefmütterchen (<i>Viola arvensis</i>), Acker-Vergißmeinnicht (<i>Myosotis arvensis</i>), Acker-Fuchsschwanz (<i>Amaranthus retroflexus</i>) u. a.
± Kalk bevorzugende Arten	Senf (<i>Sinapis arvensis</i>), Erdrauch (<i>Fumaria officinalis</i>), Acker-Gänseblütle (<i>Sonchus arvensis</i>), Glänzender Ehrenpreis (<i>Veronica polita</i>), Nacht-Lichtnelke (<i>Silene noctiflora</i>), Sonnenwand-Wolfsmilch (<i>Euphorbia helioscopia</i>), Venussspiegel (<i>Legouisia speculum-venereis</i>) u. a.
Kalkzeiger	Acker-Rittersporn (<i>Conoidea ragalis</i>), Knollige Platterbse (<i>Lathyrus tuberosus</i>), Adonisrischen (<i>Adonis aestivale</i>), Tannekraut (<i>Kickxia spuria</i>), Finkensame (<i>Neslia paniculata</i>) u. a.
c) Nährstoffverhältnisse nährstoffarme Standorte anzeigende Arten	Kleiner Ampfer (<i>Rumex acetosella</i>), Hungerblümchen (<i>Erophila verna</i>), Bauernsenf (<i>Teesdalea nudicaulis</i>), Schmalwand (<i>Arabis thaliana</i>), Einjähriger Knäuel (<i>Sciranthus annuus</i>), Dreifingiger Ehrenpreis (<i>Veronica inphyllos</i>), Filzkraut-Arten (<i>Filago species</i>) u. a.
mäßig stickstoffreiche Standorte anzeigende Arten	Echte Kamille (<i>Matricaria chamomilla</i>), Glänzender Ehrenpreis (<i>Veronica polita</i>), Efeu-blättriger Ehrenpreis (<i>Veronica hederaefolia</i>), Persischer Ehrenpreis (<i>Veronica persica</i>), Kleine Wolfsmilch (<i>Euphorbia exigua</i>), Klatsch-Mohn (<i>Papaver rhoeas</i>) u. a.
stickstoffreiche Standorte anzeigende Arten	Fuchsschwanz-Arten (<i>Amaranthus species</i>), Schwarzer Nachtschatten (<i>Solanum nigrum</i>), Kleine Brennessel (<i>Urtica urens</i>), Hühnerhirse (<i>Echinochloa crus-galli</i>), Viel-samiger Gänsefuß (<i>Chenopodium polyspermum</i>), Meide-Arten (<i>Atriplex species</i>) u. a.
d) Bodenfeuchtigkeit Nässe im Unterboden anzeigende Arten	Acker-Schachtelhalm (<i>Equisetum arvense</i>), Huflattich (<i>Tussilago farfara</i>), Wasser-Knöterich (<i>Polygonum amphibium var. terrestre</i>) u. a.
Straunässe anzeigende Arten	Kriechendes Straußgras (<i>Agrostis stolonifera</i>), Acker-Minze (<i>Mentha arvensis</i>), Gemeines Rispengras (<i>Poa trivialis</i>), Gänse-Fingerkraut (<i>Potentilla anserina</i>), Kriechender Hahnenfuß (<i>Ranunculus repens</i>), Sumpf-Ziest (<i>Stachys palustris</i>) u. a.
Feuchte in der Krume anzeigende Arten	Sumpf-Ruhrkraut (<i>Gnaphalium uliginosum</i>), Kröten-Binse (<i>Juncus bufonius</i>), Wasserpleffer (<i>Polygonum hydropiper</i>), Niederliegendes Maskkraut (<i>Sagina procumbens</i>) u. a.

Tabelle 1 Fink Conrad, Otte Annette 1999, Ackerland und Siedlungen

Ausbreitungsstrategien

Bei der Erstbesiedlung durch Ruderalpflanzen spielt vor allem die Ausbreitung durch Wind (Anemochorie) eine Rolle. Das bedeutet, dass die Früchte und Samen sehr leicht sein müssen. Viele dieser Pflanzen besitzen auch spezielle Flughaare oder ihre Früchte sind geflügelt. Es gibt auch Pflanzen, deren Samen durch den Wind aus geöffneten Früchten herausgeschleudert werden.

Ein weiterer häufiger Verbreitungsmechanismus ruderaler Pflanzen ist die Zoochorie. Bei der Neuansiedlung können Pflanzen mit Selbstverbreitung nicht konkurrieren, da sie nur eine geringe Wandergeschwindigkeit, bedingt durch den geringen Streuradius ihrer Samen besitzen. Deshalb findet man Anfangs fast ausschließlich anuelle Therophyten. Wird jedoch der Ruderalstandort sich selbst überlassen, siedeln sich nach und nach auch Hemikryptophyten und schließlich Phanerophyten an (Sukzession)

3.3. Weinbergbegleitvegetation

Unterschiede zu Ackerbeikrautvegetation

In einem Weinberg ist die Bodenbearbeitung zu jeder Zeit durchführbar, da das Laub der Weinpflanzen relativ hoch steht. Die Bodenvegetation erfährt von Ende Mai bis Ende November eine Beschattung, während sie sich in der restlichen Zeit - auch bedingt durch relativ milde Winter - stark entwickeln kann. Die Rebkulturen bestehen oft schon seit Jahrhunderten. Deshalb können sich dort auch ausbreitungsschwächere Arten halten. Typische Weinbergspflanzen sind **Allium vineale**, **Ornithogalum nutans**, **Stellaria media**, **Muscari racemosum**.

Die Unkrautbekämpfung bewirkt eine Verarmung an Bodendeckern. Arten, die sich zwischen den Maßnahmen entwickeln können, haben einen Vorteil. Insgesamt ist eine Verarmung an typischen Geophyten, wie z.B. *Ornithogalum umbellatum*, *Gagea pratensis* und *Allium vineale* zu erkennen. Pflanzen, die ohnehin schon ein relativ kleines Verbreitungsgebiet hatten, sind fast ausgestorben. z.B. *Tulipa sylvestris*, *Muscari racemosum*, *Calendula arvensis*. Die Verarmung der Bodenvegetation erhöht zudem die Erosionsgefahr.



Ornithogalum nutans



Muscari racemosum



Gagea pratensis



Calendula arvensis

4. Systematik

4.1. Einteilung nach Kulturpflanzenbesatz (Oberdorfer 1993)

Klasse: Secalietea Br.-Bl.52 (Getreideunkrautgesellschaften, Segetalpflanzen)

1.Ordnung: Secalietalia Br.-Bl.31 (bodenmilde artenreiche Getreideunkrautges.)

1. **Verband:Caucalidion lappulae Tx.50 (Mohnäcker, Kalk-u. Tonackergesellschaften)**
 - auf kalk-/basenreichen Ton-/Lehmböden
 - mit neutraler bis milder Bodenreaktion
 - in sommerwarmen Lagen
 - Kennart: *Papaver rhoeas* L.

2.Ordnung: Aperetalia spica venti J.et R. Tx. in Mal.-Bel. et al. 60 (bodensaure artenarme Getreideunkraut-Ges.)

2. **Verband: Aperion spica venti Tx. in Oberd.49 (Windhalmäcker)**
 - auf frischen kalkarmen mäßig nährstoffreichen Lehm- u. Sandböden
 - Böden mit saurer oder neutraler Reaktion
 - Kennart: *Apera spica-venti* (L.) P.B.

Unterverband: Aphanenion J. et R. Tx. in Mal.-Bel. et al. 60
(Ackerfrauenmantel)

- z.B. *Alchemilla vulgaris* L.

Unterverband: Arnoseridenion minimae Mal. Bel., J. et R. Tx. 60
(Lämmersalatäcker)

- z.B. *Arnoseris minima* (L.) SCHW. & K.

3. Ordnung: Lolio remota-Linetalia J. et R. Tx. in Lohm. et al. 62 (Leinäcker)

3. Verband: Lolio remota Linion Tx. 50

- z.B.: *Lolium remota* SCHR.

Klasse: Chenopodietea Br.-Bl. et al. 52

(Gänsefuß-, anuelle Ruderal-, und Hackfruchtgesellschaften)

1. Ordnung: Sisymbrietalia J. Tx. in Lohm. et al. 62

(Rauken-, und anuelle Ruderal-Ges. im gemäßigten Europa)

- auf nährstoff- u. nitratreichen offenen Böden

1. Verband: Sisymbrium officinalis Tx. et al. 50 (Wegrauken-/ anuelle Ruderal-Ges.)

- Kennarten: *Bromus sterilis* L., *Sisymbrium officinalis* L.

2. Verband: Salsolion ruthenicae Phil 71 (Ukrainesalzkraut- Ges.)

- auf ruderal beeinflussten rel. trockenen Sandböden der Dünengebiete der nördl. Oberrheinebene

2. Ordnung: Polygono-Chenopodietalia Tx. et Lohm in Tx 50

(Knöterich-Gänsefuß-/Hackfruchtgesellschaften)

- sommereinjährige Gesellschaften der Hackfrucht-, Kleeäcker, Weinberge, Gärten

3. Verband: Eragrostion Tx. in Slav. 44

(Liebesgras-/ Hackfruchtgesellschaften)

4. Verband: Polygono-Chenopodion W. Koch 26 em. Siss. in Westh et al. 4 (Spörgelgesellschaft)

- auf mäßig trockenen bis frischen, kalkarmen bis kalkfreien, mittel basen- u. nährstoffreichen sauren bis neutralen Sand- u. Leimböden
- Kennart: *Spergula arvensis* L.

Unterverband: Digitario Setarienion Siss. in Westh. et al. 46

(Finger-/Borstenhirse-, Hackfrucht-Ges. saurer Böden)

- z.B. *Digitaria ischaemum* SCHREB. ex MÜHLENB.

Unterverband: Eu-Polygono-Chenopodienion Siss. in Westh. et al. 46 (Knöterich-/Spörgel-Ges. saurer, lehmiger Böden)

5. Verband: Fumario Euphorbion Th. Müller in Görs 66

(Erdrach-Wolfsmilch, Hackfrucht- Ges. basenreicher Böden)

- auf basen-u. kalkreichen Lehm-u. Tonböden, neutral bis schwach alkalische Reaktion
- Kennarten: u.a. *Euphorbia helioscopia* L., *Geranium dissectum* L., *Fumaria officinalis*

Klasse Artemisietea vulgaris Lohm., Prsg. et Tx. in Tx 50

(Eurosibirische nitrophytische Uferstauden-u. Saum- gesellschaften, sowie ruderale Beifuß-u. Distel-Ges.)

Unterklasse Galio Urticenea Pass.67

(Klebkraut-Brennnessel-Ges., nitrophytische Uferstauden-, Saum Waldverlichtungs-Gesellschaften)

Unterklasse Artemisienea vulgaris (Ruderale Beifuß-u. Distelgesellschaften)

Ordnung: **Artemisietalia vulgaris** Lohm. in Tx.47em. (Beifußgesellschaften)

Verband: Arction lappae Tx. 37 em 50 (Klettenfluren)

- Kennarten: *Lamium album* L., *Arctium lappa* L. *Galeopsis pubescens* BESS....

Ordnung: **Onopordetalia acanthii** Br.-Bl. et Tx.43 em Görs 66

(Wärmebedürftige, Trockenheit ertragende 2-jährige bis ausdauernde Ruderalfluren)

Verband: Onopordion acanthii Br.-Bl.26 (wärmebedürftige Distelgesellschaften)

- in Wärme-, Trocken-, und Kalkgebieten
- Kennarten: *Carduus nutans* L., *Cynoglossum officinalis* L., *Malva alcea* L....

Verband: Dauco-Melilotion Görs 66 (Möhren-Steinklee-Gesellschaften)

- auf schwach bis mäßig stickstoffreichen, offenen z.T. rohen Böden
- Sonderstellung durch ungewöhnlich viele Leguminosearten
- z.B. *Melilotus officinalis* (L.) PALL, *Daucus carota* L....

(Die grau unterlegten Gesellschaften gehören zur Ruderalvegetation)



Papaver rhoeas L.



Apera spica-venti (L.) P.B.



Alchemilla vulgaris L.



Amoseris minima (L.) SCHW & K.



Bromus sterilis L.



Sisymbrium officinalis L.



Sparganium angustifolium L.



Euphorbia helioscopia L.



Geranium dissectum L.



Fumaria officinalis L.



Lamium album L.



Arctium lappa L.



Galeopsis pubescens BESS



Carduus nutans L.



Cynoglossum officinale L.



Malva alcea L.



Daucus carota L.

4.2. Kritik

Einteilung ohne Berücksichtigung der Kulturpflanzen

(Hüppe, Hofmeister 1990)

Die Tatsache, dass auf ein und dem selben Acker sowohl Getreidebeikraut- als auch Hackbeikrautfluren auftreten können (Aspektwechsel), führte zum Überdenken der oben genannten Gliederung. Der Einfluss der jeweiligen Kulturpflanzen spielt hier nur eine untergeordnete Rolle. Bei Hackfruchtbeikräutern liegt das Keimungsoptimum bei über 20 Grad, während Getreidebeikräuter unter 10 Grad die beste Keimrate haben. Es kommt deshalb wesentlich auf den Zeitpunkt des letzten Hackens oder radialen Bearbeitens an, ob sich eine Getreide- oder Hackbeikrautgesellschaft ausbildet – unabhängig davon, was zuvor angebaut wurde:

- wird im Mai/Juni gehackt, entsteht eine Hackbeikrautgesellschaft.
- wird im Spätherbst/ Vorfrühling gehackt, entsteht eine Getreidebeikrautgesellschaft (Kaltkeimer). Wenn dann die Temperaturen für die Hackbeikräuter günstig werden, können sie sich durch Lichtmangel nicht mehr entwickeln.

Die von Hüppe und Hofmeister vorgeschlagene Einteilung sieht folgendermaßen aus:

Klasse: *Stellaria media* (Ackerbeikrautgesellschaften und kurzlebige Ruderalpflanzen)

Unterklasse *Violenea arvensis* (Ackerbeikräuter in Halm- und Hackfrüchten)

Ordnung *Sperguletalia arvensis* (Spörgelacker)

Verband *Aperion spicae-venti* (Windhalmäcker)

Unterverband *Arnosseridenion minimae* (Lammkrautäcker)

Unterverband *Aphanenion arvensis* (Frauenmanteläcker)

Verband *Digitario setarion* (Fingerhirse-Borstengrasäcker)

Verband *Polygono-Chenopodion polyspermi* (Knöterich-Gänsefuß)

Ordnung *Papaveretalia rhoeadalis* (Klatschmohnäcker)

Verband *Fumario euphorbion* (Erdrauch-Wolfsmilchäcker)

Verband *Caucalidion platycarpi* (Haftdoldenäcker)

Diese Gliederung spiegelt zugleich einen zunehmenden Kalkgehalt und abnehmenden Säuregrad des Bodens wider.

Die starke Artendurchdringung ist aber in dieser Form nur in den ackerbaulich genutzten Gebieten Nord- und Westeuropas zu erkennen.

Je weiter man nach Südeuropa kommt, desto weniger ist dies ausgeprägt. Das liegt daran, dass es in diesen Gebieten viele zusammenhängende Hackkulturflächen gibt, die zum Gemüse- und Weinbau genutzt werden. Dort fehlen die Getreidebeikrautfluren komplett. In mediterranen Gebieten findet man hingegen nur wenige Hackbeikrautgesellschaften in Getreidekulturen. Oberdorfer (1993) plädiert deshalb eher dafür, die alte Gliederung in Getreide- und Hackbeikrautfluren weiterhin beizubehalten. Festzuhalten ist jedenfalls, dass diese Gesellschaften einem ständigen Wandel unterworfen sind und es abzuwarten bleibt, wohin diese Entwicklung führt. (Neophyten, Herbizide, neue Anbauformen, Klimawandel...). Es ist deshalb kaum möglich, sich auf eine endgültige Einteilung festzulegen, da z.B. neu hinzukommende Arten sich innerhalb der Gesellschaften etablieren können, was zu einer Bereicherung führen kann. Es ist aber auch möglich, dass sie gesellschaftstypische Arten zurückdrängen und dass dadurch eine ganz neue Zusammensetzung entsteht.

5. Gefährdung und Schutz

5.1. Neune Bewirtschaftungsmethoden und Unkrautbekämpfung

Durch die Errungenschaften von Liebig Ende des 19. Jahrhunderts profitierten auch die Segetalpflanzen von der erhöhten Düngierzufuhr. Um 1950 wurden ertragreichere Kulturpflanzen gezüchtet, die zudem dichtere Bestände bildeten. Durch die Landflucht und die zunehmenden Arbeitskosten wurde eine rein mechanische Unkrautbekämpfung zu einem großen Problem. Deshalb stellte man auf chemische Unkrautbekämpfungsmittel um.

Auswirkungen auf die Segetalvegetation

Herbizide:

- die Wirkung von Herbiziden geht nicht über das Ertragsjahr hinaus. Es kann sich deshalb noch ein beträchtlicher Samenvorrat im Boden halten
- die Minderung der Bodenorganismen beträgt nur 5%
 - somit wird die Bodenfruchtbarkeit durch Herbizide nicht beeinflusst
- Herbizide selektieren aber widerstandsfähige Segetalpflanzen

pH-Wert des Bodens:

- Durch das Bestreben mittlerer pH- Werte in Kulturfeldern verarmen die auf extreme Standorte angepassten Segetalpflanzen.
- „Allerweltskräuter“ (Kosmopoliten) mit breiter Standortamplitude werden hingegen durch erhöhte Stickstoffzufuhr gefördert, da sie mit mittleren Bedingungen gut umgehen können und Stickstoff gut verwerten können.

Optimierung des Ertrags:

- durch dichtere Bestände herrscht für die Segetalpflanzen starker Lichtmangel. So gibt es z.B. auf Kalkböden kaum noch Charakterarten
- frühere Saat mit weniger Bodenbearbeitung bedingt weniger Keimchancen; für Frühkeimer ist das jedoch ein Vorteil
- Das Ernten durch Mähdrusch fördert das Ausstreuen von Samen, da das Getreide länger stehenbleibt. Das Saatgut wird aber effektiv gereinigt, weshalb Saatunkräuter fast völlig ausgerottet wurden

Folgen sind außerdem:

- Verarmung der ursprünglichen Artenvielfalt (Abnahme der Artenzahl pro Flächeneinheit)
- Ausbreitung von Neophyten

(Martin Hanf 1990, Farbatlas Feldflora)

5.2. Gefährdungsgrad und Ursachen

Ursachen (Rennwald 2000) Die Ursachen sind mit den Zahlen 1-26 gekennzeichnet. Tabelle: siehe Tab.2.

5.2.1. Segetalvegetation

Secalietalia (bodenmilde artenreiche Getreideunkrautgesellschaften)

Von 7 Assotiationen sind:

3 stark gefährdet

Geranio Allietum vinealis (Weinbergslauch)



Allium vineale L.

Caucalido daucoidis-Scandicetum pecten-veneris

Kickxietum spuriae (Tännelkraut)



Kickxia spuria(L.) DUM

1 gefährdet
(Ackerlichtnelken)

Euphorbio exiguae-Melandrietum noctiflori



Silene noctiflora L.

Hauptursachen sind:

1 Anwendung von Herbiziden und Saatgutreinigung

4 Ausbreitung des Maisanbaus

8 Aufgabe der Nutzung von Extensivgrünland, Seggenrieden, Heiden, steinigen Äckern, Weinbergen, Hecken

15 Anreicherung von Böden mit Nährstoffen

20 Aufhören von Bodenverwundung

24 Abbau und Abgrabung, Beseitigung natürlicher Standorte, wie Felsen, Steilhänge z.B. in Verbindung mit Straßenbau, Flurbereinigung

Aperetalia (bodensaure, artenarme Getreideunkrautgesellschaften)

Von 10 Assotiationen sind:

1 vom Verschwinden bedroht

Galeopsis segetum-scleranthus annuus



Galeopsis segetum NECK.

2 stark gefährdet

***Sclerantho-Arnoaseridetum minimae*
*Papaveretum argemones***



Papaver argemone L.

4 gefährdet

Aphano-Matricarietum chamomillae

Holco-Galeopsietum



Holcus lanatus L.

Spergulo-Chrysanthemum segetum



Chrysanthemum segetum L.

Chenopodium-Oxalidetum fontanae

Hauptursachen: 1, 4, 5, 6, 8, 15, 20, 23

Loloi remoti-Linetalia

1 Assotiation: ***Silene linicolae-Linetum*** (Leinlochgesellschaft)
verschwunden oder verschollen Hauptursachen: 1, 4, 5, 9, 15

5.2.2. Ruderalvegetation

Sisymbrietalia (Rauken- und anuelle Ruderalgesellschaften)

Von den 18 Assotiationen sind:

1 vom Verschwinden bedroht ***Malvo neglectae-Chenopodietum vulvariae***

1 stark gefährdet ***Sisymbrio- Asperuginetum***



Asperugo procumbens L.

1 gefährdet ***Malvetum pusillae***



Hauptursachen: 1,2,4,5,15,20,23,25,26

Onopordetalia (Wärmebedürftige, Trockenheit 2-jährige bis ausdauernde Ruderal-Ges.)

Von de 14 Assotiationen sind:

2 gefährdet ***Onopordetum acanthii***(Eselsdistel)
Carduetum acanthoidis(Wegdistel)



Onopordum acanthium L.

Hauptursachen: 1,2,3,5,8,20,23,25,26

Tabelle 2 Ursachen (Rennwald 2000)

Ursachen 1: Direkte Eingriffe in Populationen und Biozöosen sowie Aufgabe traditioneller Nutzungen

1. Anwendung von Bioziden und Saatgutreinigung
2. Mechanische Einwirkung auf Pflanzenbestände überwiegend als Nebeneffekte von Nutzungen (Verbiss, Schnitt, Tritt, Lagern, Befahren, Wassersport, Schiffsverkehr)
3. Eingriffe in Pflanzenbestände durch Kahlschlag mit Vollumbruch; Roden, Zerschneiden, Aufrichten von Wäldern, Feldgehölzen und Hecken; Brand, Entkrautung von Gewässern; mechanische Beseitigung von Unkraut
4. Ausweitung des Maisbaus
5. Umwandlung von Acker, Grünland, und Spontanvegetation in intensiv gepflegte Grünlandanlagen
6. Umwandlung von Extensivgrünland und Heiden in Intensivgrünland durch Umbruch und Einsaat, in Äcker; Nutzungsänderung von Mähwiese in Weide, Moorkultivierung
7. Umwandlung von naturnahen Wäldern in Forste (namentlich aus nicht bodenständigen Baumarten), Änderung der Bewirtschaftung
8. Aufgabe der Nutzung von Extensivgrünland, Seggenrieden, Heiden, steinigem Äckern, und Weinbergen, Hecken
9. Aufgabe des Anbaus von Sonderkulturen (t.B. Lein) mit eigener Wildflora
10. Falsche Terminierung und nicht bestandsgerechte Durchführung von Pflegemaßnahmen
11. Einführung, Ausbringung und Einschleppung konkurrenzstarker Exoten und nicht bodenständiger Arten
12. Sammeln attraktiver Arten (ästhetische, gewerblich/kommerzielle, medizinische, wissenschaftliche Gründe) sowie Schwund und Ausfall bezeichnender Sippen durch Krankheiten Immissionen o. sonstige Gründe

Ursachen 2: Veränderung von Standorten

13. Künstliche Aufschlickung und Eindeichung im Wattenmeer
14. Entwässerung, Grundwasseranhebung und -absenkung, Änderung der Wasserstände bzw. des Wasserregimes bei Still- und Fließgewässern
15. Anreicherung der Böden mit Nährstoffen
16. Eutrophierung des Grundwassers und offener Gewässer
17. Verunreinigung der Atmosphäre und Böden durch feste, flüssige, gasförmige, z.T. giftige Chemikalien und andere Abfallstoffe
18. Verunreinigung offener Gewässer durch feste, flüssige, gasförmige z.T. giftige Chemikalien und Abfallstoffe
19. Aufheizung von Fließgewässern
20. Aufhören von Bodenverwundung

Ursachen 3: Zerstörung von Standorten

21. Gewässerbegradigung, -ausbau und Ufersicherung, Hangverbauung, Küstenschutz
22. Schaffung künstlicher Gewässer
23. Beseitigung von Übergangstandorten und anthropogenen Sonderstandorten als Folge der Nutzungs- und Pflegeintensivierung
24. Abbau und Abgrabung, Beseitigung natürlicher Standorte, wie Felsen und Steilhänge z.B. in Verbindung mit Straßenbau, Flurbereinigung etc.
25. Überschüttung, Auffüllung, Einebnung, Überbauung, Bodenversiegelung
26. Verstädterung dörlicher Siedlungen, Resaturierung und Sanierung oder Abriss alter Bauwerke

5.3. Schutz**5.3.1. Schutzwürdigkeit**

Einerseits ist es für die Landwirte notwendig, gegen die **Ackerwildpflanzen** vorzugehen. Dafür gibt es verschiedene Gründe:

- Ackerwildpflanzen sind oft Überträger und/ oder Zwischenwirte für Schädling und Krankheiten der angebauten Pflanzen

- bei einer gewissen Häufigkeit beeinträchtigen sie das Wachstum und den Ertrag der Kulturpflanzen
- Sie behindern das Ernten mit Maschinen

Andererseits sprechen viele Aspekte für den Schutz dieser Pflanzen

- Forderung des Naturschutzgesetzes jedes Tier und jede Pflanze , die in unserem Lebensraum noch existiert, zu schützen
- sie schützen vor Bodenerosion
- sie steigern die Artenvielfalt und können auch biologische Nützlinge begünstigen
- wissenschaftliche Gründe
- ästhetische Gründe

Die **Ruderalvegetation** trägt zu einer erheblichen Steigerung der Artenvielfalt bei, da sie auf Sonderstandorte vorkommt, die sich von der Umgebung abgrenzen. Dadurch findet man hier sowohl unter den Pflanzen, als auch unter den Tieren seltene Arten. Durch große Blütenbestände werden z.B. nektar- und pollensuchende Insekten gefördert.

Vor allem in Ballungsräumen findet man immer weniger ungenutzte Flächen wegen des steigenden Raumbedarfs, was ein großes Gefährdungspotential für die Ruderalpflanzen darstellt. Andererseits stellen manche invasive Ruderalpflanzen auch ein großes Problem dar, denn sie verdrängen oft einheimische Arten und sind nur sehr schwer zu bekämpfen.

5.3.2. Möglichkeiten

Eine Möglichkeit besteht darin, einen **Ackerrandstreifen**, der ohnehin nicht so produktiv ist, wie das Bestandesinnere, zu schonen. Man hofft, die ursprünglich auf dem Acker vorhandenen Unkrautgesellschaften wieder regenerieren zu können und baut auf das Potential des langlebigen Samenvorrats, der womöglich noch im Boden vorhanden ist. Unerlässlich ist dabei der Verzicht auf Herbizide. Desweiteren sollte der Boden nach der Ernte nicht sofort wieder bearbeitet werden, weil dadurch der Entwicklungszyklus spätreifender Arten nicht mehr abgeschlossen werden könnte.

Eine Beschränkung der Düngung und eine Verringerung der Bestandsdichte durch Verdopplung der Reihenabstände oder Verringerung des Saatguts sorgen für bessere Licht-/ Wärmeverhältnisse im Ackerrandstreifen. Eine Wiedreherstellung einer typischen Ackerwildkrautgesellschaft erkennt man aber trotz all dieser Maßnahmen erst nach 6-8 Jahren. Die Landwirte bekommen für diese extensive Nutzung eines Teils ihrer Felder Entschädigungszahlungen. Deshalb ist der Schutz durch Ackerrandstreifen in hohem Maß von der Bereitwilligkeit der Landwirte abhängig. (C.Schneider,U.Sukopp, H.Sukopp (1994) Biologisch-ökologische Grundlagen des schutzes der Segetalpflanzen)

6. Aktuelle Forschung

The role of weeds in supporting biological diversity within cropfields

- Unkrautdiversität
- Zusammenhang mit Insekten- und Vogeldiversität
- Balance zwischen Ertrag und Diversität
- Lösungsansätze: Herbizidfeld ohne Unkräuter - Biofeld mit Unkräutern

Hemeroby, urbanity and ruderality: bioindicators of disturbance and human impact

- Vergleich von Quadratdaten in Städten mit ländliche Gebieten
- Reaktion auf Störung, Ruderalität und Hemerobie
- Indices für diese Faktoren
- Ausmaß der Urbanität; gibt es einen Zusammenhang mit anderen Störungsfaktoren?
- Ist es möglich den Grad der Störung auf eine zufriedenstellende Weise zu beziffern?

Combining physical, cultural and biological methods: Prospects for integrated non-chemical Weed management strategies

- Methoden haben sich unabhängig entwickelt
- ist es möglich sie sinnvoll zu kombinieren?
- Untersuchung von 4 Methoden: mechanische, thermische, Schnitt, "intercropping"
sowie Vor- und Nachteile der Kombination mit biologischen Methoden

Interactions between non-native plant species and the floristic composition of common habitats

Zusammenhang von Zahl und Abundanz von nicht einheimischen Arten mit der Diversität einheimischer Arten

- Beziehung zwischen nicht einheimischen Arten, ökologischer Eigenschaften und der Zusammensetzung von einheimisch assoziierten Arten

Restoration of a landfill-site in berlin, Germany by spontaneous and direct succession

- Ziel, eine Vegetationsbedeckung durch spontane Sukzession ohne Managementmaßnahmen zu erreichen
- trockener sandiger landfill Standort in Berlin-Malchow als Versuchsfläche

Literatur

- **Ellenberg, Heinz** (1998), Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen
- **Fink C., Otte A.** (1999), Ackerland und Siedlungen – Biotope erkennen, bestimmen, schützen
- **Frei W., Lösch R.** (2004), Lehrbuch der Geobotanik
- **Hanf Martin** (1990), Ackerunkräuter Europas
- **Hanf Martin** (1990), Farbatlas Feldflora
- **Hatcher P.E. & Melander B.**, Weed Research 2003, 43, S.303-322, Combining physical, cultural and biological methods: Prospects for integrated non-chemical Weed management strategies
- **Hill M.O. et al.**, Journal of Applied Ecology 2002, 39, S.708-720, Hemeroby, urbanity and ruderality: bioindicators of disturbance and human impact
- **Marshall E.J.P. et al.**, Weed research 2003, 43, S 77-89, The role of weeds in supporting biological diversity within cropfields
- **Maskell L.C. et al.**, Interactions between non-native plant species and the floristic composition of common habitats
- **Oberdorfer Erich** (1993), Süddeutsche Pflanzengesellschaften, Teil 3 Wirtschaftswiesen und Unkrautgesellschaften
- **Rebele Franz, Lehmann Cornelia**, Restoration Ecology Vol. 10 No.2, pp 340-347
Restoration of a landfill-site in berlin, Germany by spontaneous and direct succession
- **Rennwald Erwin** (2000), Verzeichnis der Roten Liste der Pflanzengesellschaften Deutschlands
- **Schneider C., U.Sukopp, H.Sukopp** (1994) Biologisch-Ökologische Grundlagen zum Schutz gefährdeter Segetalpflanzen (Schriftenreihe für Vegetationskunde, Heft 26)
- <http://www.ruderalvegetation.de>
- <http://www.blackwell-synergy.com>
- <http://www.sciencedirect.com>
- <http://www.anl.bayern.de>
- <http://www.pflanzenphotos.de>
- <http://www.pflanzen-bilder.de>

Stillwasserverlandungen und Niedermoore

Lioba Palenberg

Inhalt

1. Einleitung	2
2. Ökologie der Vegetationstypen	2
2.1. Ökologie der Stillwasserverlandungen	2
2.2. Ökologie von Niedermooren	6
3. Pflanzensoziologische Gliederung	11
3.1. Stillwasserverlandungen	11
3.2. Niedermoore	15
4. Verbreitung	15
5. Gefährdung und Schutz	19
6. Aktuelle wissenschaftliche Artikel	20
7. Abbildungsverzeichnis	21
8. Tabellenverzeichnis	21
9. Literatur	21

1. Einleitung

Mitteleuropa wäre größten Teils mit Wald bedeckt, wenn der Mensch nicht gravierend in die Landschaft eingegriffen hätte. Dieses gleichmäßige Waldland beinhaltet nur vereinzelt Sonderstandorte, wie manche übernasste und nährstoffarme Niedermoore und Stillwasser beeinflusste Flächen. In dieser Ausarbeitung wird die Ökologie, die Pflanzensoziologische Gliederung und die Gefährdung dieser beiden Sonderstandorte behandelt.

Nach Ellenberg (1996) werden diese Vegetationseinheiten zur azonalen Vegetation gezählt, dass heißt die dort auftretenden Pflanzenkombinationen kommen in mehreren Zonen mit verschiedenem Allgemeinklima in ähnlicher Form vor. Grund dafür sind die extremen vorherrschenden Bodenfaktoren als ausschlaggebender Faktor für die Vegetationszusammensetzung. Einteilungen oder Charakterisierungen erfolgen bei Gewässern und Mooren oft über die Nährstoffverhältnisse. Dabei unterscheidet man oligotroph (nährstoffarm), mesotroph (mittelmäßig) und eutroph (nährstoffreich), zusätzlich gibt es die Sonderformen dystroph (stark saure Verhältnisse mit hohem organischem Anteil; hoher Nährstoffgehalt, aber nicht Pflanzenverfügbar) und hypertroph (sehr basisch und nährstoffreich).

[Ellenberg, 1996]

2. Ökologie der Vegetationstypen

2.1. Ökologie der Stillwasserverlandungen

Allgemeine Ökologie

Stillwasserverlandungen treten vor allem an Uferbereichen von Seen auf, solange der Mensch diese Flächen nicht für Ackerflächen oder Grünland nutzt.

Die Beständigkeit dieser Biozönose ist im Wesentlichen durch zwei Faktoren gegeben. Zum einen werden die von Plankton Algen hinterlassenen organischen Substanzen größtenteils durch Bakterien mineralisiert und somit für lebende Algen verfügbar gemacht. Zum anderen werden höhere Pflanzen und große Algen selten im lebenden Zustand gefressen, sondern von Wassertieren erst in Form toter Reste. Überschüssiges organisches Material wird abgelagert. Durch die unterschiedlichen Lebensbereiche kommt es zu verschiedenen Vegetationsgürteln: Freischwimmende Wasserpflanzen, am oder im Boden haftende Wasserpflanzen, Uferpflanzen und Sumpfpflanzen.

Nach Entstehung natürlicher Seen wandeln sich diese in unterschiedlichen Zeiträumen vom oligotrophen zu einem eutrophen Typus. Dieser natürliche Rhythmus wird durch die anthropogenen Nährstoffeinträge beschleunigt und hat in den achtziger Jahren in Mitteleuropa für eine ökosystemare Krise gesorgt. Mit dem Übergang zum eutrophen Typus entsteht mehr organisches Material, das nicht vollständig abgebaut werden kann und so mit der Zeit zu Verlandungen führt.

[Ellenberg, 1996]

Ökologische Gliederung

Nach ökologischen Gesichtspunkten können sechs verschiedene Haupttypen von stehenden Binnengewässern eingeteilt werden (siehe Tab. 3.1.). Dabei wird, außer den oben genannten Nährstoffbedingungen als Typbezeichnungen noch in oligotroph kalkarm und oligotroph kalkreich unterschieden, da sie sich als Pflanzenstandorte und als Landschaftsbestandteile wesentlich unterscheiden. Die Typen 1 – 4 können durch zunehmende Eutrophierung eine Sukzessionsreihe bilden. Kalkreiche oligotrophe Typen können nach Verschmutzung ebenfalls in diese Reihe eintreten. Anders steht der dystrophe Gewässertyp durch den hohen Gehalt an nicht pflanzenverfügbaren Nährstoffen und saurem organischen Material isoliert. Dystrophe Gewässer sind durch saure Humusstoffe, aus umliegenden Gebieten, wie zum Beispiel Heiden, Moore oder bodensaure Fichtenwälder herausgespült, bräunlich gefärbt. Ein bekanntes Beispiel ist der Schluchsee im Schwarzwald. Dieser Stausee hatte auf Grund von Überdeckung eines Hochmoores und nahen bodensauren Fichtenbeständen früher dystrophen Charakter.

[Ellenberg, 1996]

Tabelle 1. Kennzeichen und Vorkommen der Haupttypen von stehenden Binnengewässern [Ellenberg, 1996]

Gewässertyp ¹	Sichttiefe (m)	pH	Gehalt (mg/l)			organische Masse (ppm)	Phytoplankton (mg · m ⁻³)	Bodentypen	Wasservegetation	Verbreitung in Mitteleuropa
			N	P ₂ O ₅	Cl ⁻					
1 oligotroph kalkarm	20– 80	<4,5	<0,5	<0,1	<10	3– 8	20– 200	Propedon (Rohboden)	<i>Littorelletea</i> -Gesellschaften	Silikatgebirge, Quarzsandgebiete
2 mesotroph	5– 40	5–7	<2	<0,5	~ 30	5– 20	150– 600	Dygyttja, Gyttja	Kleinblättrige <i>Potametea</i> -Ges.	Sandgebiete und einstige Mooregebiete
3 eutroph	10– 20	7–8	2–4	>0,5	~ 50	10– 80	500–10000	Gyttja (Ufer), Sapropel	<i>Potamion</i> - und <i>Nymphaeion</i> -Ges.	fast allgemein verbreitet
4 hypertroph	3– 12	>8	4–9	5–9	>100	20–100	?(>10000)	Sapropel (Faulschlamm)	Einartbestände, (z. B. <i>Ceratophyllum</i>)	durch Nährstoffzufuhr häufiger
5 oligotroph kalkreich	50–120	>7,5	Spur	0	<5	1– 5	10– 100	Kalkgyttja, Kreide-Propedon	<i>Charetea</i> -Ges.	Kalkgebirge und deren Vorland
6 dystroph	1– 5	<5	<0,5	1,5	<10	30– >100	20– 400	Dy (Torfschlamm)	<i>Sphagnoutriculari</i> -Ges.	Hochmoor- und Sauerhumusgebiete

Die verschiedenen Trophiestufen unterscheiden sich auch in der Vegetationszonierung vom Bereich im Wasser bis hin zum Uferbereich (siehe Abb.3.1.)

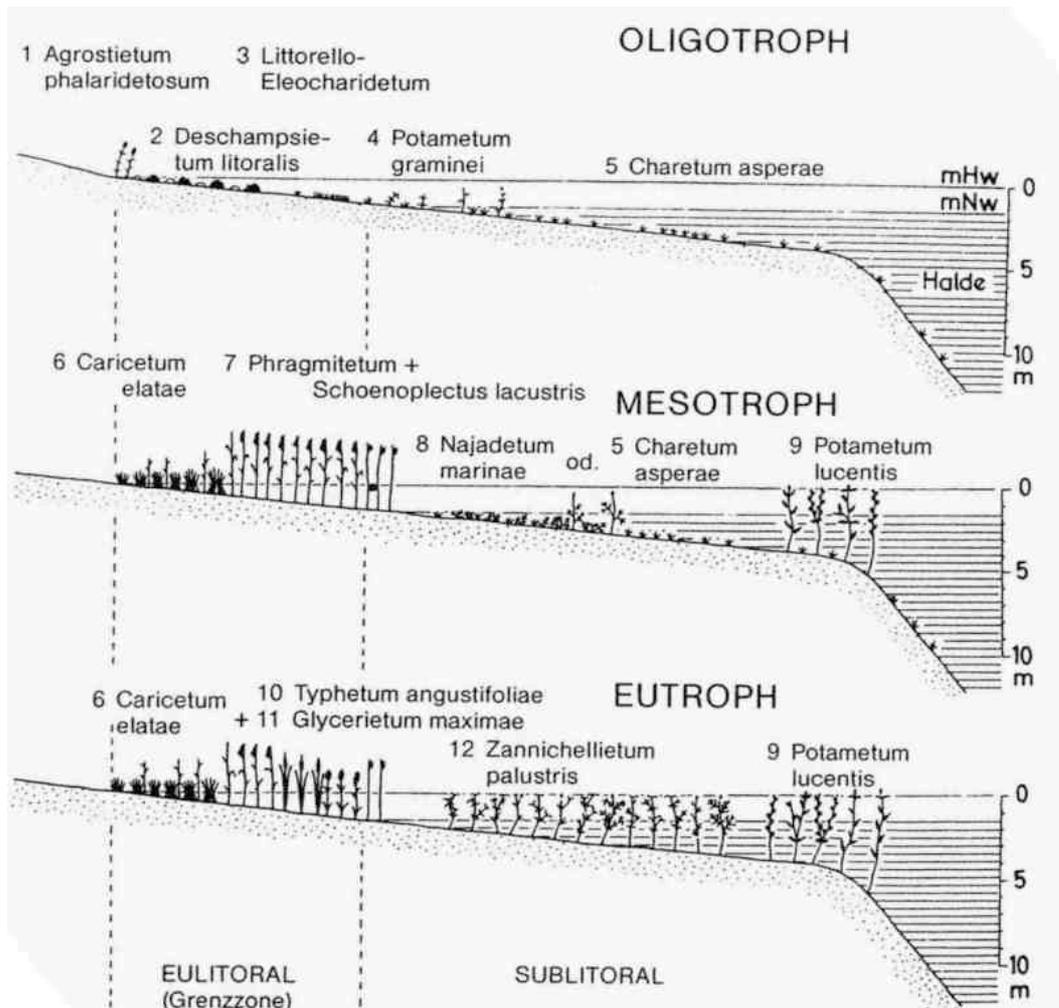


Abb 1. Vegetations-Zonierung an Ufern des Bodensees bei verschiedener Trophie [Ellenberg 1996]

oligotroph: An kiesigen Stellen, die oligotroph geblieben sind gibt es keine Schilfgürtel. Ein Spülsaum mit Straußgras-Kriechrasen (1) markiert die mittlere Hochwasserlinie. Die seltenen Strandschmielen-Gesellschaft (2) und der Strandlings-Rasen (3) sind nur zeitweilig mit Wasser bedeckt. Die Wasserpflanzen-Gesellschaften gedeihen nur kümmerlich.

mesotroph: Die Rasen der Armelechteralgen (5) teilweise durch Nixkrautrasen (8) oder im tieferen Wasser von Laichkräutern (9) bedrängt. Der breite Schilfgürtel (7) ist für den Strand kennzeichnend, mit Vorposten von Teichbinsen. Wie dieser Schilfgürtel ist auch das vorgelagerte Steifseggenried (6) den Wasserschwankungen gewachsen.

eutroph: Bei Eutrophierung wird das Schilf teilweise durch Wasserschwaden (11) oder Rohrkolben (10) verdrängt. Die Flachwasserbereiche überwuchert eine Teichfaden-Gesellschaft, und die lichtbedürftigen Armelechteralgen verschwinden ganz.
[Ellenberg 1996]

Ökologie ausgewählter Pflanzengesellschaften

∞ Wasserlinsendecken und andere freischwimmende Gesellschaften

Diese Gesellschaften leben im Windschutz freischwimmend und können sich auf stärker bewegtem Wasser nicht zu Gesellschaften zusammenschließen. Die Standortbedingungen liegen bei eutroph bis hypertroph bei einem pH zwischen 6,0 und 6,5. Außerdem sind die Gesellschaften sehr wärmebedürftig, dass heißt sie bevorzugen lang eisfrei bleibendes Wasser. Daraus resultiert die Verbreitung v. a. im atlantischen und submediterranen Europa.

Als Beispiel ist in Abbildung 3.2. die Schichtung der Krebscheren-Froschbiß-Gesellschaft (*Hydrochari-Stratiotetum*) schemenhaft skizziert. Diese Gesellschaft ist besonders in nährstoffreichen, seichten Gewässern mit hohen Ablagerungen von organischem Material konkurrenzstark. Oft findet eine Vermengung mit der Teichrosen-Gesellschaft (*Myriophyllo-Nupharretum*) oder anderen am Boden wurzelnden Gesellschaften statt.

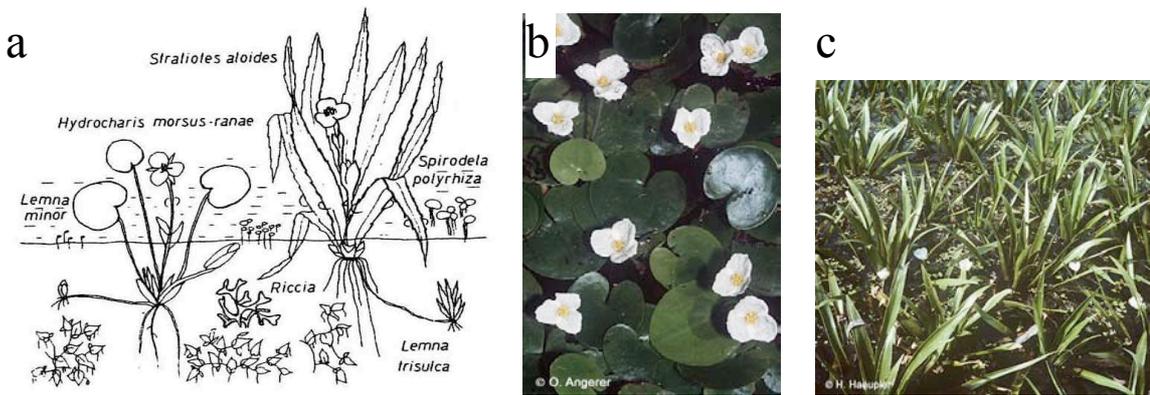


Abb. 2. Schichtung der Krebscheren-Froschbiß-Gesellschaft. a) schematische Darstellung. b) *Hydrocharis morsus-ranae*. c) *Stratiotes aloides* [Ellenberg 1996, www.floraweb.de]

∞ Röhrichte nicht verbrackter Stillwasser

Ab etwa 1,2m bis 2m Wassertiefe treten Röhrichte in so dichten Beständen auf, dass sie in der Lage sind nahe der Oberfläche bleibenden Wassergewächsen Licht zu entziehen. Mit ihrer weiten ökologischen (kalk-oligotroph/sauer-oligotroph bis eutroph) und soziologischen (große Wassertiefe bis zeitweilig über dem Wasserspiegel) Amplitude im Bezug auf ihre Standortansprüche und der starken Konkurrenzkraft, sind Röhrichte die kampfkraftigste Art unter den mitteleuropäischen Wasserpflanzen. Damit sind Röhrichte unter den Wasserpflanzen dasselbe wie die Rotbuche unter den Landpflanzen. Einig Charakterarten als Beispiel sind in Abbildung 3.3. zu sehen. [Ellenberg, 1996]



Abb. 2. Einige Charakterarten der Stillwasser-öhrlichte (Phragmition): a) *Mentha aquatica*, b) *Oenanthe aquatica*, c) *Acorus calamus* [www.floraweb.de]

2.2. Ökologie von Niedermooren

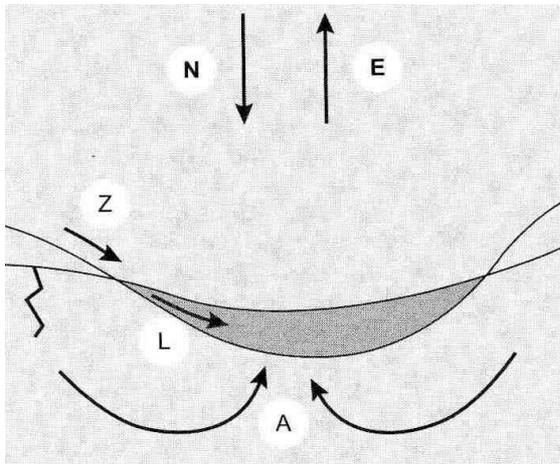


Abb. 4. Zufluss- und Abflussgrößen des Moorwassers bei Niedermooren [Dierssen 2001]. *Mit einem konkaven Relief sind Niedermoore abhängig von einer lateralen Durchströmung (L), dem Oberflächenzufluss (Z) und der aufwärts gerichteten Durchströmung (A). Dagegen spielen Niederschlag (N) und Evapotranspiration (E) eine eher unbedeutende Rolle.*

Bildung von Niedermooren

Entstehung von Maren kann auf zwei Weisen ablaufen. Entweder durch Verlandungen von Gewässern oder durch Versumpfung von terrestrischen Ökosystemen. Bei beiden Entstehungsarten kommt es durch Sauerstoffmangel, herbeigeführt durch einen hohen Wassergehalt, zu Ansammlungen von nicht abgebauter organischer Substanz. Daraus werden mit Unterstützung von verschiedenen Pflanzenarten wie Torfmoosen oder Schilf Torflager ausgebildet. So kommt es zu einer vegetationsbedeckten Lagerstätte von Torfen, die mehr oder minder mineralstoffarme Humusansammlungen beinhaltet. Ist erstmal ein Torflager entstanden kann bei kontinuierlicher Wasserversorgung der Torfkörper lateral expandieren.

Niedermoore sind durch Grundwasser geprägt und erfahren sowohl einen lateralen

wie auch einen aufsteigenden Zustrom von Mineralbodenwasser (siehe Abb. 3.4.). Im Gegensatz dazu sind Hochmoore unabhängig vom Grundwasser und abhängig vom Niederschlag.

[Dierssen, 2001]

Lebensbedingungen in Niedermooren

Die Lebensbedingungen in Niedermooren sind durch kleinste Veränderungen sehr heterogen und daher diese physiognomisch und floristisch sehr vielfältig.

Die Nährstoffversorgung erfolgt mit dem Grund- und Oberflächenwasser aus dem Einzugsgebiet. Zwei Gradienten sind entscheidend für die Versorgung der Pflanzen, zum einen der der Nährstoffe und zum anderen des pHs. Beide Faktoren überlagern sich und beeinflussen sich gegenseitig. Die Versorgung mit Nährstoffen bestimmt die Produktivität der Pflanzen und der pH-Wert die Einnischung in Bezug auf die Mineralstoffversorgung. Wie an vielen nährstoffarmen Standorten wird auch in Niedermooren das Wachstum hauptsächlich durch Stickstoff- und Phosphatmangel gehemmt.

Einige Gefäßpflanzen sichern sich wichtige Nährstoffe indem sie einen Rückfluss von abgestorbenen Pflanzenteilen in noch lebende aufbauen.

Komplexe Stoffflüsse und -umsetzungen erfolgen zwischen vier räumlichen Einheiten (siehe Abb. 3.5.). Dabei ist das Katotelm der Torfablagerungshorizont und das Akrotelm der Torfbildungshorizont.

[Dierssen, 2001]

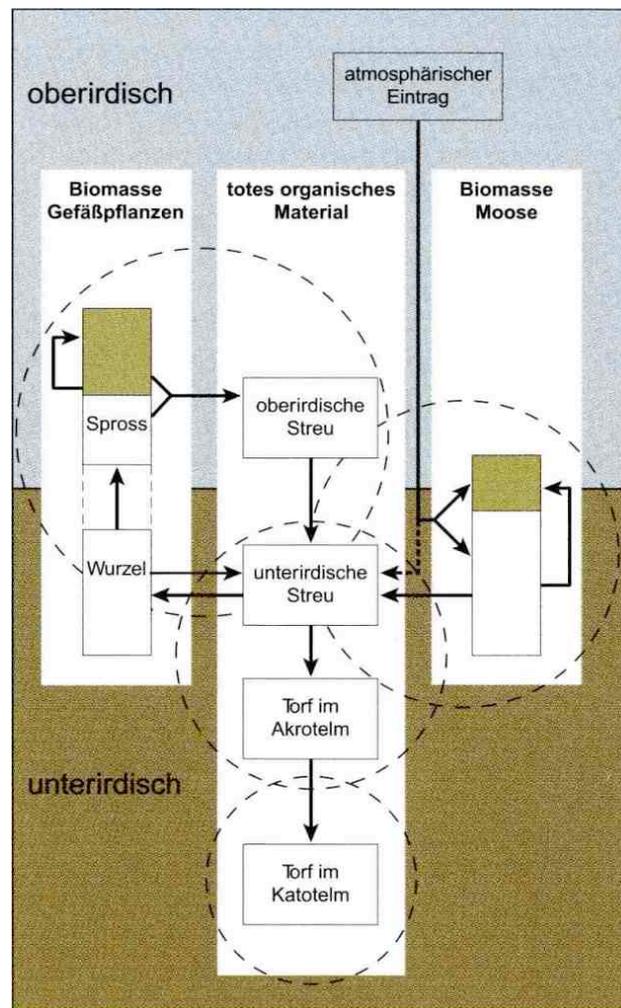


Abb. 5. Schematisiertes Modell für Nährstoffpfade und -senken [Dierssen 2001], *Die Stoffflüsse und -umsetzungen sind in Niedermooren räumlich in vier Einheiten, die untereinander in Wechselbeziehungen stehen eingeteilt. Dazu gehören die Moosschicht, die Gefäßpflanzenschicht, das Akrotelm und das Katotelm.*

Ökologische Gliederung

Aus ökologischen Gesichtspunkten können verschiedene Gliederungen vorgenommen werden. Im Folgenden sind zwei näher vorgestellt.

∞ Physiognomische – Ökologische Moortypen

Niedermoore werden bei dieser Gliederung in drei Typen eingeteilt: eutroph, meso- bis oligotroph kalkreich und meso- bis oligotroph kalkarm (siehe Tab. 3.2.).

Durch die hohe Nährstoffversorgung im eutrophen Niedermoor herrschen Erlenbruch und hohe Grasähnliche vor, rasenbildende Moose hingegen kommen überhaupt nicht vor. Im Gegensatz dazu kommen im kalkreiche Niedermoor überhaupt keine Gehölze vor, dafür aber Braunmoosreiche Teppiche. Zum Schluss bietet das kalkarme Niedermoor sowohl Bruchwäldern wie auch rasenbildende Moosen einen Lebensraum [Ellenberg, 1996]

Tabelle 2. Übersicht der physiognomisch-ökologischen Moortypen [Erlenberg 1996]

Moortypen	Niedermoore (Flachmoore)		
	eutroph	meso- bis oligotroph kalkreich	kalkarm
Torfeigenschaften pH-Wert des Torfs Kalkgehalt	ca. 4,5–7,5 mäßig bis groß	6,5–8,5 sehr groß (See- kreide)	ca. 3,5–5,0 gering
Gehalt an sonstigen Mineralstoffen	groß	gering bis mäßig	gering
Stickstoff-Versorgung	gut bis sehr gut	schlecht bis mäßig	mäßig bis schlecht
durchschnittlicher Zersetzungsgrad	sehr stark bis mäßig	mäßig (bis stark)	mäßig (bis stark)
herrschende Wuchsformen: Bäume und Büsche	Erlenbruch <i>Alnetum glutinosae</i> Weiden-Faul- baumgebüsch <i>Frangulo- Salicetum</i>	selten; Gehölze nicht bekannt	Birken-Erlen- bruch Fichten-Erlen- bruch u.ä. inter- mediäre Gesell- schaften
Zwergsträucher	–	–	–
Hohe Gräser	Schilfröhricht , <i>Phragmitetum</i> u. a. –		
Hohe Grasähnliche	Steifseggenried <i>Caricetum elatae</i> Schlankseggen- ried <i>Caricetum gracilis</i>	Schneidenried <i>Cladietum marisci</i>	Schnabel- seggenried <i>Caricetum rostratae</i>
Niedrige Gras- ähnliche	–	Kopfbinsenried <i>Schoenetum nigricantis</i> Kalk-Kleinseg- genried <i>Caricion davallianae</i>	Saure Klein- seggenriede <i>Caricion fuscae</i>
Rasenbildende Moose	–	Braunmoosreiche Teppiche (<i>Drepanocladus</i> -, <i>Calliergon</i> - Arten oder andere Hypnaceen, auch Bryaceen u.a. Nicht- Sphagnen) in Mitteleuropa nur Fragmente	

Hydrologische - Entwicklungsgeschichtliche Moortypen

Über Mitteleuropa hinaus allgemeine Bedeutung haben die hydrologischen Moortypen, die gekoppelt sind mit ihrer geschichtlichen Entwicklung [Ellenberg, 1996]. Für Niedermoore sind fünf Typen eingeteilt worden, die im Folgenden vorgestellt werden:

a) *Verlandungsmoor:* Entstehung durch Sedi-
mentauffüllung an Seen, Altwässern und flachen
Heidekolken. Oligotroph-saure, teilweise dystro-
phe Gewässer verlanden überwiegend durch torf-
moosbeherrschte Schwingtorfrasen. In oligo-me-
sotrophen, basenreichen See entwickeln sich Seg-
gen-, Schilf- und Cladium-Torfe, sowie Braun-
moos-Schwingdecken.

b) *Versumpfungsmoor:* Entstehung durch
Grundwasserbeeinflussung. Torfe liegen direkt
auf dem Mineralboden. Kann die Sekundäre Pha-
se von Verlandungs- und Überflutungsmooren
sein.

c) *Kesselmoore:* Entstehung in Reliefbedingten
Mulden und Senken, auch in Maaren durch Ober-
flächenwasserzufuhr. Unter günstigen Bedingun-
gen Entwicklung von schnell wachsenden,
schwach bis mäßig zersetzten, ziemlich homoge-
nen mächtigen Torfen.

d) *Überflutungsmoor:* Entstehung durch Über-
schwemmungen in Flußauen und Seemarschen.
Es entstehen mineralreiche, meist stark zersetzte
Torfe. Meisten großflächig in Auen von größeren
Tieflandflüssen zu finden.

e) *Durchströmungsmoor:* Entstehung durch
Grundwasseraustritte, die an einem mehr oder
weniger geneigten Hang in der Torfschicht ab-
fließt. Oft entwickelt aus Verlandungs- oder Ver-
sumpfungsmooren.

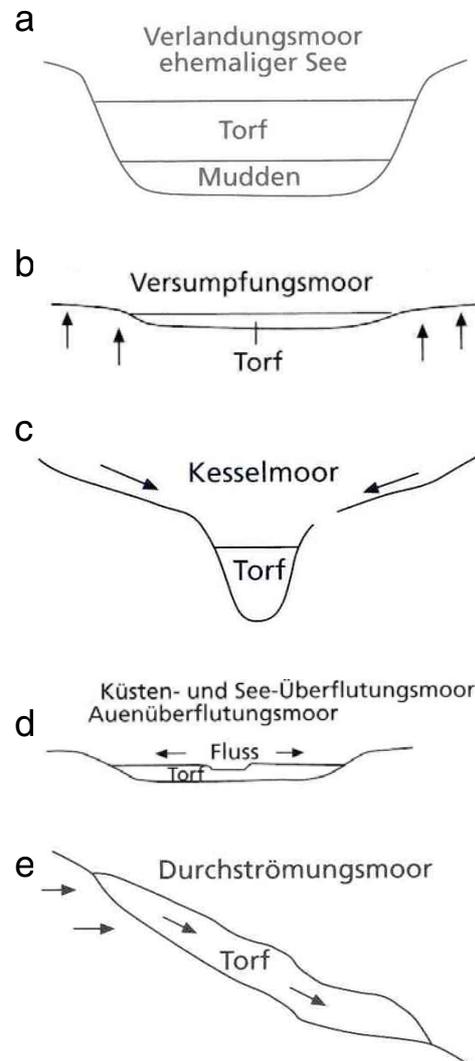


Abb. 6. Schemata zu den hydrologischen Moortypen (a-e), [Kratz, 2001]

[Dierssen, 2001]

Ökologie ausgewählter Pflanzengesellschaften

∞ Braunseggen-Rasen (*Caricion nigrae*)

Die Gesellschaften charakterisieren das Teppisch- und Rasenniveau überwiegend saurer Niedermoore, wobei der pH-Bereich zwischen 3,8 und 5,5 liegt. Die auf mesotroph-sauren Niedermooren am weitesten verbreitete Assoziation ist die *Caricetum nigrae*.

Kennzeichnende Arten sind in Abbildung 3.7. zu sehen.

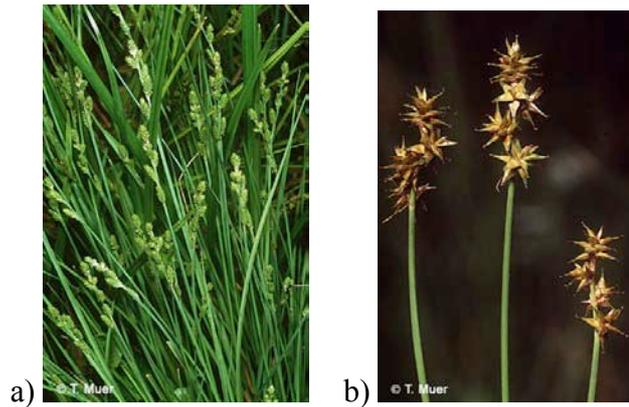


Abb. 7. Charakterarten des Braunseggen-Rasen Verbandes:
(a) *Carex canescens*, (b) *Carex echinata*
[www.floraweb.de]

∞ Davallseggen-Gesellschaften der Kalkflachmoore (*Caricion davallianae*)

Diese Gesellschaften charakterisieren weitgehend baumfreie, basenreiche Niedermoore und bilden in diesen das Teppichniveau aus. Primär kommen sie nur auf kleinflächigen Standorten vor, allerdings gibt es sekundär großflächige Standorte auf Grund der extensiven Nutzung von Waldweiden und Streuwiesen. Durch die Aufgabe der Nutzungsart sind die Flächen mit den Davallseggen-Gesellschaften im Rückgang begriffen.

Kennzeichnende Arten sind in Abbildung 3.8. zu sehen.

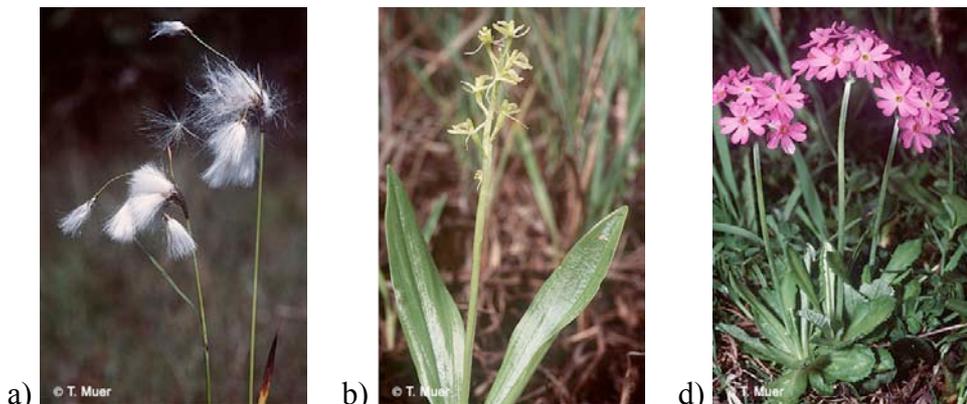


Abb. 8. Charakterarten des Braunseggen-Rasen Verbandes: (a) *Carex canescens*, (b) *Carex echinata* [www.floraweb.de]

[Dierssen, 2001]

3. Pflanzensoziologische Gliederung

Die Pflanzensoziologische Gliederung erfolgt nach Rennwald 2000, die ökologischen Gesichtspunkte und Charakterarten dazu nach Pott 1992.

3.1. Stillwasserverlandungen

Wasserpflanzengesellschaften

∞ **Klasse:** Wasserlinsen-Gesellschaften (*Lemnetea*)

Ordnung: Einschichtige Wasserschweber-Gesellschaften
(*Lemnetali minoris*)

Frei auf Wasserflächen schwimmende, artenarme und konkurrenzschwache Wasserpflanzengesellschaft in stehenden oder langsam fließenden Gewässern. In ihrer flächenhaften Verbreitung sehr unbeständig auf Grund der Verdriftung und der eindeutigen Bindung an spezielle hydrochemische Verhältnisse.

Charakterarten: *Azolla filiculoides*, *Lemna minor*, *Spirodela polyrhiza*, *Wolffia arrhiza*, *Lemna minuscula*

Verbände: - Buckellinsen-Gesellschaften (*Lemnion gibbae*)
Charakterarten: *Lemna gibba*, *Spirodela polyrhiza*

- Gesellschaften der Untergetauchten Wasserlinsen
(*Riccio-Lemnion trisulcae*)
Charakterarten: *Lemna trisulca*, *Ricciocarpus natans*,
Riccia fluitans

Ordnung: Mehrschichtige Wasserschweber-Gesellschaften
(*Hydrocharitetalia*)

Verbände: Krebsscheren- und Wasserschlauch-Schweber-
Gesellschaften (*Hydrocharition*)

Zeitweise am Grund von Gewässern verwurzelte, konkurrenzschwache Wassergesellschaften. Standort zum Teil sommerwarm, windgeschützt, meso- bis eutroph.

Charakterarten: *Stratiotes aloides*, *Utricularia neglecta*,
Utricularia vulgaris

∞ **Klasse:** Armleuchteralgen-Gesellschaften (*Charetea fragilis*)

Ordnung: Weichwasser-Glanzleuchteralgen-Gesellschaften
(*Nitelletalia flexilis*)

Vorwiegend atlantisch verbreitete Vegetationseinheiten in silikatoligothyrphen Milieu. Oft im Kontakt zu den Strandlingsgesellschaften (*Littorelletea*).

Charakterarten: *Nitella flexilis*

- Verbände:**
- Gesellschaften der Biegsamen Glanzleuchteralge (*Nitellion flexilis*)
Charakterarten: *Nitella gracilis*, *Nitella translucens*,
Nitella capillaris, *Chara delicatula*,
Chara braunii
 - Gesellschaften mit Verwachsenfrüchtiger oder Schirmförmiger Glanzleuchteralge (*Nitellion syncarpo-tenuissimae*)
Charakterarten: *Nitella opaca*, *Nitella mucronata*,
Nitella syncarpa, *Nitella tenuissima*

Ordnung: Hartwasser-Armlauchteralgen-Gesellschaften (*Charetalia hispidae*)
Besiedlung nährstoffarme aber elektrolytreiche Gewässer.

Charakterarten: *Chara hispida*, *Chara aspera*, *Chara vulgaris*

- Verbände:**
- Gesellschaften der Zerbrechlichen Armlauchteralge (*Charion fragilis*)
Charakterarten: *Chara aspera*, *Chara contraria*,
Chara hispida
 - Gesellschaften der Gewöhnlichen Armlauchteralge (*Charion vulgaris*)
Charakterarten: *Chara vulgaris*

∞ **Klasse:** Laichkraut-Gesellschaften (*Potamogetonetea*)

Ordnung: Laichkraut Gesellschaften (*Potamogetonetalia*)
Fest verwurzelte Wasserpflanzengesellschaften im dystrophen, mesotrophen und eutrophen Milieu. Den Röhrichtgürteln vorgelagert.

Charakterarten: *Potamogeton natans*, *P. pusillus* agg.,
P. pedtinatus, *P. srispus*, *P. perfoliatus*, *Myriophyllum spicatum*, *M. vericillatum*, *Elodea canadensis*, *Nuphar lutea*, *Hydrocharis morsus-ranae*, *Callitriche stagnalis*, *Ceratophyllum demersum*, *Sparganium ermersum* f. *fluitans*

- Verbände:**
- Kammlaichkraut-Gesellschaften (*Potamogetonion pectinati*)
Charakterarten: *Elodea nuttallii*, *Potamogeton trichoides*, *P. mucronatus*

P. acutifolius, *P. compressus*, *Zannichellia palustris* ssp. *palustris*

- Seerosen-Gesellschaften (*Nymphaeion albae*)

Charakterarten: *Nymphaea alba*, *Polyginum*

amphibium, *Potamogeton natans*

- Wasserhahnenfuß-Gesellschaften

(*Ranunculion aquatilis*)

Charakterarten: *Ranunculus aquatilis*,

Hottonia palustris

∞ Klasse: Wasserschlauch-Moortümpelgesellschaften (*Utricularietea*)

Ordnung: Wasserschlauch-Moortümpelgesellschaften
(*Utricularietalia intermedio-minoris*)

Typisch für oligotrophe, v.a. dys- bis mesotrophe Gewässer, mit borealem Verbreitungsschwerpunkt. Bevorzugt sind kleine Gewässer mit hydrochemischen Extrembedingungen.

Charakterarten: *Utricularia minor*, *U. intermedia*, *U. neglecta*

Verbände: - Skorpionsmoos-Wasserschlauch-Gesellschaften
(*Scorpidio-Utricularion minoris*)

Charakterarten: *Scorpidium scorpidioides*, *Calliergon stramineum*, *C. giganteum*, *C. trifarium*, *C. cordifolium*, *Campylium stellatum*, *Drepanocladus aduncus*, *D. revolvens*, *D. intermedius*, *D. exannulatus*

- Torfmoos-Wasserschlauch-Gesellschaften

(*Sphagno-Utricularion*)

Charakterarten: *Sphagnum fallax*, *Sph. inundatum*, *Sph. contortum*, *Sph. subsecundum*, *Sph. crassycladum*, *Sph. rufescens*

∞ Klasse: Strandlings-Gesellschaften (*Isoëto-Littorelletea*)

Ordnung: Europäische-Strandlings-Gesellschaften (*Littorelletalia*)

Niedrigwüchsige, subaquatische oder amphibisch lebende Gesellschaften. Wachsen in silikat-oligotrophen bis mäßig nährstoffreichen und meist nur schwach sauren Gewässern. Standortliche Voraussetzungen für das Zustandekommen der Strandrasen sind die jahreszeitlichen Wasserspiegelschwankungen und der daraus resultierende Wechsel von litoraler, limoser und terrestrischer Phase.

Charakterarten: *Littorella uniflora*, *Potamogeton polygonifolius*, *Apium inundatum*, *Juncus bulbosus*, *Luronium natans*, *Echinodorus ranunculoides*, *Eleocharis multicaulis*

Verbände: - Strandschmielen-Gesellschaften
(*Dechampsietum littoralis*)

Charakterarten: *Dechampsia littoralis*, *Myosotis rehsteineri*, *Armeria purpurea*

- Strandlings-Ufergesellschaften
(*Littorellion uniflorae*)
Charakterarten: *Isoetes lacustris*, *I. echinospora*
(= *I. setacea*)
- Nadelbinsen-Gesellschaften (*Eleocharition acicularis*)
Charakterarten: *Eleocharis acicularis*,
Elatine hexandra

Eutraphente Röhrichte und Großseggenriede

∞ **Klasse:** Süßwasserröhrichte und Großseggen Gesellschaften (*Phragmito Magnocaricetea*)

Ordnung: Schilfröhricht-Gesellschaften (*Phragmitetalia australis*)
Durch ein wirkungsvolles Durchlüftungsgewebe sind die Gesellschaften optimal an den normalerweise amphibischen Standort angepasst. Durch unzersetztes organisches Material bilden sich semiterrestrische organogene Nassböden und tragen beträchtlich zur Verlandung von Stillgewässern bei.

Charakterarten: *Alisma plantago-aquatica*, *Equisetum fluviatile*
Glyceria maxima, *Iris pseudodacorus*, *Lycopus europaeus*, *Phragmites australis*, *Rumex hydro-lapathum*, *Galium palustre*, *Eleocharis palustris*, *Scutellaria galericulata*, *Carex elata*, *Carex pseudocyperus*, *Cicuta virosa*, *Menyanthes trifoliata*, *Potentilla palustris*

- Verbände:**
- Schilf-Röhrichte (*Phragmition australis*)
Charakterarten: *Acorus calamus*, *Butomus umbellatus*,
Typha angustifolia, *Typha latifolia*,
Hippuris vulgaris
 - Großseggengesellschaften (*Magnocaricion elatae*)
Charakterarten: *Peucedanum palustre*, *Lysimachia thyrsiflora*, *Lysimachia vulgaris*, *Scutellaria galericulata*
 - Schwadengras-Igelkolben-Bachröhrichte

(*Glycerio-*

Sparganion)

Charakterarten: *Glyceria plicata*, *Nasturtium officinale*,

Veronica beccabunga, *Veronica catenata*, *Sium erectum*

3.2. Niedermoore

Quell- und Niedermoorgesellschaften, Hochmoorschlencken- und Bultengesellschaften

- ∞ **Klasse:** Niedermoor- und Schlenkengesellschaften (*Scheuzerio Caricetea fuscae*)
- Ordnung:** Braunseggenrasen kalkarmer Flachmoore (*Caricetalia nigrae*)
Torfbildende Kleinseggengesellschaften im Bereich kalkarmer, aber nicht zu nährstoffarmer Gewässer.
- Verbände:** Braunseggenrasen (*Caricion nigrae*)
Charakterarten: *Carex echinata*, *Carex canescens*, *Carex magellanica* (= *Carex paupercula*)
- Ordnung:** Davallseggen-Gesellschaften basenreicher Niedermoore (*Caricetalia davallianae*)
Artenreiche Gesellschaften meist auf kalkoligotrophen Standorten.
- Verbände:**
- Davallseggen-Gesellschaften der Kalkflachmoore und Kalksümpfe (*Caricion davallianae*)
Charakterarten: *Carex lepidocarpa*, *Carex hostiana*, *Carex pulicaris*, *Liparis loeselii*, *Eriophorum latifolium*, *Trichophorum alpinum*, *Schoenus nigricans*, *Eleocharis quinqueflora*, *Primula farinosa*
 - Arktisch-alpine Binsenseggen-Schwemmufer Gesellschaften (*Caricion maritimae*)
Charakterarten: *Typha minima*, *Kobresia simpliciuscula*, *Equisetum variegatum*

4. Verbreitung

Beide vorgestellten Sonderstandorte weisen einen Rückgang in der Verbreitung auf Grund von anthropogenen Nutzungen auf. Besonders die Niedermoore sind flächendeckend in landwirtschaftliche Flächen umgewandelt worden und zum größten Teil komplett verschwunden. Trotz ehemals großflächigen Moorgebieten (siehe Abb. 5.1.) findet man heute nur noch Folgepflanzengesellschaften, die die ursprünglichen Gesellschaften und Arten durch Konkurrenzdruck verdrängt haben.

Stillwasserverlandungen findet man noch an unbeeinflussten Ufern von Seen, sie sind aber ebenfalls durch Nutzungsinteressen gefährdet.

Bei genauerer Betrachtung der Flächenverteilung in Deutschland treten Moore insgesamt nur mit 4% der Landesfläche auf. Außerdem ist die Verteilung je nachdem welches Bundesland betrachtet wird sehr unterschiedlich (siehe Abb. 5.2.). Niedersachsen und Schleswig-Holstein weisen prozentual die meisten Niedermoorflächen im Vergleich auf.

[Dierssen, 2001; Kratz, 2001]

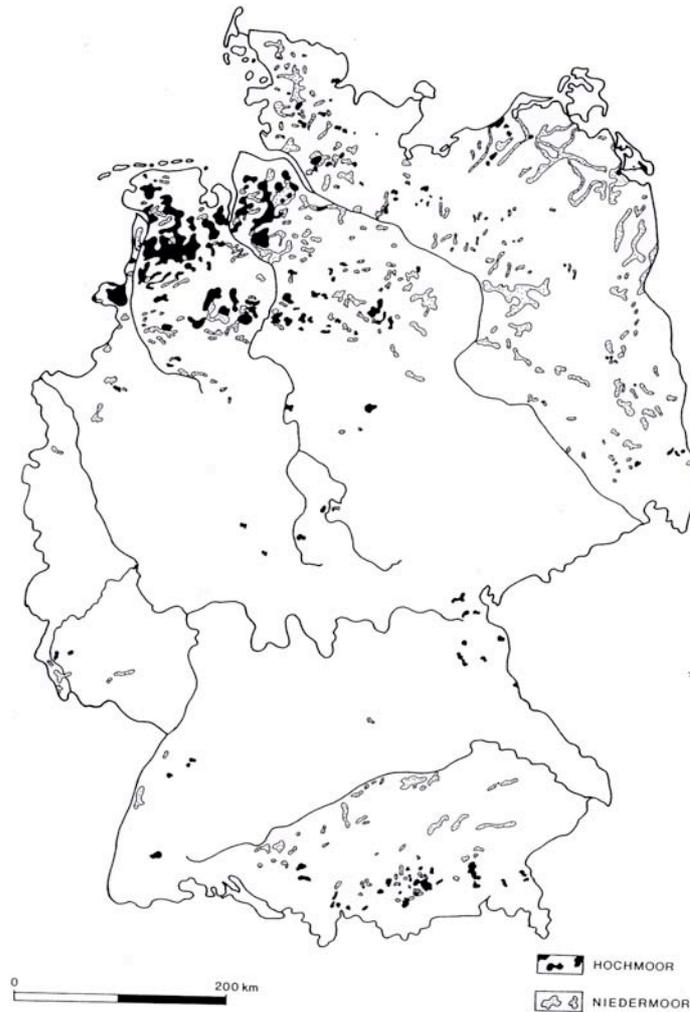


Abb. 9. Verbreitung ehemaliger Hoch- und Niedermoore in Deutschland [Pott, 1992]

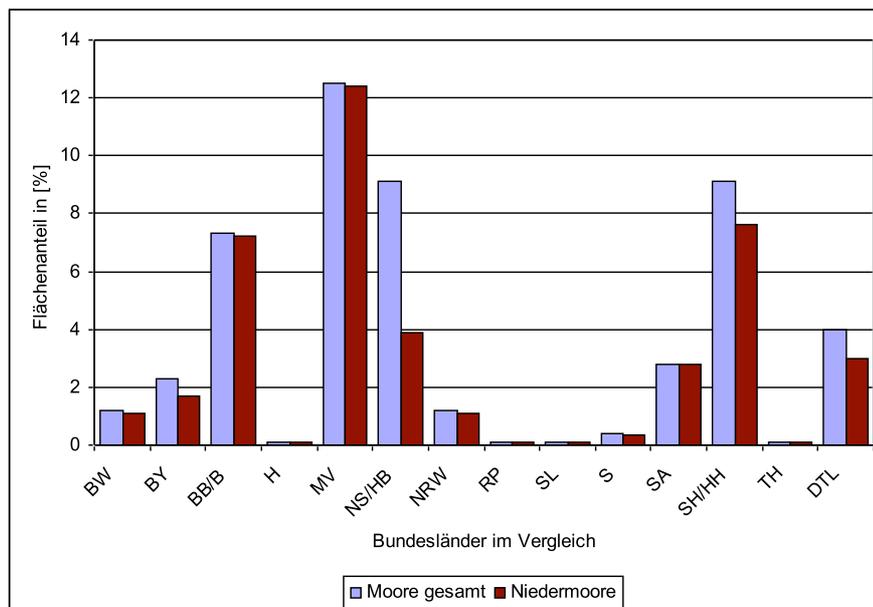


Abb. 9. Flächenanteile in [%] von Mooren insgesamt und Niedermooren der Bundesländer und gesamt Deutschland [nach Kratz, 2001]

Bei Betrachtung von Verbreitung einiger Charakterarten der typischen Ordnungen oder Verbände kann kaum eine Aussage über die Verbreitung des Ökosystems gemacht werden. Trotzdem ist festzustellen, dass die im Folgenden gezeigten Arten bis auf eine Ausnahme Standorte verlieren (siehe Abb.5. c-f). Die Ausnahmart *Galium palustre* zeigt eine sehr ausgedehnte Verbreitung, was wie in Kapitel 3.1 besprochen durch die starke Konkurrenzkraft der Röhrichte erklärbar ist.

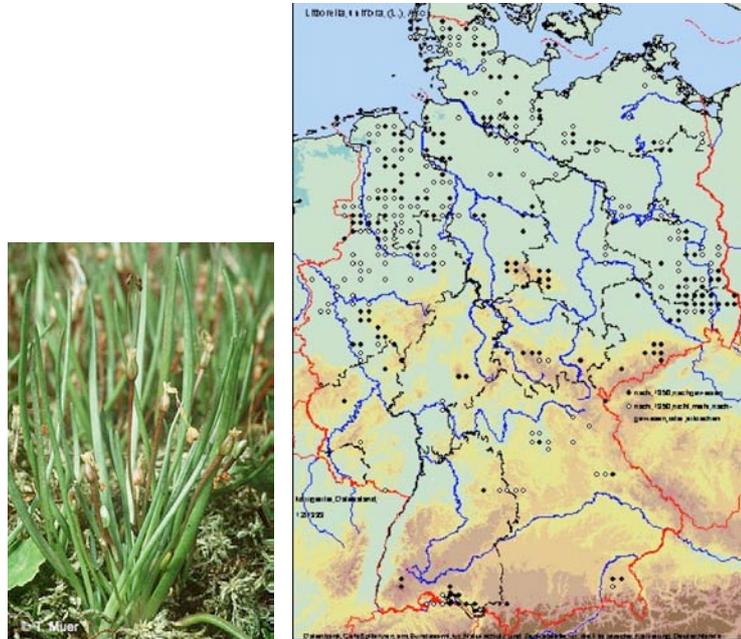


Abb. 10. Verbreitung von *Littorella uniflora*, Charakterart der Ordnung Europäische Strandlings-Gesellschaften (Littorelletalia) [www.floraweb.de]

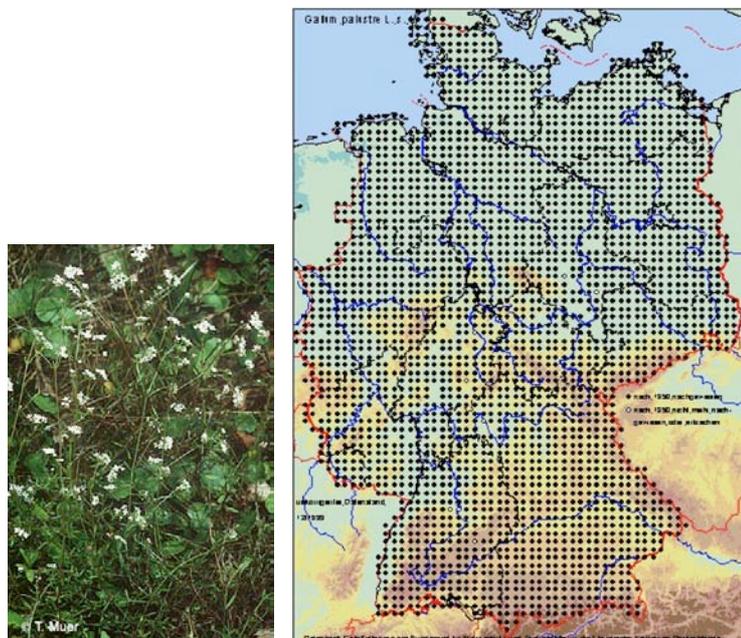


Abb. 10. Verbreitung von *Galium palustre*, Charakterart der Ordnung Schilfröhricht Gesellschaften (Phragmitetalia australis) [www.floraweb.de]

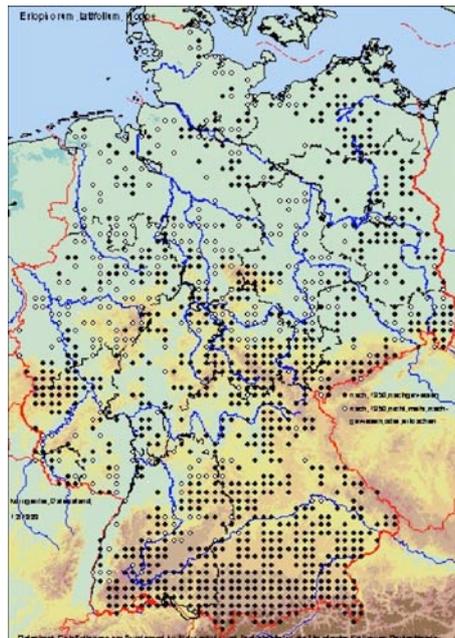


Abb. 10. Verbreitung von *Eriophorum latifolium*, Charakterart des Verbandes Davallseggen-Gesellschaften der Kalkflachmoore und Kalksümpfe (*Caricion davallianae*) [www.floraweb.de]

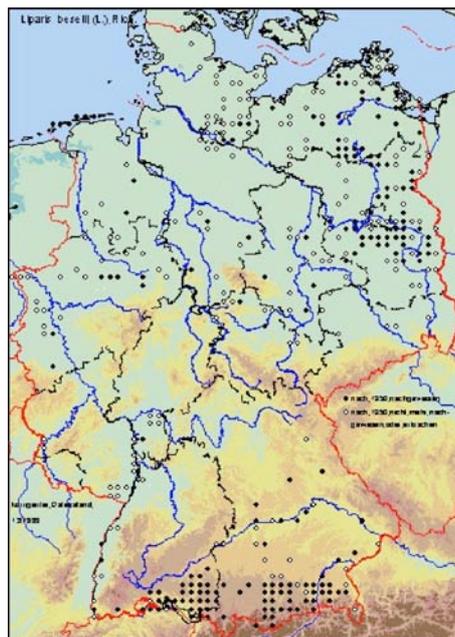


Abb. 10. Verbreitung von *Liparis loeselii*, Charakterart des Verbandes Davallseggen-Gesellschaften der Kalkflachmoore und Kalksümpfe (*Caricion davallianae*) [www.floraweb.de]

5. Gefährdung und Schutz

Sowohl die Gefährdung der Niedermoore wie auch die der Stillwasserverlandungen gehen von anthropogenen Nutzungsinteressen aus.

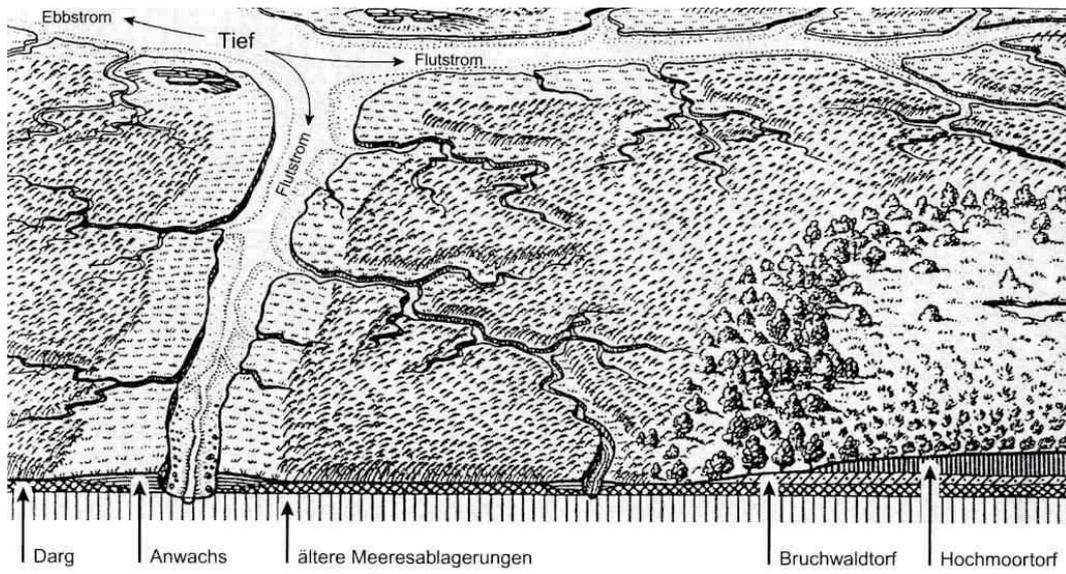
Schon im Mittelalter beginnt die Nutzung der Niedermoore durch Beweidung. Später kommen das Torfstechen und damit das Entwässern der Niedermoore hinzu. Am Beispiel der Nordseeküste wird eindringlich klar, wie komplett umgreifend die Beeinflussung ist (siehe Abb. 6.a). Durch Entwässerung verschwindet der entscheidende Standortfaktor, der Sauerstoffmangel. Als Folge entstehen aus Kohlen- und Nährstoffsinken Kohlen- und Nährstoffquellen, die zur vorhandenen Klimaproblematik noch beitragen. Dabei werden durch historische Landschaftsanalysen über Entwässerung zwei Folgeerscheinungen festgestellt. Zum einen die totale Vernichtung von Moorstandorten aus der über Kartenvergleiche erschließbaren Flächenreduktion und zum anderen einen Wandel der Nutzungsintensität und –form. So zeigen Schweineköper et al. (1996) für einen Teilraum des württembergischen Allgäus, dass sich zwischen 1832 und 1992 der Flächenanteil mit moospezifischer Vegetation von ursprünglich etwa 502 auf 85 ha reduziert hat. Gleichzeitig erhöhen sich die entwässerten Flächen von 1831 mit 49% der Flächen bis 1992 auf 96% der Flächen. Eine weitere Folge der Eingriffe in den Wasserhaushalt sind ausgelöste sekundäre Bodenbildungsprozesse, wie Mineralisation, Sackung, Schrumpfung und Vererdung. Diese Prozesse lösen eine Kette von Folgereaktionen aus: Zunahme der Zersetzungsgrade des Torfes und der Lagerungsdichte und der Anteil der organischen Substanzen kann von 80% auf unter 20% abfallen. Daraus resultieren dann ein verringertes Porenvolumen und damit eine Senkung der Speicherkapazität für Wasser und Gase. Allgemein führt bei Niedermooren eine Absenkung des Grundwasserspiegels zum Austausch vergleichsweise basenreichem Grundwasser durch stärker saures Infiltrationswasser. Das nachfolgende Muster ist immer ähnlich: die Produktivität steigt an, pH-Wert, Bodenfeuchte und Artenreichtum werden geringer. Dabei fallen – bezogen auf die Basenversorgung – anspruchsvolle Arten aus, während ubiquitäre Grünlandarten gefördert werden.

Nach Bundesnaturschutzgesetz stehen Moore, Röhrichte, Nasswiesen und Bruchwälder unter Bestandesschutz, der sie allerdings nicht vor fortschreitenden und schleichenden Veränderungen bewahrt.

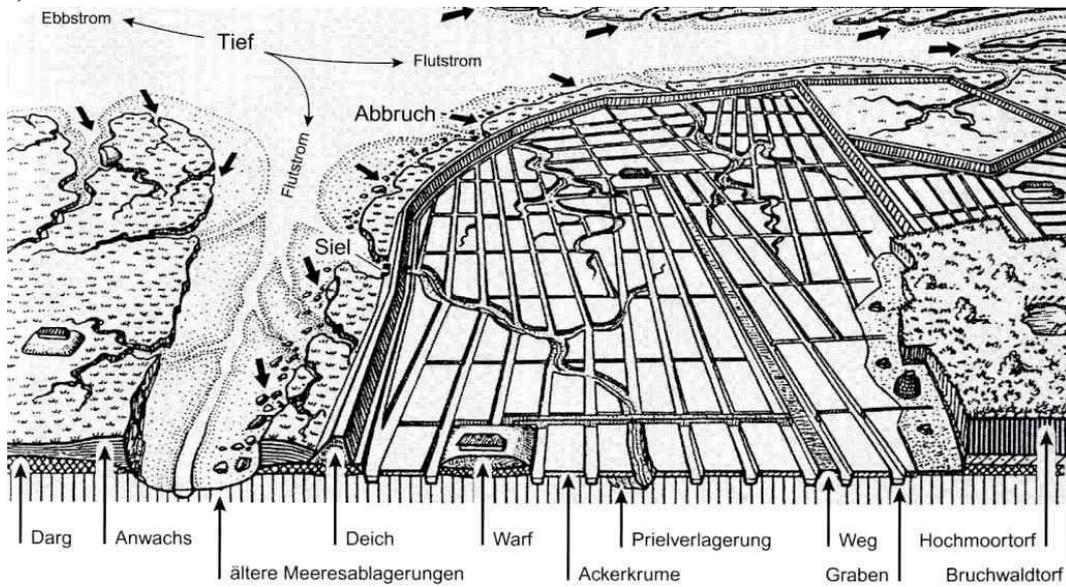
Durch Dauerflächenuntersuchungen wird klar, dass besonders die Ammoniumeinträge den Rückgang von immissions-empfindlichen Flechten bedingen. Auf Grund von Ammoniumeinträgen können sich das Konkurrenzgefüge zwischen Torfmoosen wie *Sphagnum fallax* und *Sphagnum magellanicum* sowie zwischen den Bryophyten und Gefäßpflanzen verschieben (Asman et al, 1991 und Lütke Twenhöven, 1992). Ein Schutz vor Einträgen ist aber kaum zu ermöglichen, da viele Einträge auch über die Atmosphäre kommen und damit nicht steuerbar sind. Im Allgemeinen sind besonders die nährstoffärmeren Niedermoorflächen durch Nährstoffeintrag gefährdet.

Die Schutzziele für Niedermoore stehen in großem Konflikt mit den Nutzungsansprüchen. Grund dafür sind die völlig anderen erwünschten Grundbedingungen. Für eine Nutzung muss die Fläche relativ trocken sein, dagegen steht der zum Erhalt nötige Wasserspiegel für Niedermoore. Das bedeutet Nutzung und Schutz schließen sich im Grunde aus.

[Dierssen, 2001]



a)



b)

Abb. 10. Nordseeküste in Nordfriesland **a)** vor der Bedeichung und **b)** mittelalterliche Kulturmaßnahmen auf alter, vermoorter Marschen unter Deichschutz [Dierssen, 2001]

6. Aktuelle wissenschaftliche Artikel

- ∞ P.P. Schot, S.C. Dekker, A. Poot: The dynamic form of rainwater lenses in drained fens, *Journal of hydrology* 293 (2004) 74-84

Für Niedermoore ist der Einfluss von nährstoffarmem, alkanischem Grundwasser eine Grundvoraussetzung zum Erhalt der artenreichen Vegetation. Grundwasserabsenkung kann zur Entwicklung von so genannten Regenwasserlinsen im oberen Grundwasser von Niedermooren führen, das Grundwasser nach oben daran hindert, die Wurzelzone zu erreichen. Um Einblick in die Regenwasserlinsendynamik als Basis für Erhaltung und Wiederherstellung von Niedermooren Biodiversität zu erhalten, wurden numerische Grundwasserflussmodellsimulationen für einen hypothetischen Fallbereich in den Niederlanden ausgeführt.

- ∞ K. h. Syed et al : Environmental control of net ecosystem CO₂ exchange in a treed, moderately rich fen in northern Alberta, *Agricultural and Forest Meteorology* (2006)

Niedermoore decken etwa 21% der Landschaft ab und enthalten etwa 80% der Kohlenstoffvorräte in West Kanada. Jedoch werden die gegenwärtigen Raten der Kohlenstoffansammlung und die Umweltuntersuchungen über die ökosystemare Photosynthese und Atmung in Niedermoor Ökosystemen dürftig verstanden. Als Teil von Fluxnet-Kanada, wurde stetig Nettokohlendioxid austausch mit Hilfe der eddy covariance technique bei einem von verkümmerten *Picea mariana* und *Larix laricina* dominierten mit Bäumen umgebenen Niedermoor im August 2003 bis Dezember 2004 gemessen.

- ∞ M. P. Kennedy et al: Predicting interactions between wetland vegetation and soil-water and surface-water environment using diversity, abundance and attribute values, *Hydrobiologia* 570 (2006) 189-196

Diese Studie untersuchte die Antwort von Süßwasservegetation auf hydrologische Triebfaktoren durch Einschätzen der kollektiven Vegetationsvariablen, beurteilen der Eigenschaften von dominierenden Pflanzenpopulationen und hydrologischer und hydrochemischer Variablen an Hand von Feuchtgebieten in Schottland und Nordengland. Stichprobenerhebung wurde an 55 permanenten Probestandorten durchgeführt, die sich entlang 11 unabhängigen Transekten befanden. Öko-hydrologische Interaktionen wurden mit Hilfe eines regression-based Modells untersucht. Aspekte aus der Wassertabellen Dynamik (z.B. Verringerungsniveau, Schwankungsniveau), entlang der Populationsdichte (z.B. Biomasse, Stammdichte) und Vielfalt (z.B. Artenreichtum), wurde verwendet, um Vorhersagemodelle konstruieren.

7. Literatur

- ∞ Asman W.A.H., Runge E.H.: Atmospheric deposition of nitrogen compounds in Denmark, the N, P and organic matter research program 1985-1990, nitrogen and phosphorus in soil and air, A. Abstracts, Ministry Environm. (287-311), 1991
- ∞ Dierssen K., Dierssen B.: Moore, 2001
- ∞ Ellenberg H.: Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen, 1996
- ∞ Kennedy M. P. et al: Predicting interactions between wetland vegetation and soil-water and surface-water environment using diversity, abundance and attribute values, Hydrobiologia 570 (189-196), 2006
- ∞ Kratz R., Pfadenhauer J. (Hrsg.): Ökosystemmanagement für Niedermoore – Strategien und Verfahren zur Renaturierung, 2001
- ∞ Lütke Twenhöven, F.: Untersuchungen zur Wirkung stickstoffhaltiger Niederschläge auf die Vegetation von Hochmooren, Mitt. AG Geobot. SH/HH 44 (171 S.), 1992
- ∞ Pott R.: Die Pflanzengesellschaften Deutschlands, 1992
- ∞ Rennwald E.: Verzeichnis und Rote Liste der Pflanzengesellschaften Deutschlands, 2000
- ∞ Schot P.P., Dekker S.C, Poot A.: The dynamic form of rainwater lenses in drained fens, Journal of hydrology 293 (74-84), 2004
- ∞ Schweineköper K., Seifert P., Metzler S., Konold W.: Veränderungen der Moorflächen der ehemaligen Herrschaft Kisslegg, Ber. Inst. Landschafts-Pflanzenökologie Univ. Hohenheim 5 (5-20), 1996
- ∞ Syed K. H. et al : Environmental control of net ecosystem CO₂ exchange in a treed, moderately rich fen in northern Alberta, Agricultural and Forest Meteorology, 2006

www.floraweb.de

Spezielle Geobotanik

WS 06/07



Hochmoore

Vroni Burgmayer

Inhaltsverzeichnis:

1.	Einleitung	3
2.	Aufbau und Strukturen im Hochmoor	3
2.1.	Torfaufbau	4
2.2.	Hochmoorstrukturen	5
2.3.	Bedingungen zur Entstehung eines Hochmoores	7
3.	Hochmoorbildung und -entwicklung	8
3.1.	Klassifikation von Moortypen	9
3.2.	Pollenanalyse	11
4.	Pflanzensystematische Gliederung der Hochmoore	15
5.	Hochmoorverbreitung	18
6.	Nutzung, Gefährdung und Schutz	20
6.1.	Torfabbau	20
6.2.	Moore und Klimawandel	21
7.	Literaturliste	22

1. Einleitung

Die Klimarelevanz von Hochmooren ist derzeit ein brisanter Diskussionspunkt. Moore können aufgrund von verlangsamtem Abbau organischer Substanz in ihrem Torfkörper Kohlenstoff akkumulieren und gelten somit als wichtige biologische Senken. Die anthropogene Brenntorfgewinnung ab Mitte des 11. Jahrhunderts und die Urbarmachung dezimierte z.B. die Hochmoor-Flächen in Niedersachsen um fast 90% (Dierssen 2001). Damit stellt sich die Frage nach der Senkenwirkung der noch vorhandenen Hochmoore und ihrer Klimarelevanz und ebenso ob nachhaltige Renaturierungsmaßnahmen zum Klimaschutz beitragen können.

2. Aufbau und Strukturen im Hochmoor

Das Hochmoor ist in seiner Entstehungsgeschichte, seinem Wasserhaushalt und seiner standortbedingten Artenvielfalt als eigener Mikrokosmos zu betrachten. Der große Unterschied zu allen anderen Moortypen liegt in der Wasserzufuhr, die das Hochmoor (auch Regenmoor genannt) allein durch Niederschläge erfährt, ebenso wie es Nährstoffe nur aus der Luft bezieht (ombrogen). Die Nährstoffarmut des Hochmoors erfolgt durch die Festlegung von Ionen im Torf. Dadurch sind sie für Pflanzen nicht verfügbar. Die Torfmoosart Sphagnum, die torfbildende Funktion ausübt, verstärkt diese Nährstoffarmut indem sie durch Kationenaustausch eine Ansäuerung der Umgebung verursacht (Dierssen 2001). Da das Hochmoor somit nicht auf den Mineralboden und seine Grundwasser- und Nährstoffquellen angewiesen ist, kann es sich im Gegensatz zu typischen Niedermooren, die eher „flach“ erscheinen über den versumpften Boden oder den verlandeten See durch seine immer mächtiger wachsenden Torfdecken wölben.

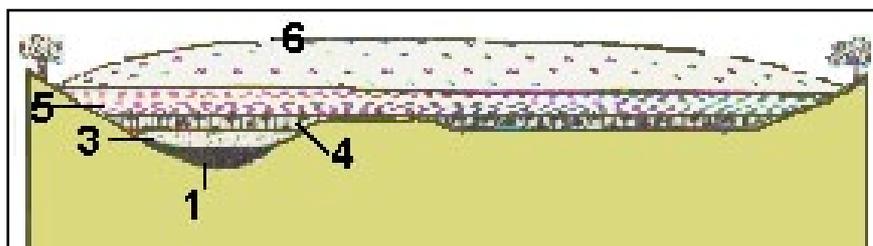


Abb. 1. Schematische Darstellung eines Hochmoorprofils, (www.ruhr-uni-bochum.de)

In Abbildung 1 ist ein schematischer Schnitt durch ein Hochmoor dargestellt: die meisten Hochmoore entstanden im Atlantikum vor ca. 8000 Jahren, die ältesten abgelagerten Muddensedimente (1) der Niedermoore sind aber oft über 9.000 - 11.000 Jahre alt und stammen aus der Nacheiszeit. Die darüber liegende Schicht der Schilf- oder Seggentorfe (3) bildete sich im

Boreal, als die ersten Wälder entstanden. Erlenbruchtorfe und Birkenbruchtorfe (4) aus dem Atlantikum überdecken diese Ablagerungen, zu dieser Warmzeit begann die Entwicklung der ombrogenen Moorbildung und damit die Hochmoorgenese. Auf die Schwarztorf-Schicht (5), die stark zersetztes organisches Material enthält und daher ab dem 11. Jahrhundert als Brennmaterial abgebaut wurde, folgt die Weißtorf-Schicht (6).

2.1 Torfaufbau

Torfe sind aus unterschiedlich stark zersetzten Anteilen organischen Materials aufgebaut. Mit zunehmendem Zersetzungsgrad steigt der Huminstoffanteil, dementsprechend erfolgt in Mooren eine organische Stoffakkumulation, infolge derer sich sowohl Kohlenstoff als auch Stickstoff im Torf anreichern.

Als Verrotfung bezeichnet man den Prozess, bei dem im oberen Weißtorfhorizont (Akrotelm) ein unvollständiger Abbau organischer Substanz unter aeroben Bedingungen und im unteren Torfablagerungshorizont (Katotelm) eine Zersetzung unter Sauerstoffausschluss durch anaerobe Bakterien erfolgt (Schwarztorf).

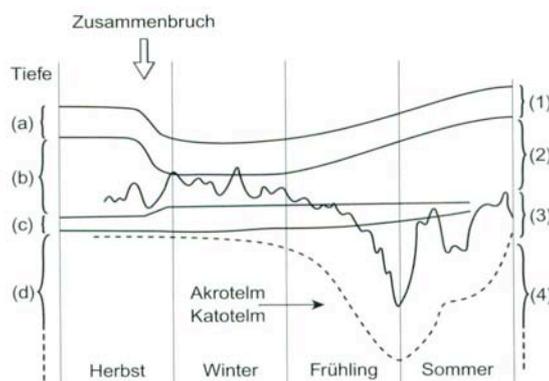


Abb. 2. Schwankungen im Jahresverlauf der strukturellen Horizonte (a) bis (d) im Weißtorf. Die gestrichelte Linie gibt die Grenze zwischen Akrotelm und anoxischem Katotelm an, die durchgezogene, schwankende Kurve zeigt den schematischen Verlauf von Wasserständen an (Dierssen 2001).

Bei der Betrachtung des oberen halben Meters eines Torfprofils (Abb.2), lassen sich vier abgrenzbare Horizonte unterscheiden (siehe Abb. 2):

In der euphotischen Oberflächenschicht, die etwa 2-5 cm dick ist (a) betreiben die Torfmoose Photosynthese, das vorhandene Luftvolumen schwankt mit den Niederschlägen, in Trockenphasen kann es bis zu 90 % betragen. Die Temperaturen können am Tag um 30 K schwanken. Sämtliche Produktionsprozesse der Moose vollziehen sich in dieser Schicht.

Unterhalb schließt sich die aphotische Zone (10-50 cm dick) an (b). Diese Schicht besteht aus abgestorbener Torfmoosphytomasse und dem Wurzelgeflecht der Gefäßpflanzen. Bakterien und Pilze bauen die tote organische Masse aerob ab. In der darunter liegenden Verdichtungszone (c) mit einer Mächtigkeit von 2-15 cm findet sich stärker zersetzte, durch das Gewicht

der aufliegenden Schichten verdichtete Pflanzenmasse, wobei im Frühjahr 10 % der Last durch aufliegendes Pflanzenmaterial und 90 % durch das gebundene Haftwasser verursacht werden (Økland & Ohlson 1998 in Dierssen 2001). Der Wasseraustausch erfolgt aufgrund der zunehmenden Dichte langsamer, der Torf bleibt wassergesättigt. Unterhalb der Verdichtungszone liegt ein Torflager (d), dessen Porenraum wassergesättigt ist. In dieser Horizonttiefe sind aufgrund der starken Verdichtung und des wassergesättigten Porenraumes keine strukturellen Jahresschwankungen ersichtlich. Im unteren Teil leben anaerobe Mikroorganismen unter kalt-stenothermen Bedingungen, die Abbauprozesse laufen deutlich verlangsamt ab. Im Katotelm verbliebene Pflanzenreste sind stark zersetzt, die Torfmatrix ist dunkel (Dierssen 2001).

2.2 Hochmoorstrukturen

In Mooren bilden sich aufgrund des heterogenen Reliefs Oberflächenstrukturen, die sich regional beträchtlich unterscheiden können. Bulten- und Schlenken-Oberflächenformen folgen einem Gradienten verschieden stark fluktuierender Wasserstände. Als Schlenken werden die Bereiche im Hochmoor bezeichnet, deren Wasserstände im Mittel 0-20 cm über der Oberfläche liegen. Sie sind von Torfmoosen und vereinzelt Gefäßpflanzen bewachsen und befinden sich meistens im nassen Zentrum, da das Niederschlagswasser dort nur langsam zum Rand hin abläuft. Die höheren, aus Sphagnen gebildeten Bulte wechseln sich mosaikartig mit den Schlenken ab. Wegen der nur episodisch hohen Wasserstände und der damit besseren Durchlüftung können sie von Zwergsträuchern, *Eriophorum*- und *Luzula*- Arten besiedelt werden. Zur Stabilisierung der Bult-Schlenken-Komplexe trägt die schwere Abbaubarkeit von Bulten bewohnender Sphagnum-Arten im Vergleich zu den Schlenken bewohnenden bei. Bult-Torfmoose weisen einen höheren und schwer abbaubaren Polyuronsäuregehalt auf (Johnson & Damman 1993, Verhoeven & Liefveld 1997 in Dierssen 2001).



Abb. 1. *Sphagnum capillifolium* - Bulte (www.uni-graz.at)

Bewegt man sich vom Zentrum des Moores auf den Rand zu, nehmen die Schlenken ab, Heidebulte herrschen vor, da durch den raschen Niederschlagsabfluss am Rand wenig Nässe gespeichert werden kann. Man bezeichnet diesen Teil als „Stillstandkomplex“, da das Hochmoorwachstum stagniert. Am „Randgehänge“, dem trockensten Teil des Hochmoores das zum Lagg hin abfällt, kann sich Wald aus Birken und Kiefern ansiedeln. Als Lagg bezeichnet man den Moorrand, an dem das Moorwasser mit dem Mineralboden in Kontakt tritt. An dieser Stelle entsteht ein nährstoffreicher, mäßig saurer Randsumpf. Bäume wachsen inmitten eines Hochmoores nur dann, wenn sich ein Hochmoorkolk gebildet hat. Darunter versteht man eine Gruppe von Bäumen, die inmitten des Hochmoores in kleinen Schlammwasser-Teichen stehen (Ellenberg 1996). Im langsamer wachsenden Zentrum von Morrkörpern können sich mit ansteigenden Wasserständen großflächige Schlenkenzüge entwickeln. Wenn diese Fläche eine bestimmte Größe einnimmt, kann kein Torf mehr akkumuliert werden. Zersetzungsprozesse und Mineralisation des Torfes, bedingt durch hohe Anteile gelösten Sauerstoffs im Sommer, können zu einer Bildung von Kolken und Morseen führen. Ein anderes System, das vor allem in borealen und ozeanischen Mooren verbreitet ist, korreliert mit dem Oberflächenabfluss: in Hanglagen bilden sich hangparallel angeordnete Gruppen von kleineren Schlenken, die die sonst geschlossene Moordecke unterbrechen. Diese 1-4 m breiten Rinnen werden „Flarken“ genannt und wechseln sich mit 0,5-5 m breiten „Strängen“ ab. „Stränge“ sind weniger von Pflanzen besiedelt und können sich infolge von Sauerstoffübersättigung vertiefen und verbreitern.

2.3 Bedingungen zur Entstehung eines Hochmoores

Für ein kräftiges Wachstum des Hochmoores müssen einige Bedingungen erfüllt werden:

Eine Voraussetzung ist ein kühl-gemäßigtes, humides Klima mit ausreichendem Niederschlag und geringer Verdunstung. Daher entwickelten sich Hochmoore vor allem im subozeanischen und montanen Klima, in den Nordalpen zwischen 500-800m und in den Zentralalpen zwischen 1000-1600m ü. NN. Zu hohe Temperaturen begünstigen die Zersetzung des Torfes und hemmen demzufolge das Wachstum der Sphagnen. Kühle Regionen fördern eine Hochmoor-Bildung durch eine gleichmäßigere und höhere Luftfeuchtigkeit. Die Mineralstoffarmut des Niederschlagswassers wirkt als vegetationslimitierender Faktor, deshalb können nur Arten mit besonderen Anpassungsstrategien hier wachsen: *Sphagnum*-Arten leben aufgrund der geringen Nährstoffzufuhr mit Pilzen der *Mortierella*- oder der *Penicillium*-Art in Symbiose (Ellenberg 1996), Ericaceae fördern ihre Stickstoffversorgung über Mykorrhiza. Cyperaceae decken ihren N-Bedarf aus dem Katotelm über ein tiefes Wurzelsystem, in wassergesättigten Zonen fixieren Cyanobakterien Stickstoff und carnivore Pflanzen fangen Insekten, um zusätzlichen Stickstoff und Mineralsalze aufzunehmen (*Drosera rotundifolia* L.).

Wie schon angedeutet übernehmen die Torfmoose der Gattung *Sphagnum* (siehe Abb. 4) eine wichtige Rolle, da sie aufgrund einiger struktureller Besonderheiten sehr gut an den Wasser- und Nährstoffhaushalt des Hochmoor angepasst sind. Durch ihren besonderen Bau können sie in ihren Hyalinzellen und zwischen Blättern, Ästen und Stämmchen Wasser speichern. Diese Speicherkapazität ist artspezifisch, für *Sphagnum magellanicum* (Brid.). Diese können das 21-25fache ihres Trockengewichts durch Wasseraufnahme annehmen (Overbeck & Happach 1957 in Wilmanns 1973). Die Wasserabgabe kann bei Thallophyten nicht reguliert werden, womit ein Vorkommen nur an evaporationsarmen und niederschlagsreichen Standorten gegeben ist. Nährstoffe nehmen *Sphagnum*-Arten direkt aus nasser Deposition auf und konzentrieren diese in den wachsenden Köpfchen. Ältere Teile des Moosstämmchens sterben aus Luft- und Lichtmangel in den tieferen Schichten ab, wobei sowohl Stickstoff wie auch Phosphat aus diesen Pflanzenabschnitten in apikale Abschnitte verlagert werden können (Rydin & Clymo 1989).



Abb. 4. *Sphagnum cuspidatum*(www.botany.unibe.

Zugleich sind Sphagnen effiziente Kationenaustauscher (Brehm 1971), da ihre Zellwände zu einem hohen Anteil aus Polyuronsäuren bestehen. Kationen, die mit Staub und Niederschlägen auf das Moor gelangen, können von den Säuren gegen Protonen eingetauscht werden. Es kommt damit zu einer Ansäuerung der Habitate, wodurch der pH-Wert von Hochmooren bei 3-4 liegt.

3. Hochmoorbildung und -entwicklung

Die Älteste holarktische Moorbildungen sind 13.000 Jahre alt und stammen aus dem Bölling-Interstadial. In Schmelzwasserrinnen lagerten sich Kalkmudden ab. Am Grund von Kesselmooren wurden geringmächtige Braunmoos- und Seggenbasistorfe aus dieser Zeit gefunden. Im Alleröd verlandeten viele eiszeitliche Flachgewässer, es entstanden Moos- und Seggentorfe. Während des Präboreals und Boreals begann sich die Landschaft zu erwärmen, die Verlandungsvorgänge und die erste Phase der organogenen Ablagerungen war zum Ende des Boreals abgeschlossen. Vor 8000 – 6000 Jahren, im Atlantikum, begann die Bildung von Hochmooren. Die starke Torfbildung war die Folge von weiterer Erwärmung und höheren Niederschlägen. Großseggen- und Schilftorfe entwickelten sich neben Erlen-Bruchwäldern am Talrand. Im Subboreal erfolgten weitere Versumpfungsphasen, eine zweite ombrogene Moorzunwachsphase folgte (heide- und wollgrasreicher „Schwarztorf“).

Die Temperaturen nahmen wieder ab. Während der Bronze- und Eisenzeit begannen die Menschen bestehende Wälder zu roden. Diese Vorgänge wurden im Subatlantikum weiter verstärkt. Die stärksten Torfbildungsraten (Aufwölbung der Hochmoore und „Weißtorf“-Bildung) und die wichtigsten abgelagerten Torfe stammen aus dieser Zeit (Succow 1988).

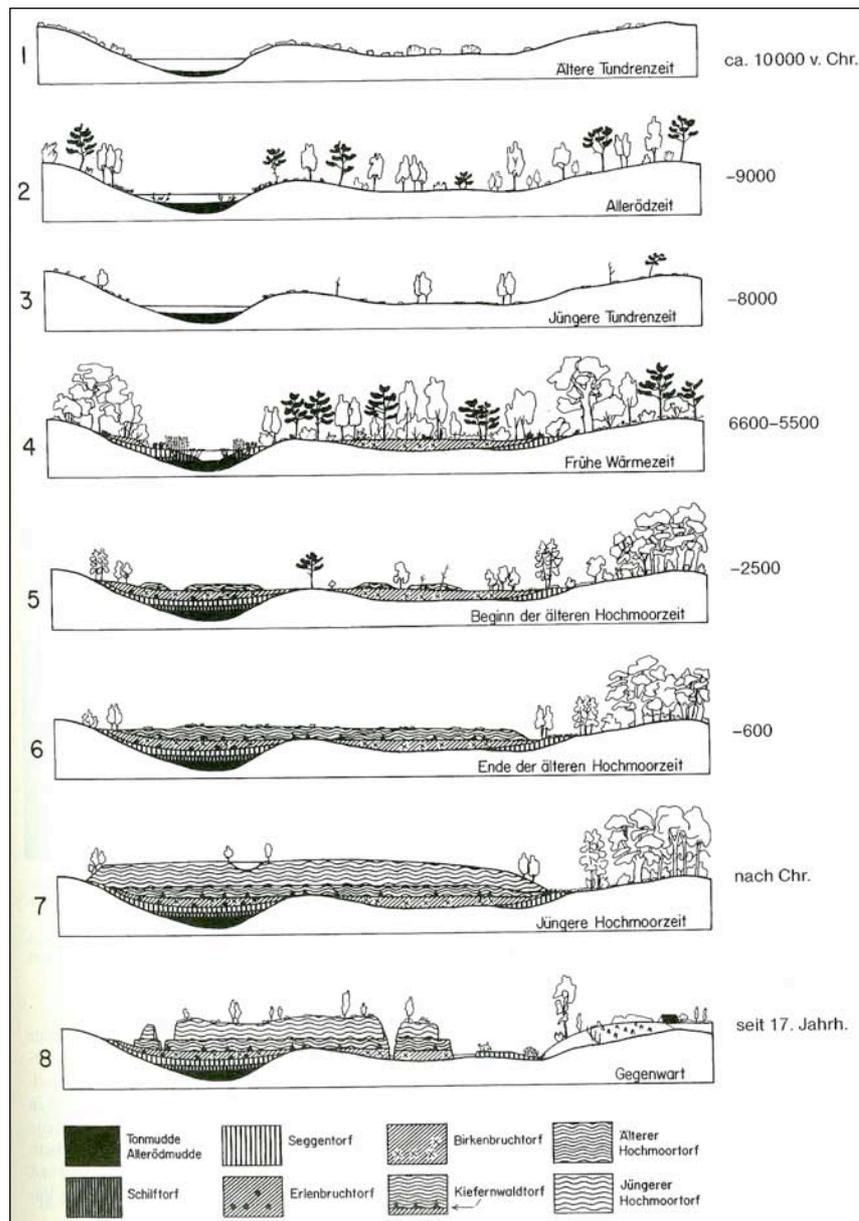


Abb. 1. Hochmoorentwicklung halbschematisch. 1-3: Späteiszeit (etwa 10.000 – 8.000 v.Chr.). 4-6: Wärmezeit der Nacheiszeit: 4 = Boreal (ca. 6800-5500 v.Chr.) 5 = Atlantikum (5500-2500 v.Chr.) 6 = Subboreal (2500-600 v.Chr.). 7-8: Nachwärmezeit (Subatlantikum): 7 = “Weißtorf”-Bildung 8 = Ende des natürlichen Wachstums durch Torfstich und Entwässerung (Ellenberg 1996)

3.1. Klassifikation von Moortypen

Da sich Hochmoore hauptsächlich sekundär aus verschiedenen Niedermoortypen bilden, folgt eine kurze Charakterisierung der unterschiedlichen und prägnantesten Entstehungstypen (nach Dierssen 2001 und Succow 1988): **Verlandungsmoore** bilden sich durch Sedimentauffüllungen in Seen, Altwässern oder flachen Heidekolken, die von Torfen überlagert worden sind. Saure Gewässer verlanden durch Schwingtorffrasen, in basenreichen Seen entwickeln sich Seggen-, Schilf-, *Caldium*-Torfe mit Braunmoos-Schwingdecken. Wenn sich durch ansteigen-

den Grundwasser-Spiegel oder Verringerung des Abflusses auf terrestrischem Untergrund Torfe entwickeln (subaquatisch), entstehen **Versumpfungsmoore**. Die direkt dem Mineralboden aufliegenden Torfe wachsen anfänglich nur wenig, der Torfkörper ist deshalb geringmächtig (< 2m). Sekundäre Versumpfungsprozesse können durch Rodungen ausgelöst werden. **Kesselmoore** bilden sich in kleinräumigen, stark reliefierten Einzugsgebieten, in denen sich das Oberflächenwasser in Geländesenken sammelt (z.B. Sölle in Jungmoränengebieten, Maare). Die unterste Schicht der sedimentierten Mudden wird von verlandeten oder versumpften Torfkörpern überwachsen, die nicht mehr überstaut wurden (kein erneuter Grundwasser-Anstieg). Unter humiden Bedingungen kann sich dann ein Hochmoor entwickeln. **Überflutungsmoore** (Flusstalmoore) dagegen bilden sich bei Überschwemmungsereignissen in Flussauen oder Seemarschen mit periodischen, sauerstoffarmen Verhältnissen. Zu beobachten ist eine unregelmäßige Torfbildung aus subaquatischen, mineralreichen Torfen. Verbreitet ist dieser Moortyp vor allem in Auen größerer Tieflandsflüsse, insbesondere in Küstenregionen (isostatischer Meeresspiegelanstieg). **Durchströmungsmoore** entstehen bei Grundwasser-Austritt an Talrändern, es bilden sich aufgrund des nährstoffreichen Wassers Seggen-Torfe oder Braunmoos-Seggentorfe. Bei wachsender Torfmächtigkeit führt die Adsorption von Ionen und der darauf folgende Protonenaustausch durch *Sphagnum* zu einer Oligotrophierung. Sämtliche große Hochmoore des nördlichen Alpenvorlandes (z.B. das Murnauer Moos) sind auf Durchströmungsmooren gewachsen.

Hochmoore, die als eigenständiger, hydrologischer Moortyp gelten, nehmen in der Flächenverteilung mitteleuropäischer Moore den größten Anteil ein. Daher sind sie auch Schwerpunkt in der europäischen Moorforschung. Je nach Standort haben sich unterschiedliche Formen entwickelt: Die Küsten-Hochmoore sind im Zuge der Torfstecherei nahezu alle entwässert und abgebaut worden. Es gibt in Niedersachsen kein natürlich belassenes Hochmoor mehr. **Küsten-Hochmoore** entstehen in sandigen Küstenebenen auf nur schwach verlandeten Gewässern. Auf die älteste Schwingmoorvegetation aus Seggen, Schilf, Braunmoosen und Blasenbinsen folgt eine wollgrasreiche Torfmooschicht (Schwarztorf), worauf ein Sphagnum-Torf (Weißtorf) wächst (Succow 1988). Die häufigste Form der Tieflands-Hochmoore entwickelt sich in Senken von Endmoränen, nach der Verlandung durch Muddeablagerungen. Hohe Niederschläge führen zu einem starken Torfwachstum und folglich zu einem aufgewölbten Torfkörper. Ein ständiger Zulauf von Oberflächenwasser in die Kessel sorgt für eine Grenzverschiebung von minerotrophem und ombrotrophem Wachstum. Plateau-Hochmoore kom-

men in ozeanisch geprägten Teilen Nordwesteuropas vor (von Irland über Süd-Skandinavien und den südlichen Nord- und Ostseeraum bis nach Russland). Sie entstehen ausschließlich im Tiefland und nehmen die typische aufgewölbte Hochmoorgestalt an. Meistens handelt es sich um Versumpfungsmoore von flachen Mulden, sie sind meist kleinflächig und ergeben stark bis sehr stark saure pH Werte (2,4-3,3). Auffällig ist ausserdem eine zunehmende Bewaldung (*Vaccinio uliginosi-Pinetum mugi*) der gesamten Moorfläche (siehe Abb. 6). Ein aus einem Hangmoor entstehendes Hochmoor bildet sich durch die Aufstauung des zufließenden Mineralbodenwassers. Ein solches **Gehängemoor** bildet sich an Bergkuppen oder -rücken und übertrifft in seiner Torfmächtigkeit die von Plateau-Hochmooren.

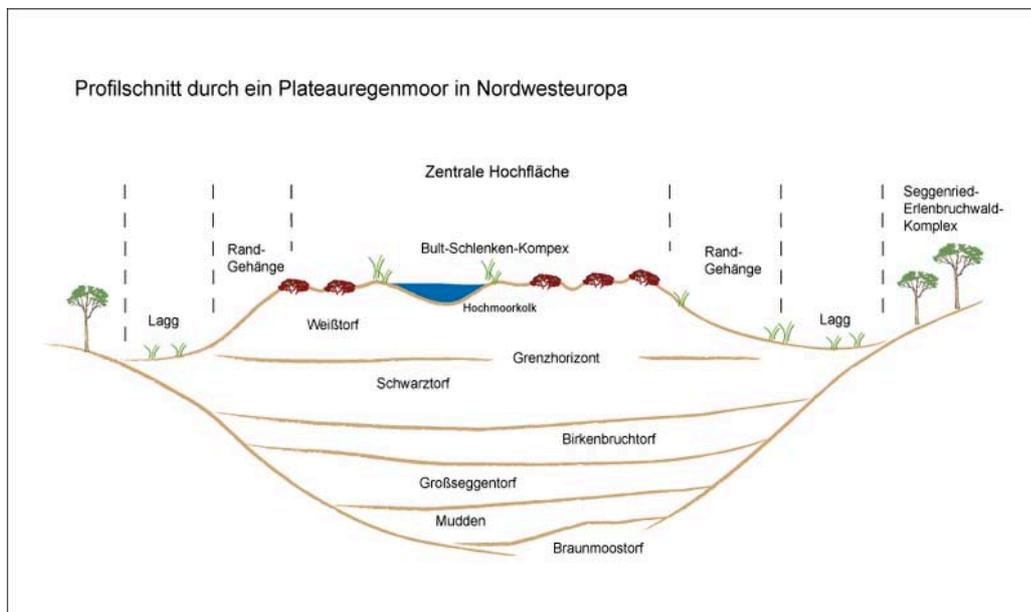


Abb. 6. Profilschnitt durch ein Plateauregenmoor, typisch aufgewölbte Hochmoorstruktur, Neigung des Randgehanges und Randsumpfbildung im Bereich des Lags, baumfreier Hochmoorkern mit Kolken und Bult-Schlenken-Komplexen (www.uni-graz.de)

3.2. Pollenanalyse

Die Pollenanalyse wurde 1916 von dem Schweden L. von Post begründet und fand ab diesem Zeitpunkt Anwendung bei vegetationskundlichen Untersuchungen. Seit 1944 ist die griechische Bezeichnung, Palynologie, gebräuchlich. Übersetzt aus dem griechischen heißt Palynologie „Lehre vom ausgestreuten Staub“ (Faegri, Iversen 1989).

Absolute Altersdatierung kann über Radiometrie, Paläomagnetismus und teprochronologische Verfahren (Datierungsmethode mithilfe vulkanischer Aschelage) erfolgen, relative Altersdatierung dagegen durch geschichtete Seesedimente, Dendrochronologie und Vergleich von Pollendiagrammen (Dierssen 2001). Moore gelten als sehr gute „Archive“ der nacheiszeitlichen Geschichte:

Abgelagerte Pollen können im sauren Torf nur schwer zersetzt werden und bleiben deshalb sehr gut erhalten. Zum anderen bieten torfbildende *Sphagnum*-Arten aufgrund ihres unterschiedlichen Zellnetzes eine Möglichkeit Schicht für Schicht genau datieren und zuordnen zu können (Wilmanns 1973).

Pollendiagramme dokumentieren die Häufigkeit und Art von fossilen Pollen und Sporen in Sedimenten. Auch auf Mooroberflächen werden die Pollen vom Torf eingeschlossen, der sich über lange Zeiträume kontinuierlich bildet und somit Schicht für Schicht Pollenstaub mit einschließt. Aufgrund der in Mooren herrschenden Sauerstoffarmut und den sauren Bedingungen werden die abgelagerten Pollen vor Oxidation und Zersetzung durch Mikroorganismen geschützt.

Um ein Pollendiagramm aufzustellen, muss jede Pollenart nach einem eigenen Rechnungsschlüssel ausgewertet werden, da sich z.B. die Menge der anfallenden Pollen danach richtet, ob die anstehenden Pflanzen insekten- oder windblütig sind (Lang 1994, siehe Box 1 bezüglich Details).

Box1. Präparation einer Sedimentprobe:

Kleine Proben von 1-2 ml werden durch Zugabe von Kalilauge, Salzsäure und Flusssäure aufbereitet, um die Teile der Probe zu entfernen, die für die Bestimmung nicht von Belang sind. Nach Zentrifugierphasen zur Pollenanreicherung, werden die Proben gesiebt und später feingefiltert (10 µm Filter). Die erhaltene Fraktion ist zwischen 10-200 µm groß. Um den absoluten Pollengehalt zu bestimmen, werden die Proben in flüssigem Glycerin konserviert und können zur Auszählung mit Safranin angefärbt werden. (Faegri, Iversen 1989)

Das in Abb. 8 dargestellte Pollendiagramm entstand bei einer Untersuchung von fünf Hochmooren unterschiedlicher Standorte, entlang eines Nordwest-Südost Transektes durch den Böhmisches Wald. Der Böhmisches Wald beheimatet eine der wichtigsten Moorregionen in Zentraleuropa mit einem prozentualen Moorflächenanteil von mehr als 15% (Svobodová et al. 2002). Eines der untersuchten Moore, das Hochmoor Hurecká Slat, im nordwestlichen Zentrum des Böhmisches Waldes, liegt auf 860 m Höhe bei einer mittleren Jahrestemperatur von 5,1 °C und einem Jahresniederschlag von 807 mm. Auf ihm steht ein Hochmoorkomplex (*Pino rotundatae-Sphagnetum*), der von Bulten-Schlenken-Komplexen durchzogen wird. Die ersten Pollenfunde in diesem Moor wurden auf 11.000 Jahre vor Heute datiert (jüngere Dryas), als die Tundra-Steppe die Region dominierte. Aus der Zeit des Päboreals (vor 10.000 Jahren) findet man Pollen von *Juniperus*, *Betula nana* (L.), *Chenopodiaceae*, *Artemisia*, *Helianthemum* und die langsame Entwicklung von *Pinus-Betula* Wäldern. *Corylus* und *Corylus-Picea* Wälder verbreiteten sich vor 9000 Jahren, im Boreal, die sich im sich erwärmenden Atlantikum (6000 vor Heute) zu *Picea-Fagus* Wälder umgestalteten. Das Vorkommen von *Hedera helix* (L.) und *Viscum album* (L.) zeigt einen klimatischen Wechsel an. Im Subboreal, das

vor 4000 Jahren begann bis zum älteren Subatlantikum vor 2000 Jahren dominierten *Picea-Fagus* Wälder. Mit dem Beginn der menschlichen Besiedelung und der beginnenden Ackerbauwirtschaft, die mit Getreidepollen von *Triticum* und *Secale* zeitlich genau auf das jüngere Subatlantikum datiert werden kann, wurden die *Fagus-Picea* Wälder durch *Pinus-Picea* Wälder ersetzt. Das Hurecká-Hochmoor entstand vermutlich im Boreal durch die Verlandung kleiner, oligotropher Seen, wie durch Algenfunde belegbar (Svobodová et al. 2002).

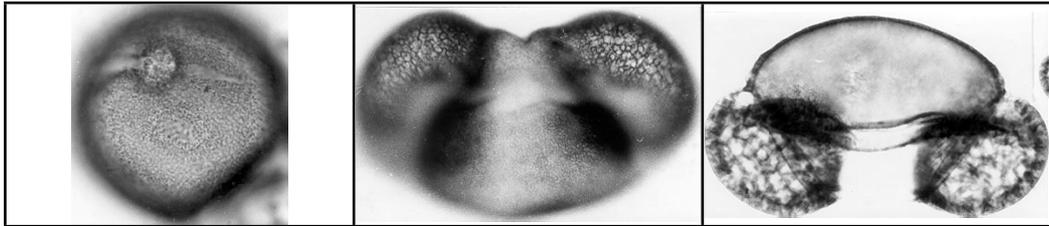


Abb. 7. a) *Fagus sylvatica* L., b) *Picea abies* L., c) *Pinus sylvestris* L.; (www.botany.unibe.ch)

4. Pflanzensystematische Gliederung der Hochmoore

Schwieriger als bei manch anderen Pflanzengesellschaften gestaltet es sich in Mooren Vergesellschaftungen systematisch einzuteilen, da regional eine sehr große Heterogenität im Bezug auf den Wasser- und Nährstoffhaushalt auftritt. Die Standortkomplexe unterliegen sehr kleinräumigen Variationen, die sich zum Beispiel bei Schlenken und Kolken gegenüber Bulten und Strängen in ihren von einander abweichenden Vegetationsgesellschaften bemerkbar machen. Welche Systematik angewandt werden sollte bzw. wodurch sich diese gegenüber anderen durchsetzen würde, wurde noch in den 80er Jahren diskutiert (Wilmanns 1973, S. 206). Daher gibt es immer noch unterschiedliche pflanzensystematische Einteilungen für das Hochmoor, wie von Ellenberg (1996), Dierssen (1996) oder Succow (1974). Ich habe mich für eine Einteilung nach Klaus Dierssen, die im Jahr 2001 erschienen ist, entschieden, da ich sie für sinnvoll und aktuell erachte.

1. **Sauergrasbeherrschte Gesellschaften nasser, nährstoffarmer Moorstandorte**

(Kl. Scheuchzerio-Caricetea nigrae)

Hoch anstehende Wasserstände, Bestände in Schlenken und Kolken

1.1. Ordnung Scheuchzerietalia palustris

1.1.1 *Rhynchosporion albae*

Caricetum limosae (Schlammseggenried):

Charakterarten *Carex limosa* (L.),

Scheuchzeria palustris (L.)

Bestände auf Schwingdecken und in nassen Schlenken

Holarktisch verbreitet, Hauptverbreitungszone boreal

Sphagno tenelli-Rhynchosporietum albae (Schnabelried-Gesellschaft):

Charakterarten: *Andromeda polifolia* (L.), *Vaccinium oxycoccos* (L.), *Rhynchospora alba* (L.), *Eriophorum angustifolium* (Honck.)

Hauptverbreitungszone ozeanisch-subozeanisch (temperat-südboreale Moore), trockenere Standorte



Abb. 9. *Scheuchzeria palustris* L.
(www.botany.unibe.ch)

1.2. Ordnung Caricion lasiocarpe

2. Zwergstrauchbeherrschte Gesellschaften mäßig nasser, saurer Moorstandorte

(Kl. Oxycocco-Sphagnetea)

Vegetationstypen der Bulten, nährstoffarme Standorte

2.1. Ordnung *Sphagnetalia magellanici* (Hoch-, Niedermoore der temperat-montanen bis borealen Zone)

2.1.1 Verband *Oxycocco-Empetrion (subalpin-alpin)*

- *Empetro-Sphagnetum fusci* :
Hauptverbreitungsgebiet Skandinavien, entsprechend der Höhenlage herrschen Stillstandskomplexe vor
- *Ledo-Sphagnetum fusci*
(Südwestliche Ausbreitungsgrenzen: Litauen, Lettland, Nordpolen)
- *Trichophoro cespitoso-Sphagnetum compacti*
(Rasenniveau der Aapamoore)

2.1.2 Verband *Sphagnion magellanici (planar-subalpin, teilweise alpin)*

- *Sphagnetum magellanici*
(montan, submontan), Charakterarten: *S. magellanicum* (Brid.), *S. rubellum* (Wils.), *Eriophorum vaginatum* (Honck.), *S. angustifolium* (C.Jens.), *Calluna vulgaris* (L.), *Vaccinium oxycoccos* (L.), *Andromeda polifolia* (L.), *Carex pauciflora* (Lightf.)
- *Eriophoro-Trichophoretum cespitosi*
(subalpin-alpin)
- *Pino mugo-Sphagnetum magellanici*
(Tallagen, subalpin)
- *Ledo-Sphagnetum magellanici*
(Zentralflächen des Baltikums)



Abb. 10. *Sphagnum magellanicum* Brid. (www.ruhr-uni-bochum.de)

2.2. *Erico-Sphagnetalia* (ozeanisch-subozeanische Hoch-, Deckenmoore)

Charakterarten: *Eriophorum vaginatum* (Honck.), *Oxycoccus quadripetalus* (L.), *Andromeda polifolia* (L.), *Sphagnum capillifolium* (Wils.), *S. tenellum* (Brid.), *S. rubellum* (Wils.), *S. magellanicum* (Brid.)

2.2.1 Verband *Oxycocco-Ericion tetralicis (Tieflagen temperater Regionen)*

- *Erico-Sphagnetum magellanici (Glockenheide-Bultengesellschaft)*
Charakterarten: *Erica tetralix* (L.), *Narthecium ossifragum* (L.), *Odontoschisma sphagni* (Dum.), *S. austinii* (L.)

- E-S sphagnetosum cuspidati
(feuchte Flächen d. Rasenniveaus)
- E-S sphagnetosum pulchri
(Flächen m. ausgeglichenem Wasserhaushalt)
- E-S typicum
(Bultfuß-Bereiche)
- E-S cladonietosum uncialis
(trockene, flechtenreiche Bulten)



Abb. 11. *Erica tetralix* L.
(www.ruhr-uni-bochum.de)

2.2.2 *Ericion tetralicis* (Feuchtheiden auf Anmoorgleyen)

- Ericetum tetralicis
(Verbreitungsgebiet: Brit. Inseln, W-Frankreich, Belgien, Niederlande, Norddtl., Niederlande, Dänemark, S-Schweden, S-Norwegen)
- Empetro-Ericetum (Krähenbeeren-Glockenheide)
(küstengebunden: grundwassernahe Standorte in Dünentälern)
- Sphagno compacti-Trichophoretum germanici
(Feuchtheide-, Anmoor-Standorte)



Abb. 12. *Eriophorum vaginatum*
Honck (Daniel Hornstein, Pitztal 2006)

5. **Hochmoorverbreitung**

Die größten Hochmoorgebiete in Mitteleuropa liegen im boreal-montanen oder subatlantischen Klimabereich und erstrecken sich von Skandinavien bis an die Nordgrenze Polens. Dabei ergibt sich entlang dem Ozeanitätsgefälle eine bestimmte Abfolge von Moortypen. Große Hochmoorkomplexe in Deutschland waren ehemals im südlichen Nordseeraum und im Alpenvorland vorhanden. Diese wurden durch Torfnutzung weitgehend abgebaut und kultiviert, so dass heute nur noch ungefähr 10 % der ehemaligen Fläche als Hochmoor bezeichnet werden kann (Dierssen 2001).

Große teilweise erhaltene Hochmoore Mitteleuropas sind das Bourtangere Moor (westlich der Ems, ehemals über 2300 km²), das Teufelsmoor bei Bremen sowie das Wurzacher Ried (bei Bad Wurzach), das als das am besten erhaltene Hochmoor Mitteleuropas gilt.

Eine Einteilung von mitteleuropäisch vorkommenden Hochmooren nach den drei charakteristischen Torfmoosarten *Sphagnum fuscum* (Klinggr.), *S. papillosum* (Lindb.) und *S. magellanicum* (Brid.) schlägt das Bundesamt für Umweltschutz in der Karte der natürlichen Vegetation Mitteleuropas (2004) vor:

Die borealen ***Sphagnum-fuscum Hochmoorkomplexe (Oxycocco-Empetrium hermaphroditum)*** sind subkontinental bis kontinental verbreitet, von Skandinavien bis zum Ural. Charakteristische Pflanzenarten sind *Rubus chamaemorus* (L.), *S. fuscum* (Klinggr.), *Chamaedaphne calyculata* (L.).

Sphagnum papillosum - Decken- und Hochmoorkomplexe sind ozeanisch verbreitet. Sie gehören dem Verband Oxycocco-Ericion tetralicis an. Ihre Indikatorarten sind *Erica tetralix* (L.), *Naphtecium ossifragum* (L.), *S. papillosum* (Lindb.), *S. austinii* (L.).

Sphagnum magellanicum Hochmoorkomplexe sind in der hemiborealen bis nemoralen Zone verbreitet. Man findet sie montan, submontan-kollin und planar im Baltikum, in Zentral- und in Osteuropa. Kontinentale Pflanzenarten wie *Pinus sylvestris* (L.) und *Ledum palustre* (L.) nehmen nach Osten hin zu. Montane Hochmoore mit *Pinus mugo* (L.) repräsentieren oft Lebensräume mit vielen Reliktarten (Alpen, Karpaten, Sudeten und im Böhmisches Wald).

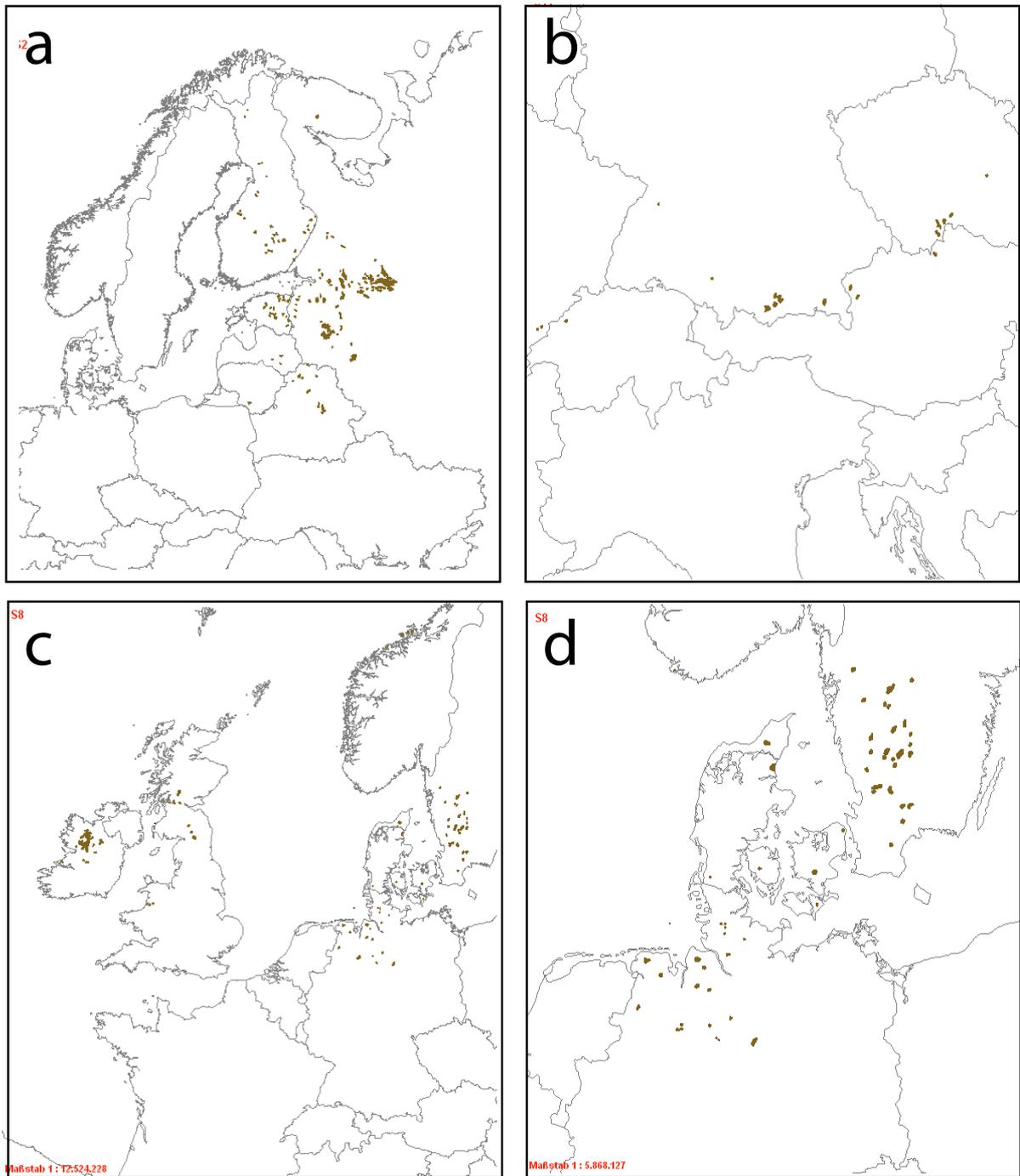


Abb. 13. Verbreitung von Hochmooren und ihren bestimmenden Arten (Bundesamt für Umweltschutz, 2004)
a) Boreale *Sphagnum fuscum* (Klingrr.) - Komplexe, **b)** *Sphagnum magellanicum* (Brid.)- Komplexe, **c)** Ozean. Deckenhochn Moore mit *Sphagnum papillosum* (Lindb.), **d)** Plan- und Plateauhochmoore mit *Sphagnum papillosum* (Lindb.) Komplexen.

6. Nutzung, Gefährdung und Schutz



Abb. 14. Torfstechen im Einfeld der Moor“, August Westphalen, 1923

6.1 Torfabbau

Unbeeinflusstes Moorland wurde ehemals als Ödland angesehen, da weder Ackerbau noch Viehhaltung darauf betrieben werden konnte. In Aufzeichnungen von Plinius findet man schon die Beschreibung der Torfnutzung als Brennmaterial bei den Chauken Ostfrieslands (Dierssen 2001). Ausserdem ist überliefert, dass seit der Mitte des 11. Jahrhunderts in Norddeutschland Torf

gestochen wurde. Brenntorfgewinnung im großen Rahmen entstand in holländischen Provinzen als Fehnkultur. Dabei wurde großflächig Torf abgebaut und der verbliebene Bereich in landwirtschaftliche Nutzflächen umgewandelt. Der stark zersetzte Schwarztorf diente dabei als Brennmaterial. Nach der Abtorfung wurde der darüber liegende Weißtorf abgeräumt und zusammen mit Sand auf der Moorbasis wieder ausgebreitet.

Um diese Methodik durchzuführen, war es nötig, den Moorabschnitt zu entwässern, was wiederum eine Sackung der Torfe mit sich brachte. In küstennahen Gebieten hatte dies eine Landsenkung und einen damit verbundenen Meeresspiegelanstieg zur Folge.

Um die Jahrhundertwende entwickelte sich eine Torfindustrie, bei der es um die Torfverkokung und Gasgewinnung ging. Ohne Landschafts- und Naturschutzaspekt zu beachten, wurde bis zu den 60er Jahren Torf rückhaltlos abgebaut.

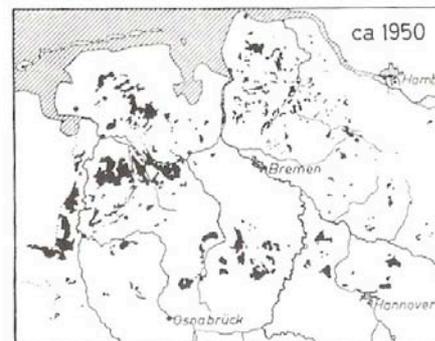
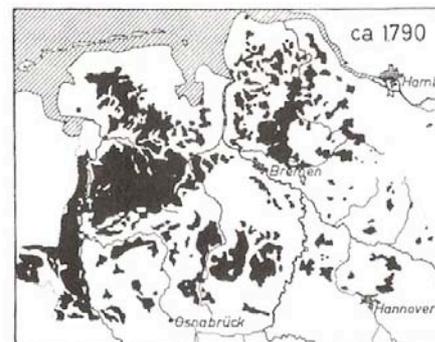


Abb. 15. Torfstechen im Einfeld der Moor“, August Westphalen, 1923

In Niedersachsen (damals ohne Oldenburg und Ostfriesland), gab es laut Hoering (1915) 3032 km² Hochmoorfläche (siehe Abb. 20), die damals schon zu 20% kultiviert war. Heute sind von dieser Fläche noch 262 km² degradierten Moores übrig geblieben, wie auf Satellitenbildern erkenntlich (Dierssen 2001). Die starke Änderung der Landschaftsstruktur beeinflusste auch die dort vorkommende Vegetation erheblich. Die Hochmoorheiden oder –Torfmoosrasen verbuschten und verwaldeten immer mehr, trockenheitsertagende Arten siedelten sich an. Gleichzeitig verschwanden Arten: 28% der moorspezifischen Gefäßpflanzen und 45,8% der Moose sind gefährdet (Dierssen 1998).

6.2 Moore und Klimawandel

Mit einem neu entwickelten Verfahren zur Messung des Gasaustausches in Hochmooren, konnte nachgewiesen werden, dass nur naturnahe Standorte erhebliche Senkenwirkung darstellen, während degradierte wie auch renaturierte Standorte Kohlenstoffverluste aufweisen (Droesler 2005). Diese Akkumulationsraten von CO₂ in Hochmooren sind aufgrund ihrer Masse für die aktuelle Diskussion des Klimawandels höchst brisant: rund 20% des gesamten Bodenkohlenstoffgehaltes der Erde sind in den Mooren der nördlichen Hemisphäre gespeichert (v. Post et al., 1982), des weiteren entspricht der in Mooren gespeicherte Kohlenstoff der Hälfte des in der Atmosphäre vorhandenen CO₂-C (Houghton et al. 1990). Falls diese Kohlenstoffspeicher durch Veränderungen des Hochmoor-Wasserhaushaltes und einem damit verbundenen beschleunigten aeroben Abbau freigesetzt werden, hätten sie das Potenzial verstärkter Auswirkungen auf die Klimaerwärmung (Byrne et al. 2004). Die Brisanz dieser Ergebnisse wirft die Frage nach schon lange überfälligen Schutzkonzepten und –zielen auf. Im Kyoto-Protokoll, das am 15.02.2005 in Kraft trat, hat sich die Bundesrepublik Deutschland dazu verpflichtet die Reduktion des CO₂-Ausstoßes von –21% gegenüber 1990 zu erfüllen (IPCC 2003). In dem Klimaschutzprogramm Bayerns wird ein Rückgang der Emissionen von 92 Mio. t CO₂ (1998) auf 80 Mio. t CO₂ (2010) angestrebt (Bayerische Staatskanzlei 2003). Im Rahmen dieser Ziele wird der Einsatz von biologischen Senken als Klimaschutz-Gedanke immer kontroverser diskutiert:

Das Problem der biologischen Senken ist das „slow in fast out“-Phänomen, wonach der Kohlenstoff langsam eingebaut wird, bei bestimmten Einflüssen aber schnell freigesetzt werden kann (Noble & Scholes 2001). Für den Einsatz biologischer Senken spricht der finanzielle und der zeitliche Aspekt, da vor allem Hochmoore in relativ kurzer Zeit große Speicherwirkung erreichen können. In den Hochmooren der Voralpen gibt es ca. 10.000 ha ehemalige

Torfstiche und ca. 35.000 degradierte Hochmoorheiden, die bei einer Renaturierung eine Senkenwirkung von ca. 74.000 t CO₂-C eq. erbringen könnten (Droesler 2005). Das Moorentwicklungs-konzept Bayern (MEK, Bundesamt für Umweltschutz 2003) formuliert die Erhaltung und Renaturierung = Wiedervernässung degradierter Hochmoore und setzt damit als politisches Ziel den Klimaschutz durch Moorschutz.

Die Diskussion um die Senkenwirkung von Hochmooren bleibt also unter dem Aspekt des Klimawandels spannend.

7. Literaturliste

Bayerisches Landesamt für Umweltschutz (Hrsg.) (2002): Leitfaden der Hochmoorrenaturierung in Bayern für Fachbehörden, Naturschutzorganisationen und Planer

Brehm, K. (1971): Ein Sphagnum-Bult als Beispiel einer natürlichen Ionenaustauschersäule. In: Dierssen, K. und B. (2001): Moore, Stuttgart, Bundesamt für Naturschutz (2004): Karte der natürlichen Vegetation Europas

Burgeff, H. (1961): Mikrobiologie des Hochmoores mit besonderer Berücksichtigung der Eri-kazeen-Pilz-Symbiose, Stuttgart, 197S

Byrne, K.A., B. Chojnicki, T.R. Christensen, M. Drösler, A. Freibauer, et al. (2004). EU peatlands: Current carbon stocks and trace gas fluxes. CarboEurope-GHG Concerted Action – Synthesis of the European Greenhouse Gas Budget. In: Droesler, M. (2005): Trace gas exchange and climatic relevance of bog ecosystems, southern germany. Dissertation am Lehrstuhl für Vegetationsökologie, Weihenstephan

Dierssen, K. und B. (2001): Moore, Stuttgart

Droesler, M. (2005): Trace gas exchange and climatic relevance of bog ecosystems, southern germany. Dissertation am Lehrstuhl für Vegetationsökologie, Weihenstephan

Ellenberg, H. (1996): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. 5.Auflage, Stuttgart

Faegri, K., Iversen, J. (1989): Textbook of Pollen Analysis, New York

Hoering, P. (1915): Moornutzung und Torfverwertung. In Dierssen, K. und B. (2001): Moore, 153S, Stuttgart

IPCC (1996) Climate Change (1995): The Science of Climate Change. Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [Houghton, J.T., L.G. Meira Filho, B.A. Callander, N. Tarris, A. Kattenberg, and K. Maskell (eds.)]. In: Droesler, M. (2005): Trace gas exchange and climatic relevance of bog ecosystems, southern germany. Dissertation am Lehrstuhl für Vegetationsökologie, Weihenstephan

Johnson L.C., Damman A.W.H. (1993): Decay and its regulation in Sphagnum peatlands. In: Dierssen, K. und B. (2001): Moore, 57S, Stuttgart

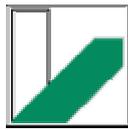
- Lang, G. (1994): Quartäre Vegetationsgeschichte Europas. Stuttgart, New York, 462S
- Noble, I., Scholes, R.J. (2001): Sinks and the Kyoto Protocol. In: Driesler, M. (2005): Trace gas exchange and climatic relevance of bog ecosystems, southern germany. Dissertation am Lehrstuhl für Vegetationsökologie, Weihenstephan
- Økland, R.H., Ohlson, M. (1998): Age-depth relationship in Scandinavian surface peat: a quantitative analysis. In: Dierssen K. und B. (2001): Moore, 12S, Stuttgart
- Overbeck, F., Happach, H. (1956/57): Über das Wachstum und den Wasserhaushalt einiger Hochmoorsphagnen. In: Wilmanns, O. (1973): Ökologische Pflanzensoziologie, 201S, Heidelberg
- Rydin, H., Clymo, R.S. (1989): Transport of carbon and phosphorous compounds about Sphagnum. Proc. R. Soc. In : Dierssen, K. und B. (2001): Moore, Stuttgart
- Succow, M. (1988): Landschaftsökologische Moorkunde, Jena
- Svobodová, H., Soukupová, L., Reille, M. (2002): Diversified development of mountain mires, Bohemian Forest, Central Europe, in the last 13.000 years. Quaternary International 91, 123-135
- Verhoeven, J.T.A., Liefveld, W.M. (1997): The ecological significance of organochemical compounds in Sphagnum. In: Dierssen K. und B. (2001): Moore, 57S, Stuttgart
- Wilmanns, O. (1973): Ökologische Pflanzensoziologie, Heidelberg

Bildquellen:

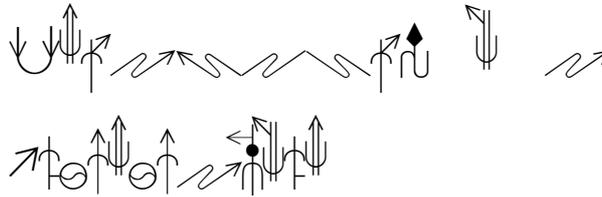
www.botany.unibe.ch

<http://www.uni-graz.at/~magnes/moor2002/bilderfr.htm>

<http://www.ruhr-uni-bochum.de/boga/htm>



UNIVERSITÄT
BAYREUTH



Seminar
Spezielle Geobotanik
Wintersemester 2006/07

SALZMARSCHEN UND SALZSTELLEN (inkl. BINNENSALZSTELLEN)

Autor: Katharina Leiber

12.12.2006
Betreuer: Andreas Gohlke, Gerald Jurasinski

Inhalt

1. Einleitung
2. Pflanzensoziologische Gliederung
 - 2.1 Thero-Salicornietea (Quellerfluren)
 - 2.2 Spartinetea maritimae (Schlickgrasfluren)
 - 2.3 Saginetea maritimae (Küsten-Mastkraut-Gesellschaften)
 - 2.4 Cakiletea maritimae (Meersenf-Spülsäume und Tangwallgesellschaften)
 - 2.5 Asteretea tripolii (Salzrasen und Salzwiesen-Gesellschaften)
 - 2.6 Zosteretea marinae (Seegraswiesen)
3. Ökologie
4. Gefährdung und Schutz
5. Verbreitung
6. Wissenschaftliche Artikel
7. Literaturverzeichnis

1. Einleitung

Um das Thema der Salzmarschen und Salzstellen bearbeiten und einschätzen zu können, welche Gesellschaften und Assoziationen ihnen zuzuordnen sind, ist es sinnvoll zunächst einige Begriffsdefinitionen vorzunehmen.

Unter Marschen versteht man nach Scheffer-Schachtschabel 2002 diejenigen Watt-Sedimente, welche aus dem Bereich der täglichen Überflutung herauswachsen und somit im vegetationskundlichen Sinn alle Pflanzengesellschaften, welche auf diesen Standorten vorkommen. Daher kann man die Salzmarschen auch als Schwemmland charakterisieren, das nacheiszeitlich aus Ablagerungen organischer und anorganischer Schwebstoffe entstanden ist, die durch das Meerwasser herantransportiert wurden, und zu einer allmählichen Erhöhung des Untergrundes über mittleres Tidehochwasser (MTHW) führen. Die Salzmarschen zählen somit zum Bereich des Supralitorals, d.h. sie liegen oberhalb der MTHW-Linie, und umfassen die in dieser Zone wachsenden Pflanzarten (Heinrich & Hergt 2002).

Im Folgenden werden die für die Salzmarschen und Salzstellen kennzeichnenden Pflanzengesellschaften vorgestellt und auf die ökologischen Verhältnisse dieses Lebensraumes eingegangen. Es wird ebenso darauf eingegangen, wo diese Gesellschaften in der BRD verbreitet sind. Anschließend wird die Gefährdung bestimmter Pflanzengesellschaften und der in ihnen enthaltenen Spezies betrachtet und geeignete Schutzmaßnahmen vorgestellt. Abschließend werden einige aktuelle Forschungsthemen auf dem Gebiet der Salzmarschen allgemein aufgeführt und zusammenfassend erläutert. Die Nomenklatur der pflanzensoziologischen Gliederung erfolgt, wenn nicht anders gekennzeichnet, nach Pott (1992).

2. Pflanzensoziologische Gliederung

Pott 1992 fasst natürliche Salzpflanzen-Gesellschaften der Küsten von Nord- und Ostsee und ebenso die Salzpflanzengesellschaften des Binnenlandes zu einer Formation zusammen. Die dort aufgeführten Vegetationsklassen, welche den Bereich der Salzmarschen und Salzstellen beschreiben, werden hier zusammenfassend jeweils kurz dargestellt.

2.1 Thero-Salicornietea (Quellerfluren)

Diese Klasse setzt sich v. a. aus Gesellschaften von Therophyten zusammen, die auf nassen alkalischen Böden mit hohen Salzkonzentrationen wachsen. Zu diesen zählen Salzwassergesellschaften mit Halophyten in Flachwasserbuchten der Ostsee und auf Schlickböden des Wattenmeeres. Sie treten im Eulitoral oberhalb der Seegraszone auf und werden normalerweise gebildet aus einartigen, lichten Beständen des Quellers. Die Sedimentation wird durch sie gefördert, da sie als Schlickfänger agieren. Als Klassecharakterarten gelten *Salicornia* div. spec., *Suaeda maritima* agg. und *Bassia hirsuta*.

1.Ordnung: Thero-Salicornietalia

Zu dieser Ordnung zählen einjährige Quellergesellschaften mit Schwerpunkt im hygrohalinen Bereich. Sie wachsen auf schlickigen und schlickig-sandigen Substraten unterhalb der geschlossenen Rasen der Salzwiesen (*Asteretea tripolii*). Nach Sedimentation wird diese Ordnung von den Salzwiesen verdrängt. Die Ordnungscharakterarten sind *Salicornia brachystachya*, *S. stricta* und *Suaeda flexilis*. Die Ordnung der Thero-Salicornietalia lässt sich in zwei Verbände untergliedern: (Thero-)Salicornion strictae und Salicornion ramosissimae.

1.Verband: (Thero-)Salicornion strictae

Gesellschaften des Wattbereiches an der Nordseeküste in Höhe des MTHW und bis zu 40cm darunter. Als Verbandscharakterart tritt nur die Ordnungscharakterart *Salicornia stricta* auf.

1. Salicornietum strictae (= Salicornietum dolichostachyae)

Schlickqueller-Gesellschaft

Sie kommt auf v. a. Schlickwatten von etwa 40 cm unter MTHW bis MTHW vor. Die Assoziationscharakterart ist *Salicornia stricta*. Die artenarme Schlickqueller-Gesellschaft besteht aus obligaten Halophyten und enthält nur Queller.

2. Verband: Salicornion ramosissimae

Die Gesellschaften dieses Verbandes sind mesohalin und existieren im Salzwiesenbereich der Nord- und Ostsee oberhalb der MTHW-Linie und an Salzstellen des Binnenlandes. Die Verbandscharakterart ist *Suaeda flexilis*. In der Regel kurzjährige Queller sind vorherrschend in annuellen Dauer-Initialgesellschaften z. B. in Erosionsbereichen.

1. Salicornietum ramosissimae (= *S. patulae* = *S. brachystachyae*)

Die Gesellschaft des Vorland-Quellers tritt mit der Assoziationscharakterart *Salicornia ramosissima* auf. Sie kommt in Sodenentnahmestellen, in Anedelgrasrasen, an Prielerändern und im Binnenland vor.

2. Suaeda flexilis- Gesellschaft

Einjährige Initialgesellschaft aus der Strandsode, in Mulden des Anedelgrasrasens auf festen, nährstoffreichen Schlickböden oberhalb MTHW. Als Charakterart gilt *Suaeda flexilis*. Diese Gesellschaft ist sehr selten an Nord- und Ostseeküste.

2.Ordnung: Thero-Suaedetalia

Gesellschaften der Thero-Suaedetalia treten auch an Salzstellen des Festlandes bzw. von Lagunen, Flussufern und Deltagebieten des Mittelmeerraumes auf. Als Ordnungscharakterarten gelten *Salicornia decumbens*, *Suaeda prostrata* und *Bassia hirsuta*.

1. Verband: Thero-Suaedion

Diese Halophytengesellschaften tritt in dichten, aber artenarmen annuellen Pionierbeständen am äußersten Rand der Salzwiesen zum Watt hin auf, oberhalb der Queller- und Schlickgraszone. Die Verbandscharakterarten gleichen den Ordnungscharakterarten.

1. Salicornietum decumbentis

Die Sandplatten-Quellergesellschaft kommt auf Flugsandplatten oberhalb MTHW vor und wird nur gelegentlich überflutet; sie tritt an der Nordseeküste oft auf. Die Assoziationscharakterart ist *Salicornia decumbens*.

2. Suaetum prostratae

Die Assoziationscharakterart *Suaeda prostrata* ist sehr stark an sandige, offene Substrate oberhalb der geschlossenen Salzwiese gebunden und beherrscht diese Gesellschaft.

3. Suaedo-Bassietum hirsutae

Die Dornmelden-Gesellschaft tritt als Salzschlammgesellschaft v. a. kontinental bis ostmediterran auf wechselfeuchten und wechselhalinen Substrat auf. Die Assoziationscharakterart ist *Bassia hirsutum*.

2.2 Spartinetea maritimae (Schlickgrasfluren)

In die Klasse der Schlickgrasfluren zählen horstbildende Grasbestände in Schlickwatten etwa zwischen 40 cm unter und 20 cm über MTHW, die v. a. an geschützten, durch Lahnungen befestigten Watten auftreten. In Deutschland ist diese Art nur monotypisch mit einer Ordnung *Spartinetalia maritimae*, einem Verband und einer Assoziation vertreten.

Ordnung: *Spartinetalia maritimae***1. Verband:** Spartinion maritimae

Diese ausdauernde Pioniergesellschaft wird von Schlickgras dominiert und tritt im Eulitoral und in Salzwiesen über Schlickböden auf, normalerweise bis 30 cm (maximal bis 85 cm) unterhalb MTHW.

1. Spartinetum anglicae (= Spartinetum townsendii)

Die Charakterarten der Schlickgras-Gesellschaft sind *Spartina townsendii* und *Sp. anglica*. Diese artenarme und meist einartige Gesellschaft tritt auf Wattschlick auf und wirkt sich als Schlickfänger aus.

2.3 Saginetea maritimae (Küsten-Mastkraut-Gesellschaften)

Die Klasse der Küsten-Mastkraut-Gesellschaften tritt an wechselhalinen und zugleich wechselfeuchten Flecken inmitten der Salzwiesen auf, z. B. Ameisenhaufen, und an Flutmarken winterlicher Sturmfluten in Salzwiesen. Die Klassencharakterarten bestehen aus winterannuellen Therophyten: *Sagina maritima*, *Bupleurum tenuissimum*, *Plantago coronopus*, *Parapholis strigosa* und *Pottia heimii*. Es sind in der BRD nur eine Ordnung *Saginetalia maritimae* und ein Verband beschrieben.

Ordnung: *Saginetalia maritimae***1. Verband:** Saginion maritimae

Die Strand-Mastkraut-Fluren setzen sich aus ephemeren, therophytenreichen Gesellschaften zusammen, welche die Flutmarken der winterlichen Sturmfluten markieren.

1. Sagino maritimae-Cochlearietum danicae

Die Löffelkraut-Gesellschaft ist an der Nordseeküste typisch für Böden im Grenzsäum des Meeres und besitzt als Assoziationscharakterart *Cochlearia danica*. Diese Gesellschaft wächst v. a. auf konvexen Geländeformen an mechanisch stark beanspruchten Stellen, z. B. durch Wellenschlag.

2. Centaurio litoralis-Saginetum nodosae

Die Gesellschaft des Zierlichen Tausendgüldenkrautes tritt auf wechselfeuchtem kalkhaltigen Sand in Dünentälern der Küstenregion auf und schließt nach unten an Düngengesellschaften an oder vermittelt zwischen Dünen und Salzwiesen.

2.4 Cakiletea maritimae (Meersenf-Spülsäume und Tangwallgesellschaften)

Diese Klasse besteht aus artenarmen, lückigen Pflanzengesellschaften, welche auf See gras-, Grünalgen- und Tangwällen auf wenig geneigten Sand- und Kiesstränden entlang der Küsten auftreten. Die sie zusammensetzenden Pflanzenarten sind zu einem bestimmten Grad salztolerant und wachsen als Nitrophyten auf den Flutmarken. Es sind instabile Gesellschaften im Bereich des Vorstrandes und auch der Embryonaldünen mit Sommerannuellen. Auf älterem Spülsaummateriale siedeln sich viele salzresistente und nitrophile annuelle Pflanzen an, bei denen es sich um Dauer-Pioniergesellschaften handelt. Die Cakiletea-Gesellschaften lassen sich weltweit in vier Ordnungen einteilen, von denen in Deutschland nur eine auftritt.

1. Ordnung: Cakiletalia maritimae

Bei dieser Ordnung handelt es sich um die Meersenf-Spülsäume mit artenarmen, nitrophilen Halophytengesellschaften auf Treibselssäumen der Meeresküsten. Zu den Klassen- und gleichzeitig Ordnungscharakterarten gehören *Cakile maritima*, *Atriplex prostrata*, *A. deltoidea* und *Tripleurospermum maritimum*.

1. Verband: Atriplicion littoralis

Es handelt sich um winterharte Gesellschaften der Sandstrände an Nord- und Ostsee. Die Verbandcharakterarten sind *Atriplex littoralis*, *A. prostrata* und *Honkenya peploides* und als Differentialart dient *Salsola kali*.

1. Atriplicetum littoralis

Die Strandmellen-Gesellschaft tritt an Tangwällen der Nord- und Ostseeküste auf, auf mit Sand vermischem organischen Material. Dabei handelt es sich oft um Spülsäume im Salzwiesenbereich. Die Assoziationscharakterarten sind *Atriplex littoralis* und *A. hastata*.

2. Atriplicetum glabriusculae-calothecae

Die Strandmellen-Salzkrautgesellschaft hat als Assoziationscharakterarten *Atriplex glabriuscula* und *A. calotheca*.

3. Cakiletum maritimae

Die Meersenf-Gesellschaft tritt an Hochwassersäumen auf feuchtem, stickstoffreichem, salzhaltigem Sand an der Nord- und Ostseeküste auf. Sie bildet lückige und artenarme Bestände überwiegend seeseitig am Fuße der Vordünen. Als Assoziationscharakterart gilt *Cakile maritima*.

4. Beta-maritima-Gesellschaft

Die Wildrüben-Spülsäume treten auf schillreicheren Ablagerung auf und bilden annuelle Bestände, welche als Differentialart *Beta vulgaris ssp. maritima* aufweisen.

2.5 Asteretea tripolii (Salzrasen und Salzwiesen-Gesellschaften)

Die Klassenbezeichnung ist gleichbedeutend mit der von Rennwald 2000 verwendeten „Juncetea martimi“. Die Asteretea tripolii stellen die verbreiteten Wattwiesen der Nord- und Ostsee dar. Sie lösen landeinwärts die Quellergesellschaften etwa auf Höhe des MTHWs zonenartig ab. Da sie nur noch bei Sturmfluten mit Salzwasser überspült werden, weisen sie mehr Arten als die Quellergesellschaften auf. Die Salzrasen wachsen auf den Schlickküsten des Wattenmeeres, an der Ostsee und an Salzstellen des Binnenlandes auf wechsellässen, zeitweise überstauten Salzböden. Die periodische bzw. episodische Überflutung führt zu Sedimentation und Bodenbildung und zu einem hohen pflanzenverfügbaren Salzgehalt. Ebenso treten wechselnde reduzierende Bodenbedingungen, geringe bis fehlende Sauerstoffgehalte und hohe Fe- und Mn-Gehalte auf. Die Gesellschaften setzen sich aus fakultativen Halophyten zusammen. Zu den Klassencharakterarten gehören *Aster tripolium*, *Limonium vulgare*, *Artemisia maritima*, *Cochlearia anglica* und *Spergularia media*.

1. Ordnung: Glauco-Puccinellietalia

In diese Ordnung lassen sich die Salzwiesen der klimatisch kühl-gemäßigten, atlantisch geprägten Küsten und örtliche Binnensalzstellen dieser Region einordnen. Die Rasengesellschaften im Tidebereich der Nordsee und unter Salz- und Brackwassereinfluss der Ostsee zählen hierzu. Die Zonierung der Arten und Gesellschaften im Küstenbereich entspricht der angestufenen Salz- und Überflutungstoleranz und unterliegt einer natürlichen Sukzession.

1. Verband: Puccinellion maritimae

Im unmittelbaren Anschluss an die Quellerzone bilden sich die Andelrasen, die relativ oft überspült werden und daher überwiegend aus obligaten Halophyten bestehen. Die Gesellschaften liegen in der mittleren Tidewasserlinie und landwärts etwas darüber hinaus. Die Salzgehalte liegen bei 20‰ Cl⁻ und die Anzahl der Überflutungstage pro Jahr liegt im Bereich von +/- 250 Tagen. Zu den Verbandscharakterarten gehören *Spergularia media* und *Halimione portulacoides*.

1. Puccinellietum maritimae

Als weit verbreitete und häufigste Gesellschaft der Salzwiesen tritt die Andelgras-Gesellschaft unter Ausbildung von typischen Wattwiesen dicht oberhalb der MTHW-Linie auf. Ihre Assoziationscharakterart ist *Puccinellia maritima*.

2. Halimionetum portulacoidis

Die Salzmelden-Gesellschaft tritt etwa 10 cm oberhalb der MTHW-Linie auf und weist hohe Salinität und intensiv durchlüftetes Substrat auf. Sie ist beweidungsempfindlich und ihre Assoziationscharakterart *Halimione portulacoides* zeigt klonales Wachstum.

3. Puccinellio-Asteretum tripolii

Diese Initialgesellschaft wird vom Salzschwaden und der Strandaster dominiert und tritt auf frischen bis feuchten Salzböden auf. Ihre Assoziationscharakterart *Aster tripolium* bildet horstartig erscheinende Rasen.

2. Verband: Puccinellio-Spergularion

Die kurzlebigen Salzbodengesellschaften entwickeln sich an Stellen, wo die Vegetationsdecke durch Erosion oder andere Faktoren Lücken aufweist oder ausgedünnt ist. Die Verbandscharakterarten sind *Spergularia salina* und *Puccinellia distans*. Die Gesellschaften sind außendeichs oder binnendeichs verbreitet und auf Böden mit stark schwankendem Salzgehalt.

1. Spergulario-Puccinellietum distantis

Im Bereich des Andelrasens ist die Salzschwaden-Gesellschaft eine Pioniergesellschaft auf anthropogen oder von Sturmfluten entblößten Wattböden. Die Assoziationscharakterarten

sind *Spergularia salina* und *Puccinellia distans*. Spergulario-Puccinellietum distantis tritt ebenso im Binnenland an Stellen mit von Natur aus hohem Salzgehalt im Boden auf.

2. Puccinellietum retroflexae

Diese seltene Gesellschaft (bis jetzt nur auf Helgoland beobachtet) ist ähnlich wie die zuvor beschriebene, allerdings nasser und v. a. binnendeichs. Die Assoziationscharakterart ist *Puccinellia retroflexa*.

3. Verband: Armerion maritimae

Landeinwärts an die Anedelgraszone schließen die Strandnelken-Gesellschaften an. Hier tritt Überflutung weniger häufig auf (40 bis 70 mal im Jahr) und diese Zone beginnt etwa ab 25 cm MTHW. Die Salzgehalte betragen meist weniger als 15‰. Die Verbandscharakterarten sind *Armeria maritima*, *Juncus maritimus*, *Carex extensa*, *C. distans*, *Agrostis salina* und *Festuca rubra*. Zu den Differentialarten des Verbandes zählen *Atriplex hastata*, *Potentilla anserina* und *Leontodon autumnalis*. Die meisten Gesellschaften dieses Verbandes werden in der Wiesen- und Weidewirtschaft genutzt.

1. Plantagini-Limonietum

Die Strandfliedergesellschaft ist ein Vergesellschaftung von *Limonium vulgare* und *Plantago maritima* und wächst auf tonigen Schlicksubstraten mit leichter Sandüberdeckung. Sie markiert die Grenzen des Höchstwasserstandes im Vergleich zu den anderen tiefergelegenen Salzwiesengesellschaften. Die Assoziationscharakterart ist *Limonium vulgare*.

2. Juncetum gerardii

Die Bottenbinsenwiese tritt weit verbreitet im Außendeichland in der hohen Salzmarsch auf, an Nord- und Ostsee ebenso wie an Binnensalzstellen. Die Assoziationscharakterart ist *Juncus gerardii*.

3. Artemisietum maritimae

Die trockenresistente Strandbeifuß-Gesellschaft tritt an Priel- und Grabenrändern des Außengrodens auf. Die Gesellschaft mit der Assoziationscharakterart *Artemisia maritima* wächst auf gut durchlüfteten Böden.

4. Blysmetum rufi

Auf feuchtem Schlickboden der Nord- und Ostseeküste kommen die Braunsimsen-Rasen stellenweise vor. Die Assoziationscharakterarten sind *Blysmus rufus* (Staunässezeiger) und *Eleocharis uniglumis*.

5. Junco-Caricetum extensae

Die Salzbinsen-Gesellschaft wächst stellenweise aus feuchten kalk- und salzreichen Böden des Außengrodens. Sie tritt häufig am Rand von Dünen oder Strandwällen über der MTHW-Linie auf. Die Assoziationscharakterarten sind *Carex extensa* und *Odontites verna ssp. serotina*.

6. Ononido-Caricetum distantis

Der Hauhechel-Lückenseggenrasen ist eine stabile Dauerpioniergesellschaft, die kleinräumig auf schlickigem Sand wächst. Die Assoziationscharakterarten sind *Ononis spinosa* und *Carex distans*.

7. Oenanthro-Juncetum maritimi

Das dichte Binsenried tritt mit seinen Assoziationscharakterarten *Oenanthe lachenalii* und *Inula britanica* in feuchten bis nassen Mulden mit mäßig versalzten Böden auf. Die Gesellschaft wächst oberhalb des MTHWs in der hohen Salzmarsch.

8. Atriplici-Agropyretum pungentis

Die Salwiesen mit *Agropyron pungens* (AC), *A. repens*, *A. oliveri* und *A. x obtusiusculum* sind schwierig zu unterscheiden. Nach Rennwald 2000 werden sie der Assoziation der Dünenquecken-Rasen *Agropyretum littoralis* zugeordnet.

2. Ordnung: Crithmo-Limonietalia (= Crithmo-Armerietalia)

Die Samphiren-Fluren sind in der BRD nur auf Helgoland mit einem Verband Crithmo-Armerion maritimae und einer Gesellschaft verbreitet. Großflächiger treten sie an salzwasserbeeinflussten Felsenküsten der Mittelmeer- und der Atlantikküste auf.

1. Verband: Crithmo-Armerion maritimae

1. Brassicetum oleraceae

Die Gemüsekohl-Gesellschaft ist an salzwasser- und stickstoffbeeinflussten Felsspalten an der Steilküste in Helgoland verbreitet. Die Assoziationscharakterart ist *Brassica oleracea ssp. oleracea*.

2.6 Zosteretea marinae (Seegraswiesen)

Der Vollständigkeit wegen wird noch die Klasse der Zosteretea marinae aufgeführt, die zu die zu der Formation der Wasserpflanzengesellschaften und u. a. für die Nährstoffversorgung des Watts verantwortlich ist.

In Deutschland kommt von den weltweit verbreiteten Seegras-Ökosystemen nur eine Ordnung Zosteretalia marinae und ein Verband Zosterion marinae vor. Die Charakterarten der Klasse, der Ordnung und des Verbandes sind *Zostera marina* und *Z. noltii*.

Ordnung: Zosteretalia marinae**1. Verband:** Zosterion marinae

1. Zosteretum marinae

Die Gesellschaft des echten Seegrases treten als meist einartige Unterwasserwiese im tiefen Wasser auf, die auch bei Ebbe überflutet ist und niemals frei fällt. Die Assoziationscharakterart ist *Zostera marina*. In der Nord- und Ostsee kommt sie auf Sand- und Schlickwatt vor.

2. Zosteretum noltii

Im Unterschied zur vorigen Gesellschaft siedelt die Zwersee gras-Gesellschaft in eulitoral bis sublitoral Schlickwatten direkt unterhalb der MTHW-Linie mit niedrigen Rasen. Die Assoziationscharakterart ist *Zostera noltii* (= *Z. nana*). Als Salz- und Brackwassergesellschaft erträgt sie stundenweise Trockenfallen bei Ebbe.

3. Ökologie der Salzmarschen und Salzstellen

Die Beschreibung der ökologischen Bedingungen der Salzmarschen und Salzstellen erfolgt wenn nicht speziell gekennzeichnet nach Ellenberg 1996 und lässt sich in drei Teilabschnitte gliedern: die Salzpflanzen an der Nordseeküste, die Salz- und Brackwasserpflanzen der Ostseeküste und die Salzstellen des Binnenlandes. Im Detail wird hier nur auf die Ökologie der Salzwiesen und nachrangig auf die der Seegrasswiesen eingegangen, da sie die größten Flächen bzw. große Bedeutung für die Nährstoffversorgung einnehmen. In der pflanzensoziologischen Gliederung werden der Vollständigkeit wegen alle Klassen aufgenommen, die auf salzhaltigem Substrat wachsen (mit Ausnahme der Dünen).

3.1 Salzpflanzengesellschaften des Meeresstrandes an der Nordseeküste

3.1.1 Allgemeine Lebensbedingungen im Watt

Als typischer Pflanzentyp findet man an der flachen Gezeitenküste der Nordsee Land-Halophyten, welche an diesen konkurrentenarmen Standorten optimale Lebensbedingungen vorfinden. Sie sind extreme Lichtpflanzen und können daher nur in offenem Gelände ohne Beschattung wachsen. Durch den täglich zweimaligen Wechsel von Überflutung und Trockenfallen können nur gut angepasste Pflanzenarten auf diesen Standorten vorkommen. Die schwierigsten Lebensbedingungen sind im Bereich des MHW anzutreffen, da die Organismen ebenso lange trocken fallen wie sie von Wasser bedeckt sind. Daher können am Außenstrand Landpflanzen erst ab 0,5 bis 1 m über MHW wachsen, am Innenstrand allerdings bereits unterhalb der MHW-Linie. Dieses Übergangsgebiet zwischen Meer und Land, das bei MHW unter Wasser liegt und bei MNW trocken fällt, wird als Watt bezeichnet. Es zeichnet sich durch einen hohen Gehalt an organischer Substanz und somit an N und P aus, wobei der Nährstoffgehalt im allgemeinen landeinwärts zunimmt. Die Transportkraft der Flut wird in dieser Richtung geringer und somit können sich feine Partikel, reich an organischem Material sind, anreichern. Die angeschwemmten Nährstoffe stammen zum einen aus dem Meer zum anderen aus der beträchtlichen Zufuhr durch die Flüsse und v. a. von den Zostera-Gesellschaften im Seichtwasser am Außenrand des Wattschelfs. Verschiedene Organismengemeinschaften des Watts sind für die Sedimentation und Festigung des Schlicks verantwortlich. So bilden z. B. Blaualgen und Diatomeen Überzüge auf dem Schlickwatt, welche das neu angeschwemmte Sediment vor Erosion schützen und ebenso Wasserverlust und Trockenrissbildung verhindern.

3.1.2 Zonierung der Pflanzengesellschaften

Im Allgemeinen kann man feststellen, dass durch die Häufigkeit und Dauer der Überflutung mit Salzwasser eine bestimmte, gesetzmäßig angeordnete Zonierung der Salzpflanzengesellschaften erfolgt. In der niedrigen Salzmarsch, im Bereich zwischen der mittleren Tide-Niedrigwasserlinie und der mittleren Tide-Hochwasserlinie, wachsen die Queller-Fluren mit eingestreuten Schlickgras-Wiesen. Daran schließt sich landeinwärts die Andelgraszone mit *Puccinellia maritima* an, welche sich bis etwa 30 cm über die mittlere THW-Linie erstreckt. In den noch höher gelegenen Bereichen weiter landeinwärts geht sie über in den Grasnelkenrasen mit *Armeria maritima*. Sind die Salzwiesen natürlich und nicht eingedeicht, werden die einzelnen Vegetationseinheiten der Salzmarsch durchzogen von Prielen und Mulden, welche ihre eigenen Spezialistengesellschaften aufweisen. Im tieferen Bereich des Strandes sind *Zostera*-Arten die wichtigsten Rasenbildner und in höherem stellen Queller die häufigsten Pioniere dar. *Zostera*-Gesellschaften wachsen an Standorten, die 2-3 Stunden oder weniger trocken fallen. Die Zwergseegrass-Zone (*Zosteretum noltii*) wird bei abnehmender Trockenliegezeit von *Zosteretum marinae* abgelöst, deren Kennart *Zostera marina* produktiver und damit konkurrenzfähiger ist. Allerdings ist sie

empfindlicher gegen Austrocknung und gegen zu starke Strömungen. Daher befinden sich die Seegraswiesen auf Wasserscheiden oder in ruhigen Buchten etwa 0,5 bis 3 m unter MNW. Den Beginn der Salzwiesen leiten mit der Quellerzone weiter landeinwärts bei etwa 40 cm bis 25 cm unterhalb MHW-Linie stammsukkulente *Salicornia*-Arten ein, die mit vereinzelt wachsenden Vertretern vorkommen. Auf nasseren Standorten tritt *Salicornia stricta* auf, die im tiefliegenden Quellerwatt (*Salicornietum strictae*) die dominierende Art darstellt. An trockeneren Standorten kommt *Salicornia europea* vor. Die *Salicornia*-Gattungen sind halophil und zeigen ein optimales Wachstum bei einer Salzkonzentration von der Hälfte des Meereswassers. Das Salz wird aufgenommen und im Zellsaft gespeichert, daher nimmt die Sukkulenz der Pflanzen im Laufe des Jahres zu (Name!). Heute existiert das Schlickgras *Spartina anglica* als dominante Art auf großen Flächen an der Westküste Schleswig-Holsteins, da es sich im Watt ebenso wie *Salicornia* als Schlicksammler auswirkt. Die bei weitem leistungsfähigste Marschbildung findet im Anedelgras-Rasen (*Puccinellietum marinae*) statt, das den Wattboden bis etwa 20 cm unter MHW aufschlickt. Der Anedelzone bildet den Übergang zwischen Watt und Marsch und bildet somit die Obergrenze des Watts. Die Queller-Gesellschaften treten in diesem Bereich zurück, da sie konkurrenzschwächer gegen das Anedelgras *Puccinellia maritima* sind. Ebenfalls in diese Zone ist *Aster tripolium* einzuordnen, die an sehr salzhaltigen, täglich überspülten Stellen sukkulent wird. Sie kann bis an die Grenze zum Quellerwatt hin vorkommen, da sie über ein Aerenchym verfügt und daher häufige Überflutung und nasse Böden tolerieren kann. Ihr physiologisches Optimum befindet sich auf Spülsäumen und an schwach versalzten halbruderalen Stellen. Mit zunehmender Entfernung bzw. je höher der ehemalige Wattboden über Springhochwasser aufgehöhrt wird, desto stärker findet die Aussüßung statt und gering salztolerante Pflanzenarten können sich ansiedeln und die halophilen Spezies zurückdrängen. Der Strandnelken-Rasen (*Armerion maritimae*) bzw. synonym verwendet Salzschwingel-Rasen kann sich bei mehr als etwa 25 cm über dem MHW der Nordsee ansiedeln. In dieser Zone dominieren die schwach sukkulenten Formen von *Festuca rubra ssp. litoralis* (Rotschwingel) und *Agrostis stolonifera var. maritima* (Ausläufer-Straußgras). Ebenso treten *Armeria maritima* (Strandnelke) und *Plantago maritima* (Strandwegerich) in größeren Beständen auf. Auch *Limonium vulgare* (Strandflieder) und *Cochlearia anglica* (Englisches Löffelkraut) treten auf, allerdings kommen sie im Strandwermut-Gestrüpp (*Artemisia maritimae*) häufiger vor. Abgesehen von den Spülsäumen ist die Salzschwingel-Wiese das produktionsbiologische Optimum des Außendeichlandes, da mit zunehmender Aufhöhung die Böden durch Sandablagerungen humusärmer werden. Die Sukzession im Watt von einartigen Pioniergesellschaften zu artenreicheren Marschrasen wird nach Ellenberg 1996 weniger durch die Sedimentation von Schlick erreicht als viel mehr durch die Akkumulation von gebundenem Stickstoff. Die Salzmarsch-Gesellschaften zeigen deutlich, dass Salzgehalt des Bodens und der Wasserhaushalt für den Pflanzenbewuchs entscheidend sind, welche sich in einer typischen Zonierung der Pflanzengesellschaften auswirken.

3.2 Salz- und Brackwasser-Gesellschaften der Ostseeküste

Im Gegensatz zu der Nordseeküste ist der Tidehub an der Ostseeküste nur schwach ausgeprägt (bei Rügen 10 cm). Hinzu kommt, dass der Salzgehalt in bestimmten Teile bis in die Spanne des Brackwassers absinkt und der Nährstoffgehalt des Wasser geringer ist als an der Nordseeküste. Trotz der schwach ausgeprägten Gezeiten kommt es zum Zurückweichen des Meereswassers im Frühjahr, was die Keimung der *Salicornia*-Arten und anderer Pionierpflanzen fördert. Insgesamt lässt sich an der Ostseeküste ein West-Ost- und Nord-Süd-Gefälle der Lebensbedingungen beobachten: dabei gehen mehr nordeseähnlich geprägte Gebiete in solche über, die einem Brackwassersee gleich kommen. Ebenso zeigt sich eine Veränderung in der Artenzusammensetzung, der Zonierung und der Flächenausdehnung der

halophilen Vegetation. So tritt z. B. am Kattegat das *Salicornietum strictae* noch großflächig auf und das *Puccinellietum maritimae* steigt mit scharfer unterer Grenze ans offene Meer hinab. Im Gegensatz dazu existiert das reine Quellerwatt auf Fehmarn nicht mehr und die Andelwiesen nur noch an künstlich offen gehaltenen Stellen. Statt dessen tritt das Brackwasserröhricht *Bolboschoenetum maritimi* entlang der Wasserfront auf und reicht bis unter Mittelwasser hinab. An die Röhrichte schließt sich ein Meerbinsenrasen (*Juncetum maritimi*) an, welcher bereits einige kaum salzvertragende Arten beinhaltet. Die größte Fläche nehmen an der Ostseeküste die etwas höher gelegenen Strandbinsenweiden (*Juncetum gerardii*) ein, welche nur selten überflutet werden.

Zusammenfassend kann man sagen, dass die Salzrasen an der holsteinischen Ostseeküste viel kleinflächiger sind als an der Nordseeküste und dort v. a. im Bereich von vermoorten Strandwallsystemen und Strandseen auftreten. Vor der landwirtschaftlichen Nutzung der Salzwiesen waren Schilfbestände an der Ostseeküste allgemein verbreitet, wodurch die heute dort vorkommende Vegetation als künstlich einzustufen ist.

3.2 Salzstellen des Binnenlandes

Die Salz- und Brackwassergesellschaften sind von der Nord- und Ostsee ausgehend bis in das nördliche und westliche Mitteleuropa verbreitet. Je weiter man nach Süden oder Südosten geht desto mehr unterscheidet sich die Flora der binnenländischen Salzstellen von denjenigen an der Küste und desto mehr Arten kommen hinzu. In Deutschland setzen sich die Gesellschaften der Binnensalzstellen aus ähnlichen Arten zusammen wie an der Nord- und Ostseeküste. Dabei findet man oft Rasengesellschaften aus nicht obligaten Halophyten, welche den Strandbinsenweiden (*Juncetum gerardii*) ähneln. An Stellen, wo das salzhaltige Wasser nicht hoch genug steht, wachsen Brackwasserröhrichte wie *Bolboschoenetum maritimi*. Ebenso wie an der vom Meer beeinflussten Küste geht der Übergang der Gesellschaften der Binnensalzstellen zu den normalen Wiese- oder Weidegesellschaften der Umgebung allmählich und entspricht dem abnehmenden Salzgehalt im Boden.

Binnensalzstellen können verschiedenen Ursprungs sein: zum einen können sie als Folge des Kali-Bergbaus entstehen oder an Straßenrändern durch die winterliche Salzstreuung. Ebenso kann natürlich an der Oberfläche austretendes salzhaltiges Wasser und somit das Untergrundgestein und dessen Lösungsprodukte dafür verantwortlich sein.

So kann z. B. die Assoziation *Salicornietum ramosissimae* aus der Klasse der Quellerfluren auf überstauten, oberflächlich abtrocknenden binnenländischen Salzstellen mit stark wechselnder, oft aber sehr hoher Salzkonzentration vorkommen.

Aus der Klasse der Salzrasen und Salzwiesen-Gesellschaften kommen die Assoziationen *Spergulario-Puccinellietum distantis* und *Juncetum gerardii* auf binnenländischen Salzstellen vor.

4. Gefährdung und Schutz

Die Bewertung des Gefährdungsstatus der einzelnen Gesellschaften erfolgt vorzugsweise nach Rennwald 2000. Es werden hier nur die Gesellschaften aufgeführt, deren Gefährdungsstatus als stark gefährdet und darüber eingestuft wird.

In der Klasse der Thero-Salicornietalia ist im Verband Thero-salicornion strictae die Assoziation Suaedo-Bassietum hirsutae stark gefährdet. Die Ursachen liegen in direkten Eingriffen (mechanischen Einwirkungen auf den Pflanzenbestand als Folge der Nutzung) und in der Veränderung des Standortes: künstliche Aufschlickung und Eindeichung im Wattenmeer, Entwässerung und nicht mehr stattfindenden Bodenverwundungen, d. h. es wird kein Substrat mehr freigelegt auf dem sich die Dornmellen-Gesellschaft ansiedeln kann. Ebenso treten in der Klasse der Asteretea tripolii in der Ordnung Glauco-Puccinellietalia innerhalb des Verbandes Armerion maritimae stark gefährdete Gesellschaften auf. Die Assoziation Ononido-Caricetum distantis (bei Rennwald 2000: Ononis spinosa-Carex distans) gilt für ganz Deutschland und das norddeutsche Tiefland als gefährdet, im Hügel- und Bergland auf Binnensalzstellen als stark gefährdet. Die Gründe für den Rückgang der Hauhechel-Lückenseggen-Rasen liegen in direkten Eingriffen (mechanischen Einwirkungen auf den Pflanzenbestand als Folge der Nutzung, Umwandlung der Fläche in Kulturland und der Aufgabe der Nutzung) und in der Veränderung des Standortes: künstliche Aufschlickung und Eindeichung im Wattenmeer, Entwässerung, Eutrophierung und nicht mehr stattfindenden Bodenverwundungen. Ebenso ist die Zerstörung der Standorte durch Küstenschutz und Bodenversiegelung wichtige Faktoren für Gefährdung. Vor allem bei den Binnensalzstellen ist die Veränderung des Wasserregimes und das Unterbleiben von Substratfreilegung für den Rückgang verantwortlich.

Ähnliche Gefährdungsursachen lassen sich für die Assoziation Junco-Caricetum extensae finden, die im norddeutschen Tiefland stark gefährdet ist: direkten Eingriffen wie mechanische Einwirkungen auf den Pflanzenbestand als Folge der Nutzung und die Umwandlung der Fläche in Kulturland. Ebenso trägt die Veränderung des Standortes durch künstliche Aufschlickung und Eindeichung im Wattenmeer und die Entwässerung zu diesem Zustand bei.

Die Assoziation Blysmetum rufi ist wegen direkter Eingriffe (mechanischen Einwirkungen auf den Pflanzenbestand als Folge der Nutzung, Umwandlung der Fläche in Kulturland und der Aufgabe der Nutzung) und der Veränderung des Standortes wie künstlicher Aufschlickung und Eindeichung im Wattenmeer und der Entwässerung von Flächen gefährdet. Ebenso sind die Zerstörung der Standorte durch Küstenschutz (z. B. künstliche Uferbefestigung) und Bodenversiegelung wichtige Faktoren für Gefährdung.

5. Verbreitung

Salzmarschen sind neben Standorten an der Nordseeküste (Vgl. Abb1) natürlicherweise ebenso an vielen Küsten der gemäßigten Breiten vorhanden. So z. B. als Strandsalzwiesen von Ost-Hokkaido und Nord-Kyushu in Japan oder die Marschen in North Carolina und anderen Gebieten der USA (Ellenberg 1996). Das lässt sich auch anhand der aktuell veröffentlichten Literatur gut nachvollziehen (Asada 2002).

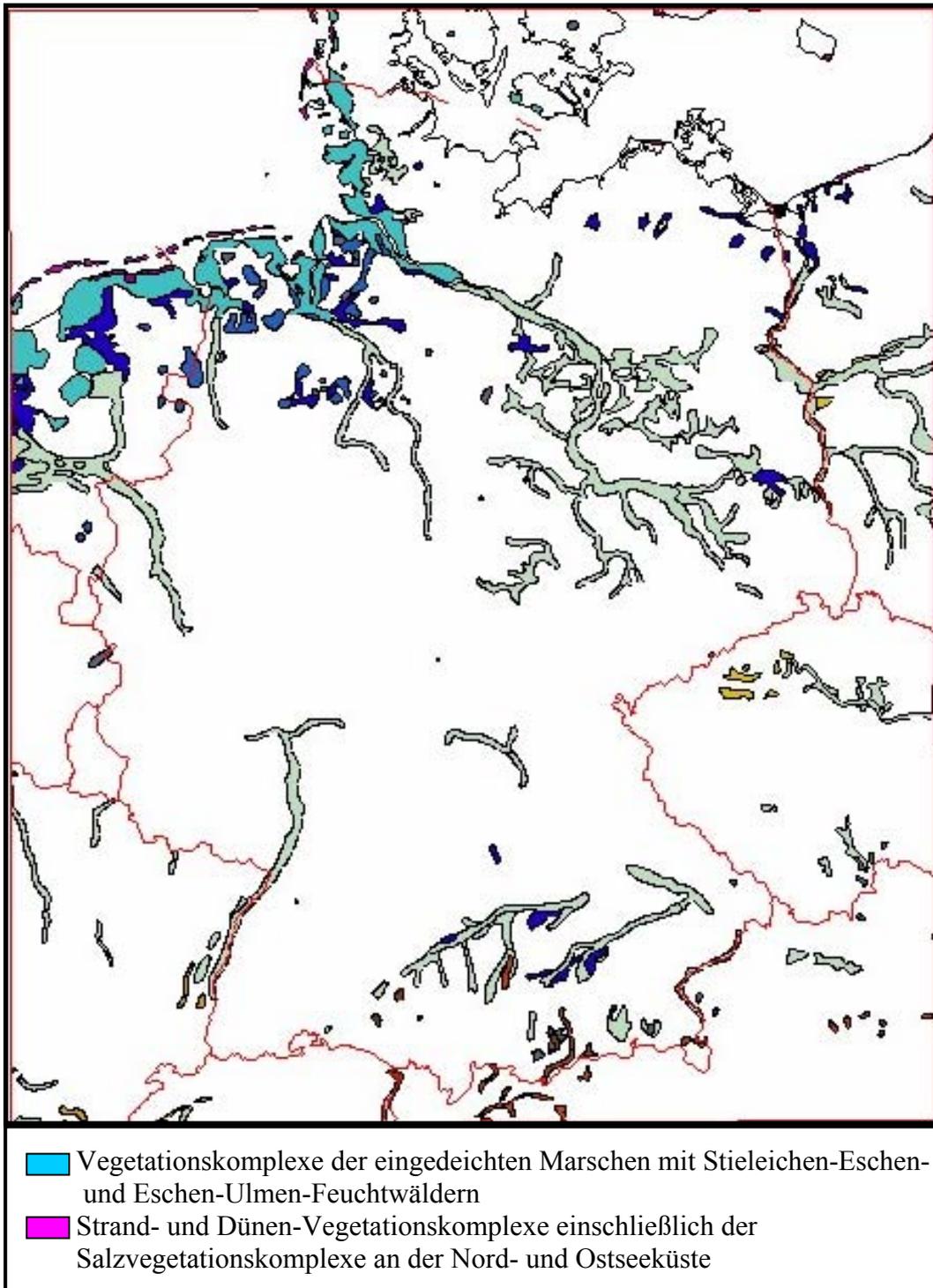


Abb.1: Verbreitung der Salzstandorte (nach FloraWeb 2006)

6. Wissenschaftliche Artikel

Weinstein, M.P., Teal, J.M., Balleto, J.H. & Strait, K.A. 2001: Restoration principles emerging from one of the world's largest tidal marsh restoration projects.

Wetlands Ecology and Management 9: 387–407, 2001.

Eines der weltgrößten Restaurationsprojekte von Feuchtgebiete im Einflussbereich der Gezeiten wurde entwickelt, um den Verlust von nekton zur Kühlung eines Kraftwerkes in der Delaware Bay/USA auszugleichen. Ein aggregiertes Nahrungsketten-Modell wurde angewandt, um die Fläche der Salzmarschen abzuschätzen, die erforderlich ist um die entstandenen Verluste zu ersetzen. Die 5040 Hektar schlossen zwei degradierte Marschtypen ein- Phragmiten (Röhricht) dominierte Marschen und eingedeichte Salzheu-Farmen- an 11 Orten innerhalb der oligo-mesohalinen und polyhalinen des Ästuars. In einer Reihe von Treffen von Experten wurde entschieden einen ökologischen „engineering“ Ansatz (z. B. „self-design“, und minimaler Eingriff) in einem landschaftsökologischen Rahmen in Bezug auf das Restaurations-Design anzuwenden, wohingegen zur gleichen Zeit der langzeitige Erfolg des Projekts in einem Kontext von „gebundenen Erwartungen“ aufgenommen werden sollte. Das letztere schloss eine Reihe von Referenz-Marsch planforms und akzeptable Endpunkte mit ein, die in Zusammenarbeit mit verschiedenen Einrichtungen aufgestellt wurden. Angepasstes Management wurde eingesetzt um den Restaurationsfortschritt zu erhalten, um abzusichern, dass die Erfolgskriterien in einer annehmbaren Zeit erfüllt wurden, und um die Öffentlichkeit vor potentiellen Auswirkungen des Eindringens von Salz in Brunnen und gegen die Überflutung höher gelegener Landbereiche zu schützen. Die Besprühung mit Herbiziden, gefolgt von kontrollierten Bränden und veränderter Mikrotopographie wurden an von Phragmitapezies dominierten Standorten eingesetzt und das Ausbaggern von Kanälen und der Abbruch von Deichen waren die eingesetzten Methoden, um die Restauration in den eingedeichten Salzheufarmen zu beginnen. Das Monitoring bestand daraus, die Rate der Wiederbesiedlung und Wiederentwicklung der natürlichen Drainage-Systeme, der nekton-Antwort auf die Restauration zu bewerten und konzentrierte sich auf den Nährstofffluss, die Bewegungen des nekton, die Zustandsfaktoren, die trophischen Verbindungen, und andere spezifischen Themen. Auf Grund seiner Größe und Einzigartigkeit wurde das „Estuary Enhancement Program“ eine wichtige Fallstudie für Wissenschaftler, die auf dem Gebiet der Restaurations-Ökologie forschen, und für die Anwendung von ökologischen engineering Prinzipien.

Zedler, J.B. 2005: Restoring wetland plant diversity: a comparison of existing and adaptive approaches.

Wetlands Ecology and Management 13: 5–14, 2005.

In diesem Artikel werden existierende und adaptive Methoden zur Wiederherstellung der Pflanzendiversität in Feuchtgebieten verglichen. Viele Restaurierungs-Projekte sind nicht ausgelegt dafür, um Ursache-Wirkungs-Beziehungen zu identifizieren. An sterben Pflanzen können auch durch detaillierte Untersuchungen postmortem die Ursachen nicht genau bestimmt werden. So waren z. B. die Sterblichkeitsraten von 7% im Gegensatz zu 90% in zwei Salzmarsch-Umpflanzungs Projekten zurückzuführen auf Hypersalinität und Sedimentation, andere Effekte konnten allerdings nicht ausgeschlossen werden. Adaptive Restauration, d. h. das experimentelle Testen von alternativen Methoden auf Restaurierungs-Standorten, kann dagegen die Ursachen-Wirkungs-Beziehung klären, wobei sie gleichzeitig die Pflanzendiversität wiederherstellen kann und Informationen für zukünftige Restaurations-Projekte liefern kann. Projekte im Tijuana Ästuar (Kalifornien) und in Greene Prairie (Wisconsin) wenden die Methode an: (1) Ein großes Feldexperiment im Tijuana Ästuar zeigte, dass artenreiche Anpflanzungen von Halophyten die Entwicklung der Struktur und der Funktion des Ökosystems beschleunigen (im Vergleich zu monotypischen Anpflanzungen) und gleichzeitig eine intertidal Ebene besiedeln. Die aus sechs Arten bestehenden

Pflanzengemeinschaften produzierten ein komplexeres **Blätterdach** und akkumulierten mehr Biomasse und Stickstoff als monotypische Gemeinschaften und nicht bepflanzte Plots. (2) Ebenso im Tijuana Ästuar untersucht ein Experiment in einem 8 ha großen Projekt die Fähigkeit von Priel-Netzwerken die Wiederbesiedlung zu beschleunigen und verstärkt das Nahrungsnetz zu unterstützen (über verstärktes Pflanzenwachstum und das Vorkommen von Invertebraten und Fischen), welches gleichzeitig den Gezeitenstrom wiederherstellt. (3) In Green Prairie wird die Fähigkeit untersucht 33 einheimische Pflanzenarten als Ersatz für invasive Grasarten einzusetzen (*Phalaris arundinacea*). In jedem dieser Fälle liefert der adaptive Ansatz sowohl Informationen für die Wissenschaft und die Praxis von Renaturierungsmaßnahmen.

Garcia-Blanco, S., Venosa, A.D., Suidan, M.T., Lee, K., Cobanli, S. & Haines, J.R. 2006: Biostimulation for the treatment of an oil-contaminated coastal salt marsh. Biodegradation (2006) Springer 2006, DOI 10.1007/s10532-005-9029-3

Im Sommer 2000 wurde in Neu-Schottland/Kanada eine Feldstudie in küstennahen Salzmarschen durchgeführt. Das Ziel dieser Studie war die Bewertung der Wirksamkeit von Biostimulation in einem mit Erdöl kontaminierten Küstenmarschland, das durch *Spartina alterniflora* unter nördlich-temperierten Bedingungen dominiert wurde. Drei Remediations-Behandlungen wurden untersucht und zusätzlich zwei nicht mit Erdöl belastete Behandlungen, mit und ohne zugesetzte Nährstoffe, die als Kontrolle dienen. Dieser Forschungsansatz hat die Wirksamkeit von Stickstoff- und Phosphor-Zusätzen für den beschleunigte Reinigung von Erdöl bestimmt und ebenso die Rolle von Nährstoffen, welche bei Abwesenheit von an Feuchtstandorte angepasste Pflanzen, die Restauration erhöhen und die Rate, mit der sich die beanspruchten Salzmarschen erholen.

Devictor, V., Moret, J. & Machon, N. 2006: Impact of ploughing on soil seed bank dynamics in temporary pools.

Plant Ecol DOI 10.1007/s11258-006-9225-1

In diesem Artikel wird der Einfluss von Pflügen auf die Pflanzen-Samenbank im Boden in zeitweiligen Marschen, die sich auf landwirtschaftlich genutztem Gebiet befinden, untersucht. Die Quantität, Qualität und vertikale Verteilung von Samen unter gepflügten und nicht gepflügten Treatments wurde auf Gemeinschaftsebene quantifiziert. Ebenso wurden semi-aquatische Arten betrachtet, *Damasonium alisma*, um den Einfluss des Pflügens auf Populationsebene zu untersuchen. Es wurden zwei komplementäre Techniken bei der Untersuchung der Samenbanken eingesetzt: Sortieren der Samen von Hand und Samenkeimung. Man fand heraus, dass der Artenreichtum der Samen, die Menge der Samen und ihre Keimfähigkeit stark auf der Gemeinschaftsebene durch das Pflügen beeinflusst wird. Im Hinblick auf *Damasonium alisma* wurden die meisten Samen (56%) in den zwei tiefsten (von den vierbetrachteten) Bodenhorizonten in den gepflügten Pools gelagert. Die Keimrate war für unter der Oberfläche befindliche Samen höher (84%) als für diejenigen Samen, die an der Oberfläche gesammelt wurden (33,6%). Diese Muster waren nahezu umgekehrt in den nicht gepflügten Pools. Diese Ergebnisse stimmen dem temporären Lagerungseffekt überein, der allgemein vorgeschlagen wird, um die Eigenschaften der Samenbanken von Pflanzengemeinschaften zu beschreiben. Zusätzlich wurde gezeigt, dass Pflügen einen räumlichen Lagerungseffekt bei akkumulierenden Arten und Individuen in der Samenbank induziert, was die Dynamik der Pflanzengemeinschaft günstig beeinflusst. Man kann daraus schlussfolgern, dass die Störung durch Pflügen vorteilhaft für derartige ephemere Vegetation in Feuchtgebieten sein kann.

Traut, B.H. 2006: The role of coastal ecotones: a case study of the salt marsh /upland transition zone in California.

Journal of Ecology 2005 93, 279–290

Ökotone, die Übergangszonen zwischen aneinander grenzenden Ökosystemen, können den Fluss und die Verarbeitung von Material und Organismen zwischen Systemen intensivieren oder konzentrieren. Um zu bestimmen ob die Übergangszone zwischen Salzmarschen und dem höher gelegenen Land ein Ökoton ist, sowohl in der Funktion als Habitat, als auch als Konzentration von Material und Organismen, wurde eine extensive Studie von 12 Marsch/“upland“-Übergangszonen in dem Gebiet PT Reyes in Kalifornien durchgeführt. Die höheren Salzmarschen wurden als Ökoton identifiziert, mit unterschiedlichen biologischen und physischen Bedingungen als die aneinander grenzende Marschebene und das höher gelegene Land. Taxonomische Vielfalt-Muster haben die Änderungen in den räumlichen Habitatcharakteristiken nicht widerspiegelt (z. B. Ökotonfläche), stattdessen zeigte sich eine quadratische Korrelation entlang des Gradienten, mit zunehmender Diversität sowohl von Pflanzen als auch von Spinnen im Ökoton. Spinnenreichtum wurde mit zunehmender Komplexität der Vegetation vergrößert, diese war im Ökoton am größten. Diese Studie zeigt empirische Beweise, dass Seemarschen/“upland“-Ökotone eine vermehrte Diversität beherbergen und Stickstoff-Pools konzentrieren können, und dadurch weitere Forschung erforderlich machen, welche die Beziehung zwischen der Verknüpfung zwischen den Landschaftsteilen und die Kopplung von Arten und biochemischen Prozessen untersuchen.

7. Literaturverzeichnis

Asada, T. 2002: Vegetation gradients in relation to temporal fluctuation of environmental factors in Bekanbeushi peatland, Hokkaido, Japan. *Ecological Research* (2002) 17, 505–518

Devictor, V., Moret, J. & Machon, N. 2006: Impact of ploughing on soil seed bank dynamics in temporary pools. *Plant Ecol* DOI 10.1007/s11258-006-9225-1

Ellenberg, H. 1996: *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen*. 5. Auflage. Ulmer Verlag

Garcia-Blanco, S., Venosa, A.D., Suidan, M.T., Lee, K., Cobanli, S. & Haines, J.R. 2006: Biostimulation for the treatment of an oil-contaminated coastal salt marsh. *Biodegradation* (2006) Springer 2006, DOI 10.1007/s10532-005-9029-3

Heinrich, D. & Hergt M. 2002: *dtv-Atlas Ökologie*. 5. Auflage. Deutscher Taschenbuch Verlag

Künnemann, T.-D. 1997: *Überleben zwischen Land und Meer SALZWIESEN*. Isensee Verlag Oldenburg

Pott, R. 1992: *Die Pflanzengesellschaften Deutschlands*. Ulmer Verlag

Rennwald, E. (Bearb.) 2000: *Verzeichnis und Rote Liste der Pflanzengesellschaften Deutschlands*. Bundesamt für Naturschutz

Scheffer/Schachtschabel 2002: *Lehrbuch der Bodenkunde*. 15. Auflage. Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg-Berlin

Traut, B.H. 2006: The role of coastal ecotones: a case study of the salt marsh /upland transition zone in California. *Journal of Ecology* 93, 279–290

Weinstein, M.P., Teal, J.M., Balletto, J.H. & Strait, K.A. 2001: Restoration principles emerging from one of the world's largest tidal marsh restoration projects. *Wetlands Ecology and Management* 9: 387–407

Zedler, J.B. 2005: Restoring wetland plant diversity: a comparison of existing and adaptive approaches. *Wetlands Ecology and Management* 13: 5–14

Seminar „Spezielle Geobotanik“
 WS 2006/2007
 Christine Mahler

Silikatrassen, Binnendünen, Kiefernwälder auf Sand

(12.12.2006)

Gliederung:

1. Einführung
2. Ökologie der Vegetationstypen
 - 2.1 Kiefernwälder auf Sand
 - 2.2 Silikat- und Sandmagerrasen
 - 2.3 Binnendünen
3. Pflanzensoziologische Einteilung
 - 3.1 Kiefernwälder
 - 3.2 Silikatrassen und Binnendünen
4. Verbreitung
5. Gefährdung und Schutz
 - 5.1 Gefährdungsstatus
 - 5.2 Gefährdungsursachen
 - 5.3 Schutz und Landschaftspflege
6. Aktuelle Forschung
 - 6.1 Sukzession und Störung
 - 6.2 Beweidung und Landschaftspflege
 - 6.3 Restauration von Bergbaufolgelandschaften
7. Quellen

1. Einführung

Silikat- und Sandmagerrasen sind laut Walter Teil der Psammoserie, d.h. einer ökologischen Reihe, die sich auf Flächen mit saurem, sandigem Substrat. Sie entwickeln sich bei ungestörter Sukzession bis hin zu den Sand – Kiefernwäldern (Walter 1986). Zusammen mit den Binnendünen gehören sie durch ihre spezifische Kombination aus extremen Standorteigenschaften, hoher Artenvielfalt und oft anthropogen bedingten, notwendigen Störungsregimes zu den interessantesten Einheiten des mitteleuropäischen Florengebiets. Dies ist nicht zuletzt deshalb so, weil die letzten verbliebenen größeren Sandflächen in vielen Fällen auf Militärübungsplätzen zu finden sind. Deren Nutzungsaufgabe in aktueller Zeit stellt Naturschutz und Landschaftspflege vor neue Herausforderungen (Jentsch et al., 2002). Zu diesen gehört die Tatsache, dass Pflanzengemeinschaften die von ihnen bewohnten Standorte verändern, die aber ihrerseits wiederum die Strukturbeschaffenheit der Pflanzenbestände beeinflussen (Glavac 1996).

Im Folgenden werde ich Ökologie, Pflanzensoziologische Einordnung und Verbreitung der Sand-Kiefernwälder, Binnendünen und Silikatrasen erläutern, und speziell auf die Gefährdung der Sandrasen und ihre Ursachen eingehen und aktuelle Forschungsergebnisse dazu vorstellen.

Die Nomenklatur der pflanzensoziologischen Vegetationseinheiten folgt Oberdorfer (1993), die Pflanzennahmen mit ihren Autorenkürzeln sind aus [www.floraweb.de] übernommen.

2. Ökologie der Vegetationstypen

2.1 Kiefernwälder auf Silikat

Allgemein: In den Waldstrukturen der natürlichen Vegetation Mitteleuropas dominieren die Laubgehölze. Nadelwälder können sich in Konkurrenz vor allem auf Sonderstandorten behaupten, weil sie aufgrund ihrer weiten ökologischen Amplitude mit extremen Standortbedingungen zurechtkommen (Ellenberg 1996).

Entstehung: Ellenberg spricht von „bodensauren Sandkiefernwäldern der subkontinentalen nordöstlichen Diluviallandschaft (Dicrano-Pinion) und von Dünen-Kiefernwäldern als Endstadium der natürlichen Dünenfixierung“, wobei er betont, dass sie sich durch ihr Substrat, saure bis stark saure Sande verschiedener Herkunft, v.a. Tal-, Terrassen- und Flugsande von den übrigen Kiefernwaldtypen unterscheiden. Nach der Eiszeit wurden sie von den klimatisch begünstigteren Laubholzarten auf die heutigen Moor – und Trockenwälder zurückgedrängt (Pott 1996).

Standortfaktoren: Der Anteil der Kiefer hängt vom Silikat- und Kolloidgehalt und der Wasserspeicherungskapazität des Bodens ab. Mit zunehmendem Tongehalt steigt die Konkurrenzfähigkeit der Laubhölzer unter sonst vergleichbaren Bedingungen an (Ellenberg 1996).

Die typischen Sand-Kiefernwälder (Dicrano-Pinetum sylvestris) (Frey & Lössch 2002) finden sich auf stark sauren, sehr nährstoffarmen Quarzsanden und Kiesen, sowie auf quarzitischen Blockköpfen und Felskuppen mit extremem Wasserhaushalt, auf Initial- und Rohböden und Podsolen aus Sandböden (Walentowski et al. 2004). Die Blattstreu ist schwer abbaubar, so dass als Humusform biologisch inaktiver Rohhumus entsteht

Je trockener und flacher die Böden sind, desto stärker tritt die Waldkiefer (*Pinus sylvestris* L.) hervor. Man findet sie vor allem auf flachgründigen Gesteinsböden und durchlässigen, kolloidarmen Sanden und Kiesen. Mit zunehmender Kontinentalität steigt ihr Anteil auf Kosten des Eichen-Birkenwalds, der in Holland und Westdeutschland auf vergleichbaren Substraten vorherrscht, Richtung Osten hin an (Ellenberg 1996).

Pflanzenphysiologische Anpassungen: Die Bodenvegetation ist artenarm, aber reich an Moosen, Flechten und/oder Zwergsträuchern, deren natürliche Vorkommen gekennzeichnet sind durch einen extremen Wasserhaushalt, Nährstoffarmut und Exponiertheit (Walentowski et al., 2004). Die Krautschicht fehlt nahezu vollkommen, weil sie weder genügend Licht noch genügend nährstoffhaltiges Substrat zur Verfügung hat, um sich wie in anderen Nadelwäldern etablieren zu können. An den Übergangszonen zu offenen Sandflächen sind die Kiefernwälder häufig mit *Corynephorus canescens* L. vergesellschaftet. Sind die Sande schwach kalkhaltig wie in der Oberrheinischen Tiefebene und im Mainzer Becken, so wird das Silbergras durch *Koeleria glauca* L. ersetzt (Walter 1986).

2.2 Silikat – und Sandmagerrasen

Allgemein: Die Klasse der Silikat – und Sandmagerrasen (Sedo -Scleranthetea) lässt sich laut Ellenberg (1996) aufteilen in die Ordnung der Sedo-Scleranthetalia (Fetthennen-Knäuelrasen)

auf Felsgrus und Felsbändern in kontinental getönten Gebieten, der Festuco-Sedetalia (Schafschwingel-Mauerpfefferrasen) in ozeanischen Gebieten und der Corynephorretalia (Silbergrasfluren) auf Binnendünen und kalkarmen Flugsanden (Ellenberg 1996).

Entstehung: Neben den wenigen Flächen, die durch direkte Verwitterung aus Silikat und Sandstein entstanden sind, gehören die Sandtrockenrasen in ihrem jetzigen Zustand zu den vom Menschen mitgeschaffenen Biotoptypen. Laut Glavac (1996) blieben „nur die fortwährend neu entstehenden Kies- und Sandflächen an Flussufern ständig oder über längere Zeiträume baumfrei. Die Flug- und Schwemmsandflächen der frühen Nacheiszeit wären längst durch die Bodenbildung und Humusakkumulation verändert, wenn nicht seit dem Neolithikum der Mensch durch Vernichtung der Waldflächen auf den armen Substraten, Triftweide, Hude und Ackernutzung für die Offenhaltung der Sandrasen gesorgt hätte (Ellenberg 1996, Frey & Lössch 2004, Quinger & Meyer 1995).

Standortfaktoren: Extrem humus- und nährstoffarme, durchlässige und grobporige Böden sorgen dafür, dass an den Standorten Wasser- und Nährstoffmangel herrscht (Frey & Lössch 2004). Sandböden weisen vielfach schon nach kurzen Trockenperioden aufgrund des geringen Feinerdeanteils einen angespannten Wasserhaushalt auf (Wilmanns 1984).

Dabei hat sich herausgestellt, dass Trockenheit einer der Hauptfaktoren ist, die die Keimlingsetablierung vieler Sandmagerrasenarten beschränken (Eichberg 2005).

Die hellen, vegetationsfreien Sande zeichnen sich durch ein sehr hohes Rückstrahlvermögen (Albedo) aus, das nahezu 40 % der Gesamtstrahlung ausmachen kann (Quinger & Meyer 1995). Dabei kann es am Tag zu einer starken Erhitzung, in der Nacht dagegen zu einer extremen Abkühlung der Bodenoberflächen kommen (Berger-Langefeldt & Sukopp 1965).

Pflanzenphysiologische Anpassungen: Extreme Ökotope bieten den Pflanzenarten Lebensraum, die an deren Standortbedingungen angepasst sind. Xeromorphe Adaptationen sind in diesem Fall

- kleine Blätter mit vielen Spaltöffnungen pro Flächeneinheit
- geringes Wurzel – Sproßverhältnis
- hoher Anteil an Leitungs – und Versteifungsgewebe (Ellenberg 1996)
- ausgedehnte und verzweigte Wurzelsysteme
- Verdeckung der Cuticula, Wachsüberzüge
- Verengung und Einsenkung der Spaltöffnungen
- Rollblätter
- Haarfilze
- Rosetten – und Polsterwuchs (Frey & Lössch 2004)
- Ausläuferbildung (Überwehung, z.B. *Hieracium pilosella* L., *Carex hirta* L., Jentsch & Beyschlag 2003)

Viele Kennarten sind darüber hinaus „im Winter keimende so genannte Frühjahrstherophyten, welche die Winterfeuchte zum Blühen und Fruchten zwischen Februar und Mai nutzen“ (Wilmanns 1984)

Sukzession und Störung: Weigelt (2001) führt an, dass offene Sandflächen zuerst von Pionierpflanzen wie *Corynephorus canescens* L., die dazu in der Lage sind, den Sand zu fixieren, besiedelt werden. „Auf halb-konsolidierten Sandflächen etablieren sich zusätzlich dazu Moose, einjährige Kräuter und einige Grasarten, [...] und bilden offene, aber stabile Pionierstadien, insbesondere in der Anwesenheit von Flechten. Innerhalb dieses Systems sorgen kleinskalige Störungen (z.B. Tritt, Kaninchen, Ameisen) immer wieder für neue, offene Sandflächen, auf denen die Sukzession von neuem beginnen kann“.

Wenn Störung in diesem System fehlt, werden die Pionierarten von den Arten späterer Sukzessionsstadien abgelöst. Dabei nimmt die Nährstoff- und Wasserverfügbarkeit aufgrund der Humus – und Streuakkumulation im Laufe des Sukzessionsgeschehens zu (Bergmann 2003)

2.3 Binnendünen

Allgemein: Binnendünen unterscheiden sich von den Küstendünen dadurch, da sie der Arten entbehren, die auf Küstennähe und eine damit verbundene Gezeiten – und Salzdynamik hindeuten. Ihre Vegetationseinheiten sind denen der Sandmagerrasen sehr ähnlich.

Entstehung: Sie entstanden zu Beginn der Nacheiszeit in der Regel an den östlichen bzw. nordöstlichen Rändern der diluvialen Urstromtäler mit den Schmelzwasserströmen und anschließender Verlagerung der Flugsande. Entwaldung und vor allem Schafweide während des Mittelalters setzte die Dynamik offener Sandflächen mit Pioniercharakter und Windverlagerung wieder in Gang (Ellenberg 1996).

Standortfaktoren: Die Sande zeichnen sich durch pH-Werte von pH 3,2-4,6 aus, sind kolloid- und nährstoffarm und sehr durchlässig. Wie bei den Sandmagerrasen spielen Windabtragung und Austrocknung eine maßgebliche Rolle. Oft erfolgt die Erstbesiedlung durch höhere Pflanzen, da langsamwüchsige Kryptogamen ruhende Substrate brauchen, um sich entwickeln zu können. In offenen, nicht zu stark bewegten Flugsanddünen keimt *Corynephorus canescens L.*, bildet Horste und häuft den Sand zu kleinen Buckeln an, die mehr und mehr bestockt werden und so den Sand verfestigen und anderen Arten die Ansiedelung ermöglichen (Ellenberg 1996). „Auf den offenen Sanddünen wachsen lückige, wärme- und trockenheitsliebende, lichtbedürftige und daher konkurrenzschwache Pionierfluren“ (Pott 1996).

Pflanzenphysiologische Anpassungen: Für die entsprechenden physiologischen Anpassungen der Pflanzen gelten die gleichen Faktoren wie in 2.2 aufgelistet.

Störung und Sukzession: Die Sukzession schreitet mit zunehmender Verdichtung des Sandes und Humusakkumulation (Frey & Lösch 2004) von den Silbergrasfluren (Spergulo-Corynaephoretum mit *Spergula vernalis auct non Will.*, *Carex arenaria L.* und *Jasione montana L.* zu den Sandhalbtrockenrasen und Sandheiden bis hin zu den Sandkiefernwäldern voran (Ellenberg 1996), wenn die Flächen nicht durch Störungen wie Tritt oder Windwurf ihre „patch dynamics“, das bedeutet in diesem Fall ihren Offenheitscharakter, behalten (Jentsch 2001).

3. Pflanzensoziologische Einordnung

3.1 Kiefernwälder

Die Einteilung der Kiefernwälder auf Sand nach Oberdorfer (1992) wird im Folgenden bis zum Unterverband mit den lateinischen und deutschen Bezeichnungen der jeweiligen Einheiten schematisch dargestellt. Letzten Endes werden die bodensauren Kiefernwälder nur durch einen Unterverband genauer charakterisiert, deshalb wird auf die weitere Aufteilung der übergeordneten Einheiten nicht näher eingegangen.

Klasse:	Vaccinio-Piceetalia (Br.Bl.): Boreal-alpine Nadelwälder und Zwergstrauchgesellschaften
Ordnung:	Piceetalia abietis (Pawl.): Boreal-alpine Nadelwälder und subalpin-alpine Zwergstrauchgesellschaften
Verband:	Dicrano-Pinion (Matusz.): Moos-Kiefernwälder
Unterverband:	Dicrano-Pinenion suball.nov.: boreal-kontinentaler Unterverband der bodensauren Kiefernwälder auf basenarmen Sandböden
Charakterarten:	<i>Pinus sylvestris L.</i> , <i>Dicranum spurium Hedw.</i> , <i>Dicranum rugosum Funck</i> (Pott 1996)

3.2 Silikatrasen und Binnendünen

Die pflanzensoziologische Gliederung der Sand- und Silikatrasen folgt Oberdorfer (1993). Sie grenzen sich durch die pH-Werte ihres Substrats von den Kalkmagerrasen ab. Die Pflanzengesellschaften, die direkt an silikatische Felsstandorte gebunden sind werden der Vollständigkeit halber hier aufgelistet, wegen ihres Sonderstatus, der sie von den anderen Einheiten trennt jedoch in der weiteren Ausarbeitung nicht weiter behandelt. Die Vegetation der Binnendünen ist im System mit einbegriffen.

Die tabellarische Darstellung umfasst lateinische und deutsche Bezeichnungen, eine Auswahl der Charakterarten sowie eine kurze Beschreibung der Einheiten.

Klasse:	Sedo-Scleranthetea (Br.BI)
	Mauerpfeffer-Triften, Sandrasen, Felsgrus- und Felsbandgesellschaften
	Charakterarten: <i>Androsace septentrionalis</i> L., <i>Erophila verna</i> L., <i>Jasione montana</i> L., <i>Sedum acre</i> L., <i>Scleranthus perennis</i> L.
	Lückige, wärme- und trockenheitsliebende, ausgesprochen heliophile Pioniergesellschaften trocken-warmer Standorte. Primär auf Sonderstandorten und voll besonnten Felsköpfen oder Flugsanddünen, sekundär auf Brachen, in Steinbrüchen, Sand- und Kiesgruben; angepasst an extreme Standortsbedingungen wie Flachgründigkeit und Durchlässigkeit des Bodens, hochgradige sommerliche Erhitzung und Austrocknung des Standorts

1.Ordnung:	Thero-Airetalia (Oberd.)
	Kleinschmielenrasen, Nur ein Verband: Thero-Airion (Tx)
	Charakterarten: <i>Aira caryophylla</i> L., <i>Aira praecox</i> L., <i>Teesdalia nudicaulis</i> R.Br., <i>Scleranthus polycarpus</i> L., <i>Vulpia bromoides</i> Gray, <i>Vulpia myurus</i> C.C. Gmel
	Kleinwüchsige, auf offenen sauren Fels-, Kies- und Sandböden siedelnde Therophytengesellschaften, auf Sand in Kontakt zu Silbergrasfluren, jedoch hauptsächlich auf felsigen und kiesigen Böden ohne <i>Corynephorion</i> – Arten

Die Thero-Airetalia leben auf verdichteten, humusarmen, nicht mehr bewegten Sandböden, vereinzelt auch auf sandig-grusigen Felsoberflächen (Willmanns 1984).

2.Ordnung:	Coryneporetalia canescentis (Klika)
	Silbergrasreiche Pionierfluren und Sandrasen
	Charakterarten: <i>Carex arenaria</i> L., <i>Carex ligERICA</i> J. Gay, <i>Corynephorus canescens</i> L., <i>Thymus serpyllum</i> L., <i>Viola tricolor</i> ssp. <i>Curtisii</i> Syme
	Erstbesiedler loser Dünensande besonders auf Flugsanddünen in Mitteleuropa (Binnendünen)

Die Coryneporetalia schließen sowohl atlantische als auch kontinentale Rasen auf noch leicht bewegten Sanden ein. (Willmanns 1984)

Verband:	Corynephorion canescentis (Klika)
	Silbergrasfluren
	Charakterarten: <i>Cornicularia stuppea</i> , <i>Spergula morisonii</i> Boreau
	Erstbesiedler kalk- und humusarmer Flugsande

Verband:	Sileno conicae -Cerastion semidecandri (Korneck)
	Kegelleimkraut – Sandhornkrautgesellschaften
	Charakterarten: <i>Cerastium diffusum</i> Pers. <i>S. str.</i> , <i>Cerastium desidecandrum</i> , <i>Silene conica</i> L.
	Therophytengesellschaften offener, basenreicher meist kalkführender Küsten – und Binnendünen.

Verband:	Koelerion glaucae (Volk)
	Blauschillergrasfluren
	Charakterarten: <i>Alyssum montanum</i> ssp. <i>Gmelinii</i> Thell., <i>Jurinea cyanoides</i> Rchb., <i>Koeleria glauca</i> DC
	Extrazonal und reliktiertig im Bereich thermophiler Kiefernwälder vorkommende <i>Koeleria glauca</i> -reichen Sandfluren

3.Ordnung:	Sedo-Scleranthetalia (Br. – Bl.)
	Felsgrus- und Felsbandgesellschaft
	Charakterarten: <i>Allium strictum</i> Schrad., <i>Sedum acre</i> L., <i>Cerastium pumilum</i> Curtis s. str., <i>Erophila praecox</i> DC, <i>Thymus humifusus</i> Bernh. ex Rchb., nom. illeg. (nom. superfl.)
	An felsige Standorte gebunden, Sandpflanzen fehlen vollkommen

Die Sedo-Scleranthetalia leben primär auf Fels, wo sie allmählich Humus und Feinerde bilden und sammeln. (Willmanns 1984)

Verband:	Sedo-Scleranthion (Br. – Bl.)
	Alpine und pyrenäische Fetthennen- und Hauswurzgesellschaften
	Charakterarten: <i>Sedum annuum</i> L., <i>Silene rupestris</i> L.
	Verbreitungsschwerpunkt in Süd- und Zentralalpen auf Silikatfelsbuckeln und -köpfen

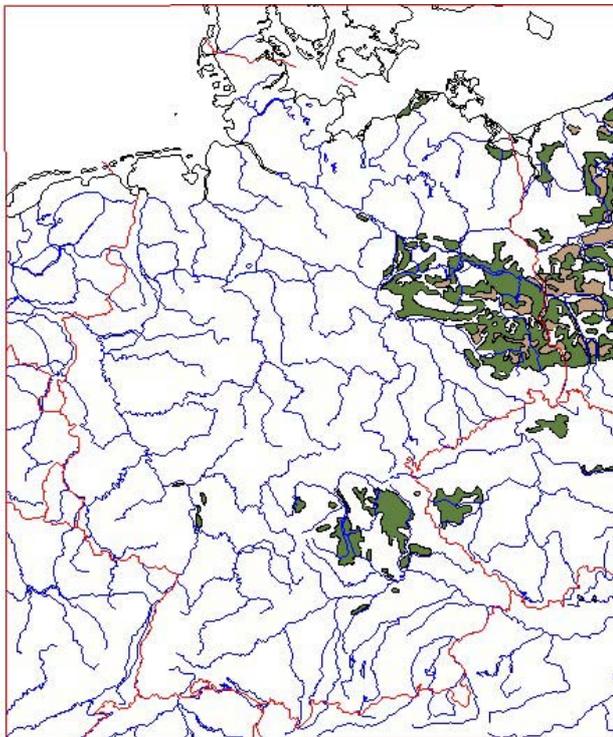
Verband:	Sedo albi-Veronicion dilenii (Oberd.)
	Thermophile kolline Silikat-Felsgrus-Gesellschaften
	Charakterarten: <i>Androsace elongata</i> L., <i>Spergula pentandra</i> L., <i>Scleranthus collinus</i> Hornung
	Auf kalkarmen mineralkräftigen Silikatgesteinsböden trocken-warmer Standorte in der kollinen Stufe

Verband:	Festucion pallentis (Klika)
	Bleichschwengel-Felsbandfluren
	Charakterarten: <i>Allium flavum</i> L., <i>Alyssum montanum</i> ssp. <i>montanum</i> ., <i>Melica ciliata</i> L.
	Auf schmalen Simsen und kleinen Vorsprüngen an steilen Felswänden, meist Dauerbesiedler dieser Extremstandorte

Verband:	Alysso alyssoidis-Sedion albi (Oberd. u. Th. Müller)
	Thermophile süd- mitteleuropäische Kalkfelsgrusgesellschaften
	Charakterarten: <i>Alyssum alyssoides</i> L., <i>Cerastium brachypetalum</i> agg., <i>Thlaspi perfoliatum</i> L. , <i>Minuartia fastigiata</i> Rchb.
	auf Kalkfelsköpfen trocken-warmer Standorte; silikatholde Arten fehlen

4. Verbreitung

Sandkiefernwälder finden sich auf konsolidierten Binnen – und Küstendünen und mageren Sandstandorten als letztes Stadium der Sukzession. Oft wurden sie zur Aufforstung gepflanzt, um die sonst für die Landwirtschaft unrentablen Standorte zu nutzen. Ihr natürliches Verbreitungsgebiet (Abb. 1) erstreckt sich aufgrund der in 2.1 erwähnten Kontinentalität vom nordostdeutschen Tiefland aus Richtung Osten (Pott 1996).



- Bodensaure, zwergstrauch- und flechten- reiche Kiefernwälder auf Sand und Silikatgestein (vorwiegend ostmittel-europäisches Tiefland)
- Bodensaure, zwergstrauch- und moosreiche Eichen- und Kiefern-Eichenwälder im ost-mittleuropäischen Tief- und Hügelland auf Sand

Abbildung 1: Potentielle natürliche Verbreitung bodensaurer Kiefernwälder (www.floraweb.de)

Sandmagerrasen- und Binnendünenvegetationskomplexe finden sich in diluvialen Schwemm- und Flugsandgebieten in Norddeutschland, im Rheintal von Karlsruhe bis ins Mainzer Becken, im Regnitz- und Maintal sowie auf den Flächen natürlicher Sandsteinverwitterung (Quinger & Meyer 1995).

Ihre Ausdehnung spiegelt sich in der Verbreitungskarte der Charakterart *Corynephorus canescens* L. in Abb. 2 wieder.

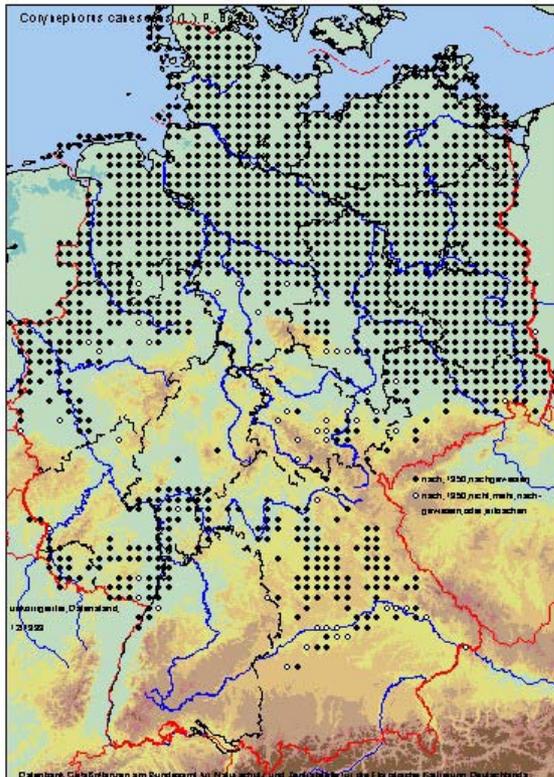


Abbildung 2: Aktuelle Verbreitung der Vorkommen von *Corynephorus canescens* L. (www.floraweb.de)

5. Gefährdung und Schutz

Der folgende Abschnitt bezieht sich auf die in Abschnitt 2 vorgestellte Einheiten der Sandmagerrasen sowie der Binnendünen. Diese spielen im Gegensatz zu den Sand-Kiefernwäldern in der aktuellen Diskussion um konservierenden Biotopschutz und konzeptionellem Prozessschutz der natürlichen Sukzessionsdynamik neben den Kalkmagerrasen eine wesentliche Rolle.

5.1 Gefährdungsstatus

Pott (1996) beschreibt die Sandmagerrasen als „allesamt vom Aussterben bedroht“, Quinger & Meyer (1995) verzeichnen einen Flächenrückgang der Sandökosysteme um 95 %, wobei zu beachten ist, dass die bloße Anzahl der dadurch gefährdeten Arten zwar nicht so hoch ist wie die der Kalkmagerrasenarten, die Arten selbst jedoch aufgrund ihrer stenöken Standortbindung in höherem Maße von ihren Lebensgemeinschaften abhängen.

In der folgenden Tabelle ist der Gefährdungsstatus einiger typischer Arten herausgestellt

<i>Androsace elongata</i> L.	Vom Aussterben bedroht
<i>Alyssum montanum</i> ssp. <i>Gmelinii</i> Thell.	Vom Aussterben bedroht
<i>Aira caryophyllea</i> L.	Stark gefährdet
<i>Aira praecox</i> L.	Stark gefährdet
<i>Helichrysum arenarium</i> Moench.	Stark gefährdet
<i>Corynephorus canescens</i> L.	Gefährdet
<i>Teesdalia nudicaulis</i> R.Br.	Gefährdet

(Nach Quinger & Meyer 1995))

Sowohl der Sandkiefernwald als auch Binnendünen gehören zu den gefährdeten Biotoptypen in Deutschland, silikatische Trockenrasen sind sogar stark gefährdet (Riecken et al. 1994).

5.2 Gefährdungsursachen

Die Ursachen der Gefährdung magerer Sandrasen- und Binnendünengesellschaften lassen sich grundsätzlich in zwei Bereiche gliedern. Als vom Menschen mitgestaltetes Ökosystem führen einerseits passive Nutzungsänderung und -aufgabe zu einem Verschwinden zahlreicher typischer Arten. Andererseits bewirkt der Mensch mit seinen Ansprüchen nach Ressourcen und Raum, dass Sandbiotope in der Landschaft immer seltener werden.

Galten Sandflächen früher als Mangelstandorte für die Landwirtschaft nicht als rentabel, so werden sie heute in vielen Fällen mit entsprechender Düngung sowohl land- als auch forstwirtschaftlich genutzt.

Bei der Baulandsausweisung für Gewerbegebiete und Wohnsiedlungen wurden sie zugunsten der für die Landwirtschaft wertvolleren Lehmböden bevorzugt. Außerdem dienen sie als Militärübungsplätze, Kleingartenanlagen, Mülldeponien (Quinger & Meyer 1995), Kies- und Sandgruben sowie für Freizeitaktivitäten wie z.B. Motocross.

Die Aufgabe der bisherigen Nutzung kann jedoch auch ein Verschwinden der typischen Vegetationseinheiten mit sich führen. Dies ist z. B. bei der Aufgabe von Truppenübungsplätzen der Fall. Die Fahrspuren der Militärfahrzeuge sorgten immer wieder dafür, dass der Boden aufgerissen wurde und die notwendige Dynamik zur Etablierung von Pionierarten gewährleistet blieb (Jentsch 2001). Eine fehlende Dynamik, die Konsolidierung der Sande und die Humusanreicherung im Boden bewirkt zwar das natürliche Aufkommen von Gehölzen und Büschen, andererseits jedoch Ruderalisierung und „Vergrasung durch monodominante Gräser wie *Elymus repens* L. und *Calamagrostis epigejos* L., deren Ausbreitung mit atmogenen Stickstoffimmissionen in Verbindung gebracht wird“ (Bergmann 2003).

Eutrophierung ist nicht nur bei Nutzungsaufgabe einer der wichtigsten Gefährdungsfaktoren für die verbliebenen Bestände (Elsner 2001). Die langfristige Stickstoffanreicherung führt zur Verdrängung charakteristischer Arten durch nitrophilere Pflanzen besonders bei mageren bis halbmageren Bodenverhältnissen (Bobbink 2004) „Ein Großteil der Rote Liste Arten offener Sandmagerrasen besitzen ein geringes Konkurrenzpotential, so dass sie, sobald die

Nährstoffgehalte steigen, von Ruderalarten verdrängt werden“ (Jentsch 2001) oder verbuschen.

Ein weiterer Gefährdungsfaktor in diesem Zusammenhang ist die Einwanderung der Robinie, die als Leguminose ihre Standorte durch N-Fixierung physikochemisch verändert (Quinger & Meyer 1995) und den Sukzessionsablauf beschleunigt bzw. die Magerarten ganz verdrängt.

Letzten Endes liegt in der Abnahme der Flächen selbst eine Gefährdung begründet, da die geographische Isolierung der einzelnen Biotope voneinander den Austausch der genetischen Ressourcen von Flora und Fauna schmälert oder ganz verhindert (Rohde 1994).

5.3 Schutz und Landschaftspflege

Zehm et al. (2001) begreifen Sandstandorte als „Modellsysteme für einen modernen Naturschutz, da sie sich nur durch ein Gesamtkonzept erhalten lassen, das dynamische Prozesse sichert- einschließlich notwendiger Störungen“. Das bedeutet, dass entsprechende Flächen nicht nur unter Schutz zu stellen sind, sondern auch einer entsprechenden Pflege bedürfen.

Das Offen-Lassen vormals in eine gewisse Störungsdynamik eingebundener Flächen wie z. B. von Flächen, die für die Beweidung oder als Militärübungsplatz genutzt wurden, würde vor allem vor dem Hintergrund einer verbesserten Nährstoffversorgung zu einer Verdrängung der Pflanzengesellschaften durch konkurrenzkräftigere Arten führen (Quinger & Meyer 1995):

„Bei einer verbesserten Nährstoffversorgung werden die Pflanzengesellschaften der Sandrasen und Sandfluren über kurz oder lang von konkurrenzkräftigeren, jedoch anspruchsvolleren Pflanzenbeständen verdrängt. Die gegen eine verbesserte Nährstoffversorgung empfindlichen, weil konkurrenzschwachen Sand- Lebensgemeinschaften werden deshalb durch nährstoffentziehende Nutzungen gegenüber wüchsigeren, jedoch anspruchsvolleren Konkurrenten gefördert. [...] Als Pflegemaßnahmen bietet sich die Mahd zur Bekämpfung des Landreitgrases und der kanadischen Goldrute an.[...] Ebenso kann an ruderalisierten und eutrophierten Stellen, an denen die Sandrasen-Vegetation bereits verdrängt ist, zweimal im Jahr gemäht werden, um Aushagerungen zu erreichen“ (Quinger & Meyer 1995).

Projekte zur Sicherung und Bestandesentwicklung wurden bereits mit Erfolg durchgeführt (vgl. Elsner 2001). Des Weiteren bietet sich die Möglichkeit des gezielten Anlegens von Pionierflächen, um dem allmählichen Verschwinden von Offensandflächen entgegenzuwirken.

Um für landschaftspflegerische Projekte die Unterstützung der Allgemeinheit zu gewinnen, ist eine breit angelegte Öffentlichkeitsarbeit, wie sie z.B. in der Sandachse Franken betrieben wird, von Vorteil (vgl. www.sandachse.de)

6. Aktuelle Forschung

Im folgenden Abschnitt wird ein Ausschnitt der aktuellen Forschung, die im Moment in Deutschland zu Silikat- und Sandmagerrasen betrieben wird, vorgestellt.

Eine Forschergruppe der Uni Bielefeld untersucht grundlagenorientierte Aspekte zu Konkurrenz, Standort und Störung und Keimlingsetablierung.

Das lokale Vorkommen des Flugsandgebiets „Mainzer Sande“ bietet ideale Voraussetzungen für die an Naturschutz und Landschaftspflege orientierten Projekte zu Samenbanken und Beweidung der TH Darmstadt.

In den neuen Bundesländern dagegen wird die Wiederherstellung und Neubegründung von Magerrasenbiotopen bei der Renaturierung von Bergbaufolgelandschaften erforscht.

6.1 Sukzession und Störung:

Weigelt, A., Steinlein, T., Beyschlag, W. (2005): Competition among three dune species: the impact of water availability on below – ground processes, *Plant Ecology* 176, p. 57-68

Wasser stellt in offenen Grünlandökosystemen einen limitierenden Faktor dar. Es wurde untersucht, welchen Einfluss eine erhöhte Wasserverfügbarkeit in Bezug auf oberirdische Biomasseproduktion und auf das Wachstum im Wurzelraum auf die Konkurrenz zwischen den Arten *Corynephorus canescens L.*, *Carex arenaria L.* und *Hieracium pilosella L.* hat. Dabei ergab sich, dass Wassermangel zu einem größeren Wurzel/Sproß – Verhältnis und eine dadurch erhöhte Konkurrenz einer durchschnittlichen Gesamtbiomassereduktion von über 50% führt, wobei sich *Hieracium pilosella L.* bei besserer Wasserverfügbarkeit als der schwächste Konkurrent herausstellte. Mit zunehmenden Stickstoffgehalten sank die Konkurrenzfähigkeit von *Corynephorus canescens L.* .

Jentsch, A., Beyschlag, W., Nezadal, W., Steinlein, T., Weiß, W. (2002): Bodenstörung – treibende Kraft für die Vegetationsdynamik in Sandlebensräumen: Konsequenzen für Pflegemaßnahmen im Naturschutz, *Naturschutz und Landschaftsplanung* 34 (2/3), S. 37-44

Für die Offenhaltung von Sandlebensräumen sind kleinräumige Störungen durch Ameisen, Tritt, Fahrspuren oder Landschaftspflegemaßnahmen notwendig, um die Keimlingsetablierung von Pionierarten zu ermöglichen. Experimentelle Bodenstörungen bewirken einen kurzfristigen Anstieg des pflanzenverfügbaren Nitrats, das von den Keimlingen genutzt wird.

Bank, P., Bemmerlein-Lux, F., Böhmer, H.J. (2001): Übertragung von Sandmagerrasen durch Soden, Diasporenbank oder Heuauftrag? Ergebnisse aus neun Jahren Dauerbeobachtung, *Naturschutz und Landschaftsplanung Zeitschrift für angewandte Ökologie* 34, Heft 2-3, S. 60-66

Seit Sommer 1991 wurde im Stadtgebiet Nürnberg die Entwicklung der für Silikatsande typischen Pioniergesellschaften nach verschiedenen Maßnahmen (Einbringen von Soden, Heublumensaat, Einbringen der Diasporenbank von Sandgrasheiden, Ansaat gesammelter Samen) untersucht. Mit den Maßnahmen Sodenverpflanzung und Samenbank können in wenigen Jahren Ergebnisse erzielt werden, die dem angestrebten Vegetationstyp Sandgrasheide gut entsprechen. Allerdings setzen rasch Prozesse ein, die zu einer deutlichen Dominanz von Gräsern und der Verdrängung heliophiler Arten führen. Diese Vergrasung lässt sich durch eine Pflegemahd stoppen, setzt jedoch nach wenigen Jahren wieder ein. Die Entwicklung nach den Maßnahmen Heublumensaat und gesammelte Samen verläuft ähnlich, aber langsamer.

Jentsch, A. & Beyschlag, W. (2003): Vegetation Ecology of dry acidic grasslands in the lowland area of central europe, *Flora* 198, p. 3-25

In dem Review werden die Ergebnisse zur Sandökosystemforschung als Übersicht zusammengefasst: Langjährige Nutzung führte zu mosaikartigen Flächen, die von geringer

Nährstoff- und Wasserverfügbarkeit und niedrigen pH – Werten des Substrats gekennzeichnet sind. Störung ist ein wesentlicher Faktor, der die Sukzessionsdynamik der Pflanzengesellschaften aufrecht erhält und notwendig ist, um vielen seltenen Arten, die keine langfristige Samenbank aufbauen, Rückzug zu gewähren.

6.2 Beweidung und Landschaftspflege

Stroh, M., Storm, C., Zehm, A., Schwabe, A. (2002): Restorative Grazing as a tool for directed succession with diaspore inoculation: The model of sand ecosystems, *Phytocoenologia* 32 (4), p.595-625

Es wurde untersucht, welche Effekte Beweidung und Diasporenauftrag bei der Restaurierung eutrophierter Sandökosysteme haben. Auf Flächen, die nur beweidet wurden, ließ sich der Trend zur Ruderalisierung nicht unterdrücken, obwohl sowohl Esel als auch Schafe deutliche Präferenzen für stickstoffhaltigere Pflanzen zeigten. Nur in Kombination mit Samenaufbringung durch gemähtes Material oder Heusoden stellte sich die erzielte Artenkombination magerer Sandrasen ein.

Zehm, A., Storm, C., Nobis, M., Gebhardt, S., Schwabe, A. (2001): Beweidung in Sand-Ökosystemen – Konzept eines Forschungsprojektes und erste Ergebnisse aus der nördlichen Oberrheinebene, *Naturschutz und Landschaftsplanung Zeitschrift für angewandte Ökologie* 34, Heft 2-3, S.67-73

Offene Sandrasen, Pionierfluren und Sand – Kiefernwälder unterliegen bei fehlender Nutzung (z.B. ehemaliger Streuentnahme) und verstärkten atmosphärischen Stickstoffemissionen der Ruderalisierung durch die Massentwicklung nitrophilerer Arten wie *Rubus fruticosus agg.*, *Urtica dioica L.* oder *Calamagrostis epigejos (L.) Roth.* Im Rahmen eines BMBF – Projektes wurde der Einfluss von Beweidung auf die Dynamik von Sandökosystemen untersucht. Dabei zeigte sich, dass deutliche Fraßpräferenzen zu monodominanzbildenden Arten mit hohem Stickstoffgehalt existieren und eine Reihe gefährdeter, sand-spezifischer Arten gemieden werden.

6.3 Restauration von Bergbaufolgelandschaften

Schulz, F. & Wiegand, G. (2000): Development options of natural habitats in a post- mining landscape, *Land Degradation & Development* 11, p. 99-110

Nach dem Niedergang des mitteldeutschen Braunkohletagebaus wurden 15% der Flächen der Abbaugelände (ca. 4900 ha) für den Naturschutz vorgesehen. Für ihr Management eröffnen sich die Alternativen

- Prozessschutz
- Erhalt der Biodiversität durch Landschaftspflegemaßnahmen

Die Diskussion um den Erhalt der Kulturlandschaft bzw. eine Rückkehr zum Zustand vor dem Braunkohleabbau ist irrelevant, da eine definierte Ausgangssituation nicht existiert und wenn, dann wäre diese unmöglich zu restaurieren.

Es ist zu beachten, dass sich auf sandigen, bodensauren Flächen psammophytische Grasfluren entwickelt haben, die viele seltene und gefährdete Arten beherbergen und Trittsteine für eine weitere Kolonialisierung darstellen.

Fromm, A., Jakob, S., Tischew, S.(2002): Sandtrockenrasen in der Bergbaufolgelandschaft – Syntaxonomische und experimentelle Ansätze, Naturschutz und Landschaftsplanung 34 (2/3), S. 45 – 51

Auf den ehemaligen Tagebauflächen des mitteldeutschen Braunkohlereviere „Goitzsche“ konnten sich auf sandigen, grundwasserfernen Standorten großflächig Silbergraspionierfluren und Sandtrockenrasen etablieren. Durch die Verkippung entstand ein Mosaik aus Flächen verschiedener Substrateigenschaften auf engstem Raum, das konkurrenzschwachen Arten langfristig Rückzugsstandorte bietet, da sich auf den extrem sauren Standorten außer den Silbergraspionierfluren nur wenige andere Arten halten können, der Sukzessionsprozess stagniert.

Das Arteninventar der Umgebung spielt bei Neubesiedlungsprozessen eine wichtige Rolle, die bereits etablierten Trockenrasen bereits älterer Kippenflächen dienen als Samenpool und Trittsteinbiotope.

Für das Management der Flächen in den folgenden Jahren bieten sich die Alternativen Prozessschutz und Erhalt der Biodiversität durch landschaftspflegemaßnahmen.

7. Quellen

BANK, P., BEMMERLEIN-LUX, F., BÖHMER, H.J. (2001): Übertragung von Sandmagerrasen durch Soden, Diasporenbank oder Heuauftrag? Ergebnisse aus neun Jahren Dauerbeobachtung, Naturschutz und Landschaftsplanung Zeitschrift für angewandte Ökologie 34, Heft 2-3, S. 60-66

BERGER-LANGFELDT, U. & SUKOPP, H. (1965): Zur Synökologie der Sandtrockenrasen, insbesondere der Silbergrasflur, in **SUKOPP, H.** (Hrsg. (1965): Verhandlungen des Botanischen Vereins der Provinz Brandenburg 102, Berlin, S. 41-91

BERGMANN, S. (2003): Zum Nährstoffhaushalt in Sandökosystemen der nördlichen Oberrheinebene: Sukzession, Ruderalisierungsprozesse und Effekte von Schafbeweidung, Dissertation, Technische Universität Darmstadt

BOBBINK, R., HORNUNG, M., ROELOFS, J.G.M. (2004): The effects of air-borne nitrogen pollutants on species diversity in natural and semi-natural European vegetation, Journal of Ecology 86, S. 717-738

EICHBERG, C. (2005): Plant diaspore pools and processes in inland sand ecosystems: soil seed banks, epi- and endozoochory, Dissertation, Technische Universität Darmstadt

ELLENBERG, H. (1996): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen, 3. Auflage, Ulmer-Verlag, Stuttgart

ELSNER, O. (2001): Das LIFE-Projekt „Sicherung und Entwicklung des Bestandes von *Jurinea cyanoides* (L.) Rchb. in den Sandgrasheiden bei Volkach“ zum Schutze der Sandsilberscharte und ihrer Lebensräume, Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, Heft 156, Beiträge zum Artenschutz 23, S.175-186

FREY, W. & LÖSCH, R. (2004): Lehrbuch der Geobotanik: Pflanze und Vegetation in Raum und Zeit, 2. Auflage, Elsevier, München

FROMM, A., JAKOB, S., TISCHEW, S. (2002): Sandtrockenrasen in der Bergbaufolgelandschaft – Syntaxonomische und experimentelle Ansätze, Naturschutz und Landschaftsplanung 34 (2/3), S. 45 – 51

GLAVAC, V. (1996): Vegetationsökologie, Gustav – Fischer – Verlag, Jena

JENTSCH, A. (2001): The Significance of Disturbance for vegetation Dynamics- A Case Study in Dry Acidic Grasslands, Dissertation, Universität Bielefeld

JENTSCH, A., BEYSCHLAG, W., NEZADAL, W., STEINLEIN, T., WEIß, W. (2002): Bodenstörung – treibende Kraft für die Vegetationsdynamik in Sandlebensräumen: Konsequenzen für Pflegemaßnahmen i m Naturschutz, Naturschutz und Landschaftsplanung 34 (2/3), S. 37-44

JENTSCH, A. & BEYSCHLAG, W. (2003): Vegetation Ecology of dry acidic grasslands in the lowland area of central Europe, Flora 198. S. 3-25

OBERDORFER, E.(1992): Süddeutsche Pflanzengesellschaften/4, Wälder und Gebüsch, 2. Auflage, Fischer-Verlag, Stuttgart

OBERDORFER, E. (1993): Süddeutsche Pflanzengesellschaften /2, Sand- und Trockenrasen, Heide- und Borstgrasgesellschaften, alpine Magerrasen, Saum-Gesellschaften, Schlag- und Hochstauden-Fluren, 3. Auflage, Fischer-Verlag, Stuttgart

POTT, R. (1996): Biotoptypen – Schützenswerte Lebensräume Deutschlands und angrenzender Regionen, Ulmer-Verlag, Stuttgart

QUINGER, B. & MEYER, N. (1995): Landschaftspflegekonzept Bayern, Band II.4 Lebensraumtyp Sandrasen, Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen, München

RIECKEN, U., RIES, U., SSYMANK, A. (1994): Rote Liste der gefährdeten Biotoptypen der Bundesrepublik Deutschland, Bundesamt für Naturschutz, Bonn – Bad Godesberg

ROHDE, U.(1994): Gefahren für Sandrasen und Binnendüne, in Die Sandhausener Dünen – Naturkundliche Beiträge zu den Naturschutzgebieten „Pferdstrieb“ und „Pflege Schönaugalgenbuckel“, Beihefte zu den Veröffentlichungen für Naturschutz und Landschaftspflege Baden-Württemberg 80, Karlsruhe, S. 349 – 352

SCHULZ, F. & WIEGLEB, G. (2000): Development options of natural habitats in a post-mining landscape, Land Degradation & Development 11, S. 99-110

STROH, M., STORM, C., ZEHM, A., SCHWABE, A. (2002): Restorative Grazing as a tool for directed succession with diaspore inoculation: The model of sand ecosystems, *Phytocoenologia* 32 (4), S.595-625

WALENTOWSKI, H., EWALD, J., FISCHER, A., KÖLKING, C., TÜRK, W. (2004): Handbuch der natürlichen Waldgesellschaften Bayerns – Ein auf geobotanischer Grundlage entwickelter Leitfaden für die Praxis in Forstwirtschaft und Naturschutz, Verlag Geobotanica, Freising

WALTER, H.(1986): Allgemeine Geobotanik als Grundlage einer ganzheitlichen Ökologie, 3. Auflage, Ulmer-Verlag, Stuttgart.

WEIGELT, A. (2001): Plant competition on inland dunes: influence of water availability, nitrogen supply and the role of belowground processes, Dissertation, Universität Bielefeld

WEIGELT, A., STEINLEIN, T., BEYSCHLAG, W. (2005): Competition among three dune species: the impact of water availability on below-ground processes, *Plant Ecology* 176, S. 57-68

WILLMANNS, O.(1984): Ökologische Pflanzensoziologie, 3. Auflage, Quelle & Meyer, Stuttgart

ZEHM, A., STORM, C., NOBIS, M., GEBHARDT, S., SCHWABE, A. (2001): Beweidung in Sand- Ökosystemen – Konzept eines Forschungsprojektes und erste Ergebnisse aus der nördlichen Oberrheinebene, *Naturschutz und Landschaftsplanung Zeitschrift für angewandte Ökologie* 34, Heft 2-3, S.67-73

www.floraweb.de [Aufrufdatum: 4.12.2006]

www.sandachse.de [Aufrufdatum 11.12.2006]

Subalpine Vegetation und montane Waldgesellschaften



Seminar „Spezielle Geobotanik“ im WS 2006/2007

Carolin Stöhr

Hinweis: Die Formatierung der Abbildungsunterschriften entspricht nicht den Standards des Lehrstuhl Biogeografie! Die gilt auch für das Quellenverzeichnis.

Gliederung

1. Einleitung

2. Vegetationseinheiten und Ökologie

2.2 Montane Waldgesellschaften

2.3 Subalpine Stufe

2.3.1 Waldgesellschaften

2.3.2 Krummholz- und Zwergstrauchgesellschaften

2.3.3 Hochstaudenfluren und Grünerlengebüsche

2.2.4 Subalpine Rasengesellschaften

3. Pflanzensoziologische Einteilung

4. Gefährdung

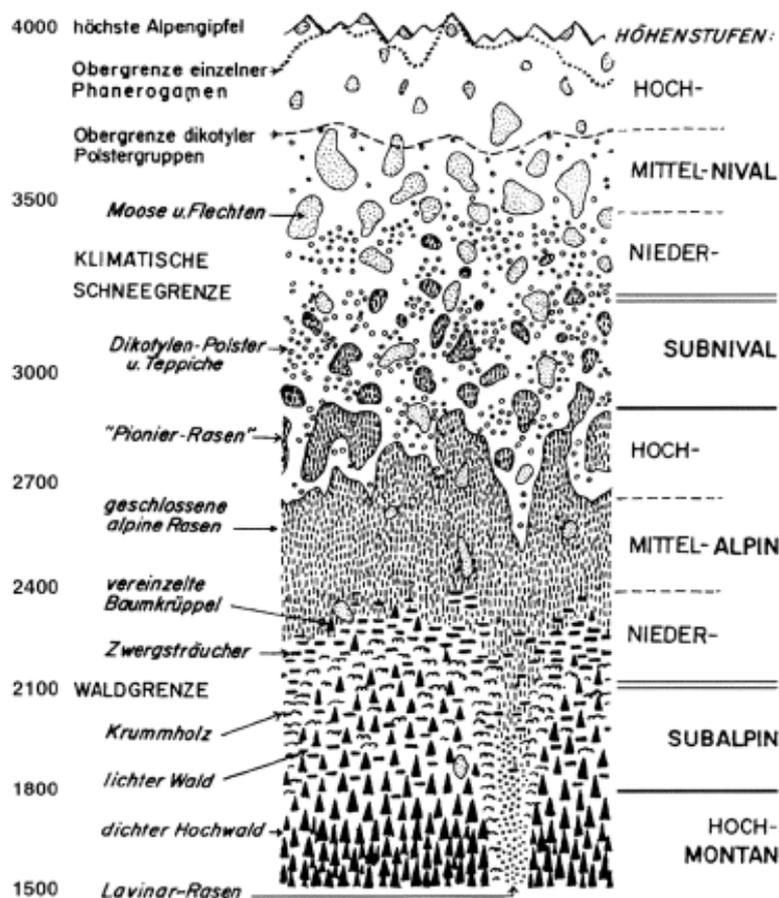
5. Wissenschaftliche Artikel

6. Anhang

1. Einleitung

Das Gebiet der Alpen gliedert sich in die höheren West- und die niedrigeren Ostalpen. Die Ostalpen werden außerdem noch in Nördliche und Südliche Kalkalpen und in eine kristalline Zentralzone unterteilt. Bestimmend für die Einteilung der Alpenvegetation in Höhenstufen sind die mit der Höhe zunehmend extremeren Standortbedingungen. Der geologische Untergrund und die damit verbundene Bodenbildung führen zu einer weiteren Differenzierung der Alpenvegetation bezüglich Kalk- und Silikatstandorten. Das zunehmend kontinentale Klima der Zentralalpen äußert sich in der Verschiebung des Vegetationsgürtels mit der Höhe.

Die unten abgebildete Grafik stellt die Höhenstufung der oberen montanen bis zur nivalen Stufe dar. Die Zone der montanen Waldgesellschaften wird nach oben hin von der subalpinen Krummholz- oder Kampfwaldgesellschaft abgelöst. Diese wird von einem breiten Bereich von Zwergsträuchern überlagert und endet mit der Baumgrenze. Daran schließen sich erst geschlossene Rasenflächen und weiter oben von Schuttfeldern unterbrochene Rasenflecken an, die in den obersten Bereichen der Alpen in Fels- und Schuttfelder übergehen.



Vegetationsprofil der Alpen nach REISIGL/PITSCHMANN (1958) und STRASBURGER (1978)

Im Folgenden möchte ich auf drei Begriffe, die für die subalpine Vegetation von Bedeutung sind, näher eingehen und den oben erwähnten Einfluss des Untergrundgesteins bezogen auf die alpine Vegetation erläutern.

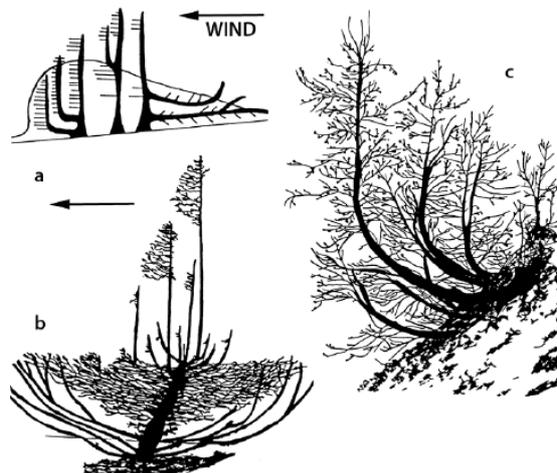
Die Waldgrenze stellt die Obergrenze mehr oder weniger geschlossener Baumbestände von mindestens 2m Höhe dar. Darunter zu verstehen ist ein etwa 600 m breiter Streifen, der im Bereich der subalpinen Stufe liegt und in den Westalpen zwischen 1800 und 2400 m und in den Ostalpen zwischen 1500 und 2100 m angesiedelt ist (MERTZ 2000).

Sie wird unterschieden von der Baumgrenze, die als Obergrenze einzelner Bäume von 2m Wuchshöhe beschrieben wird. Die Verbindungslinie der obersten Baumindividuen wird auch als Krüppelgrenze benannt. Diese Grenzen, über die Bäume aufgrund der extremen Standortbedingungen nicht steigen können, sind entweder natürlich bedingt oder sie werden vom Menschen und seinem Vieh gesetzt. Ursachen natürlicher Baumgrenzen können laut KÖSTLER und MAYER (1970) nach allgemeinklimatischen, lokalklimatischen, edaphischen und orographischen unterschieden werden. Der seit Jahrhunderten bestehende menschliche Einfluss auf die Waldvegetation der Alpen führt zu der Frage, ob der Wald natürlicherweise in einer gewissen Höhe geschlossen halt machen würde oder ob er sich natürlich in Einzelbäume auflöst. Es also von Natur aus zu einer Trennung zwischen klimatischer Waldgrenze und darüber liegender klimatischer Baumgrenze kommt. Von ELLENBERG und einigen anderen Autoren wird angenommen, dass der subalpine Wald vor den Eingriffen des Menschen durch Holzschlag und Beweidung geschlossen bis an seine obere Grenze gereicht hat. Diese Vermutung kann in verschiedenen Bergregionen noch nachvollzogen werden. So wird das Vorkommen der Alpenrosenheiden zwischen Wald- und Baumgrenze als Beweis für einen einst relativ geschlossenen Wald gedeutet. Desweiteren hat man in verschiedenen Gebieten die einstigen Waldgrenzen ausgemacht, um sie mit der aktuellen, die meist mehrere hundert Meter tiefer liegt, zu vergleichen.

Für die Höhengrenze des Waldes sind vor allem die klimatischen Bedingungen im Sommer und somit die Dauer der Vegetationsperiode entscheidend. Ist diese Periode zu kurz, haben die meisten Bäume keine Möglichkeit einen ausreichenden Frostschutz, d.h. eine ausreichend dicke Zellwand, zu entwickeln und können im darauffolgenden Winter durch Frost und Wassermangel stark geschädigt werden. Allerdings ist auch allein die Frosttrockenheit im Winter eine entscheidende Ursache für das Haltmachen der Bäume an einer bestimmten Höhengrenze.

Der Bereich zwischen Wald- und Baumgrenze wird als Krummholzzone bezeichnet, in der die Bäume aufgrund der extremen Bedingungen verschiedene Anpassungserscheinungen aufweisen. Diese sind zum einen die geringere Wuchshöhe, zum anderen die krüppelige Wuchsform.

In der nebenstehenden Abbildung zeigen Grafik a) und b) im unteren schneegeschützten Bereich eine erhöhte Astdichte und im oberen Bereich eine ausgedünnte Fahnenkrone, die sich in Windrichtung ausgebildet hat. Bild c) veranschaulicht den Säbelwuchs als Anpassungserscheinung an das wiederholt auftretende Schneekriechen an geneigten Hängen.



Ergänzen ist zu erwähnen, dass die oben erwähnten Begriffe Baum- und Waldgrenze nicht als scharfe Vegetationsgrenzen anzusehen sind, sondern dass sich eher ein „Mosaik der Pflanzengesellschaften“ (ELLENBERG 1996) ausbildet mit Anpassung an kleinräumige Standortfaktoren, wie Boden-, Schnee- und Windverhältnisse.

Kalk-Silikat-Phänomen:

Diese Phänomen besteht darin, dass in den Alpen einige Pflanzen nur auf stark basischem Gestein (Kalk, Dolomit) und andere nur auf Silikatstandorten über saurem Gestein (Granit, Gneis, Sandstein) vorkommen (MERTZ 2000). Diese starke Spezialisierung auf bestimmte Bodenverhältnisse befähigt die Pflanze sich gegenüber Konkurrenz durchzusetzen. So können z.B. Kalkpflanzen gut mit dem hohen Kalziumgehalt des Bodens umgehen, was ihnen auf kalkhaltigen Gesteinen den entscheidenden Vorteil gegenüber anderen Pflanzen einbringt. Da in den Gebirgen kalkhaltige Gesteine eng neben silikatreichen Gesteinen liegen können, kommt es häufig zu einem mosaikartigen Nebeneinander von Kalk- und Silikatpflanzengesellschaften.

Die nachfolgend abgebildete Tabelle zeigt eine Einteilung der Vegetationseinheiten nach dem Gesteinsuntergrund. So sind die genügsamen Legföhrengbüsche eher auf wasserdurchlässigem Kalkgestein der Randalpen anzusiedeln, wohingegen die sehr wasserliebenden Grünerlengebüsch vorwiegend auf wasserundurchlässigem Silikatgestein zu finden sind. Jedoch nicht nur die Wasserverfügbarkeit, sondern auch der pH-Wert, Nährstoffgehalt und Bodenentwicklung führen zu der einer Differenzierung der Vegetation nach Kalk- und Silikatuntergrund.

Höhenstufe	Kalkalpen (Karbonatgestein)	Silikatalpen (karbonatarmes Gestein)	
Subalpin 1900 – 2000 (2400) m	Legföhrengbüsche („Pinetum mugii“), Kalk-Schneeheide- Legföhrenbuschwald (Erico- Pinetum mugii), Wimperalpenrosen- Legföhrenbuschwald (Rhododendro hirsuti- Pinetum mugii), Schneeheide-Bergföhrenwald (Erico-Pinetum uncinatae), (Westalpen)	Grünerlen-Gebüsch (Alnetum viridis)	---
		Lärchen-Arven-Wald (Larici-Pinetum cembrae)	Subalpine Wälder

2. Vegetationseinheiten und Ökologie

2.2. Montane Waldgesellschaften

Montane Stufe (Bergwaldstufe): 1400-1600 m

Der Beginn der montanen Stufe liegt dort, wo die Durchschnittstemperatur um 3°C niedriger liegt als in Tieflagen und das nächtliche Abfließen von Kaltluft nur zu einer geringen Frostgefahr führt.(ELLENBERG 1996). Im unteren Bereich der montanen Stufe auf nährstoffreichen und relativ feuchten Standorten kommen häufig Buchenwälder vor, die nach oben hin von Buchen- Tannenwaldgesellschaften abgelöst werden. Diese, hauptsächlich in den Randbereichen der Alpen vorkommenden, Abieteten, Abieteten-Fageten und Fageten werden in den Zentralalpen von montanen Piceeten ersetzt.

Wald- Hainsimsen- Buchenwald (*Luzulo- Fagetum* Meus. 37)

Wächst auf mäßig armen Silikatböden und gilt als häufigster Buchenwaldtyp der montanen Stufe. Im Unterwuchs der eher artenarmen Gesellschaft treten bevorzugt säureliebende Arten auf.

Buchen- Tannenwald (*Abieti- Fagetum* OBERD.38)

Kommt vor allem in den nördlichen Kalkalpen auf nordexponierten Hängen vor und benötigt nährstoffreiche, mäßig frische Böden. Rotbuchen und Tannen sind von Natur aus auf Kalkböden vorherrschend, vereinzelt kommen Fichten hinzu. Der Übergang vom Buchen-Tannenwald zum Buchen- Tannen- Fichtenwald (*Aposerido-Fagetum* OBERD.57) wird durch verschiedene Faktoren begünstigt. Zum einen wird durch Beweidung (Verbiss von Tanne und Buche) die Fichte gefördert, zum anderen sind die Bodenverhältnisse entscheidend. So hat eine Untersuchung von „Zukrigl et al. (1963) aus Ellendorf (1996)“ eines „Buchen- Tannen- Fichten- Urwaldes“ in den niederösterreichischen Kalkalpen ergeben, dass je nach Bodentyp die Buche (auf Rendzina), die Weißtanne (auf tiefergründigen Böden) und die Fichte (auf Blockhalden) dominiert.

Montaner Fichtenwald

Die montanen Piceeten sind vorwiegend in zentral- und zwischenalpinen Trockentälern angesiedelt, da die Fichte besser mit dem kontinentalen Klima der Zentralalpen als mit dem ozeanischen Klima der Randalpen zurechtkommt. Der entscheidende Vorteil der Fichten in höheren Regionen ist, dass sie als immergrüner Nadelbaum schnell auf kurze und plötzlich eintretende Vegetationsperioden reagieren kann, wohingegen winterkahle Laubhölzer erst ihre Blätter entwickeln müssen. Im folgenden werden drei wichtige Vertreter montaner Fichtenwälder beschrieben.

Labkraut- Tannen- Fichtenwälder (*Galio rotundifolii-Abietetum* WRABER 59)

Dieser feuchte, artenreiche Tannen- Fichtenwald kommt vor allem in den Zwischenalpen an nährstoff- und niederschlagsreichen Standorten vor. Im Unterwuchs können sich viele krautige Pflanzen halten, die sonst in Tanne- und Laubmischwäldern zu finden sind, wie z.B. das Rundblättrige Labkraut, der Nesselblättrige Ehrenpreis und die Finger-Segge.

Perlgras- Fichtenwald (*P. montanum melicetosum*)

Im Gegensatz zu den Labkraut- Tannen- Fichtenwäldern kommen hier nur wenige trockenheitsertagende Arten, wie *Melica nutans* vor. Man findet ihn hauptsächlich in niederschlagsarmen inneralpinen Trockentälern. Da die trockenen Standortbedingungen das

Wachstum der Fichte erschweren, sind diese Wälder häufig sehr licht und andere Baumarten wie Lärche und Kiefer können sich ansiedeln.

Ehrenpreis- Fichtenwald (*Veronico urticifoliae-Piceetum*)

Dieser montane Fichtenwald löst den Perlgras- Fichtenwald an Hangstandorten ab, die besser mit Wasser versorgt sind. Sein Hauptverbreitungsschwerpunkt liegt im zentralalpinen Bereich auf basenarmen Gestein und wird von ELLENBERG (1996) als „Sauerboden- Parallele zum montanen Labkraut- Fichten-Tannenwald“ angesehen.

2.3. Subalpine Stufe

Die subalpine Stufe (Krummholzstufe) liegt sich in den Westalpen zwischen 1700 – 2400 m und in den Ostalpen zwischen 1400 – 2000m Höhe. Die durchschnittliche Jahrestemperatur beträgt 0,5- 4°C. Der Niederschlag liegt zwischen 1000 und 3000 mm, wobei 50 % als Schnee fallen.

Sie stellt jenen Raum zwischen Buchenobergrenze (bei fehlender Buche Föhrenobergrenze) als Abgrenzung zur montanen Stufe und der potentiellen Obergrenze der Waldvegetation als tiefsten Punkt der alpinen Stufe dar (OZENDA 1988).

Das mit der Höhe zunehmend extreme Klima und der schroffe Wechsel klimatischer Faktoren zwingt die Pflanzen der subalpinen Stufe zur Anpassung an lebensfeindliche Bedingungen. Kennzeichnend sind geringe Wuchshöhen, ein lückenhaftes Kronendach und eine kurzstämmige schlanke Form, als Ausdruck von Schneelast und Bruchschäden. Der Schnee wird durch starke Winde so verfrachtet, dass er an Hindernissen angehäuft und von ebenen Flächen verblasen wird. Dieser häufig kleinräumige Wechsel der Standortfaktoren führt dazu, dass in diesen Höhen „die Vegetation ein Mosaik verschiedener Gesellschaftsfragmente bildet“ (ELLENBERG 1996), wie es in der ersten Abbildung zu sehen ist.

2.3.1 Waldgesellschaften

Subalpine Ahorn-Buchenwälder (*Aceri- Fagetum*):

In wintermilden, aber schneereichen Gebirgen Europas bilden nicht Nadel-, sondern Laubhölzer die obere Baumgrenze (MAYER 1984). Ein Grund dafür ist, dass Schneeschimmel in milden Wintern sein Temperaturoptimum hat und in diesen feucht milden Gebieten die Nadeln der immergrünen Nadelbaum-Jungpflanzen besonders stark befallen werden. Diese Schwächung und das raschere Wachstum der Laubbäume bei milderem Klima führen zur Ablösung der Nadelbäume durch Bergahorn und Rotbuche. An der häufig auftretenden Säbelform im unteren Teil des Stammes kann man erkennen, dass die biegsamen Stämme der jungen Laubbäume oft dem Druck rutschender Schneemassen weichen mussten. Trotz ihrer Dominanz in den genannten Gebieten sind dies keine optimalen Standortbedingungen für die Buche, was auch in der niedrigen Wuchshöhe von 15-20 m ersichtlich wird. Aufgrund der hohen Luftfeuchtigkeit in diesen subalpinen Laubmischwäldern sind die Stämme der Bäume häufig von epiphytischen Moosen und teilweise auch Flechten bewachsen.

Subalpine Fichtenwälder (*Homogyno- Piceetum*):

Der subalpine Fichtenwald erreicht Höhen von 1700-1900 m in denen die Jahresmitteltemperatur nur etwa 1,5°C beträgt. Eine Unterscheidung zwischen montanem subalpinem Fichtewald kann aufgrund der von OTT und Mitarbeitern (1991) in Ellendorf (1996) erwähnten Merkmale getroffen werden, welche meist die Anpassung der Fichten an

die zunehmende Höhe ausdrücken. So drücken ein „lockeres bis lückiges Kronendach und tief herabhängende Kronen“ (ELLENBERG 1996) die höhere Schneelast in der subalpinen Stufe aus. Die Fichten erscheinen aufgrund ihrer stark herabhängenden Äste schlanker, wobei diese Wuchsweise den Schnee leichter abrutschen lässt und den Schneebruch der Äste verhindert. Interessanterweise ist dieser sog. Schlankwuchs der subalpinen Fichten genetisch bestimmt, was sich aufgrund Die große Verbreitung der Fichte vor allem in Zentral und Ostalpen bzw. das Zurücktreten von Tanne und Buche beruht auf der Fähigkeit der Fichte, Frostperioden unbeschadet zu überstehen und schon nach kurzer Zeit CO₂-Gaswechsel und somit positiven Stoffwechsel zu betreiben.



Subalpine Lärchen- Arvenwälder (*Vaccinio-Pinetum cembrae*):

Aufgrund ihrer Unempfindlichkeit gegen scharfe Fröste können Lärchen (*Larix decidua* Mill.) und Arven (*Pinus cembra* L.) in noch höhere (2200-2400 m) und auch kältere Regionen als die Fichte aufsteigen und können als Schlusswaldbaumarten angesehen werden. Um Frostschäden zu entgehen, werfen die Lärchen schon im Frühherbst ihre Nadeln ab und rüsten sich so für den Winter. Die Arve hingegen kann als immergrüner Baum jahreszeitlich bedingte Frosthärte entwickeln, indem sie während des Hochwinters die Viskosität des Zellplasmas erhöht. Der Wassergehalt der Zelle wird so minimal gehalten, dass sie selbst bei starken Frösten nur bis etwa 50% erstarrt. Trotz ihrer immergrünen Nadeln ist die Vegetationsperiode der Arve kaum länger als die der Lärche, da sie im Winter die Spalten ihrer Nadeln verschließt und erst bei längeren Wärmeperioden wieder öffnet. Dieser Mechanismus schützt sie vor zu großem Wasserverlust, der außerdem durch ein tiefreichendes Wurzelsystem ausgeglichen werden kann. Die Frostresistenz der Arve schwankt mit der Jahreszeit (im Winter hoch, im Sommer gering) und wird von der Tageslänge gesteuert. Im Unterwuchs des Lärchen- Arvenwaldes befinden sich häufig Alpenrosen- und Beerstrauchgestrüppe. Allerdings können diese Zwergsträucher mit der enormen Frosthärte der Lärchen und Arven nicht mithalten und bei extremen Temperaturbedingungen nur an Standorten überleben, die genügend Schneeschutz bieten. Die lichtbedürftige Alpenrose (*Rhododendron ferrugineum* L.) findet man vorwiegend in lichten Lärchen-Arvenwäldern an der oberen Waldgrenze. Hingegen kommt die z.B. die Heidelbeere (*Vaccinium myrtillus* L.) mit schattigen Bedingungen in dichteren Beständen gut zurecht. Das Vorkommen des Lärchen- Arvenwald ist an kein bestimmtes Bodensubstrat gebunden, allerdings findet man sie vorwiegend in den kontinentalen Inneralpen, was der höheren Strahlungsintensität im Sommer zuzuweisen ist. Die Lärchensamen werden durch Wind transportiert und keimen bevorzugt auf Rohböden. Die Arven werden vom Tannenhäher verbreitet, der ihre Nüsse erntet und versteckt.



Diese Wälder besitzen eine hohe Schutzfunktion vor Erosion und Hangrutschungen und bieten vielen Tierarten der baumfreien Bergregionen im Winter einen Rückzugsort.

2.3.2 Krummholz- und Zwergstrauchgesellschaften

Zu den subalpinen Krummholz- und Zwergstrauchgesellschaften zählen die drei Verbände -Subalpine Legföhrengestüppe, Spirken- und Bergföhrenwälder (*Erico-Pinion mugii*), -Windkanten der Hochgebirge (*Loiseleurio-Vaccinion*) und -Bodensaure Alpenrosengestüppe und Heidelbeerheiden (*Rhododendro-Vaccinion*)

Im folgenden sind zu jedem Verband Assoziationen aufgeführt.



Subalpine Bergföhren- und Legföhrengbüsche (*Pinetum mugii*)

Die Legföhre (*Pinus mugo*) ist in der subalpinen Zone der Kalkalpen eine der landschaftsbestimmenden Pflanzen. Sie kann extreme Standortbedingungen, wie Wind, Erosion, Schuttüberrieselung, Trockenheit und Sonne im Sommer, Kälte und Schneedruck im Winter ertragen. Durch ihren krüppeligen Wuchs passt sie sich den Wind- und Schneebedingungen an und kann sich auch an extrem steilen und exponierten Standorten halten. Ein ausgeprägtes Wurzelsystem, das weit in die Tiefe reicht ermöglicht ihr auch auf geringmächtigen Böden das Überleben.

Die aufrecht wachsenden Bergföhren bzw. Spirken besiedeln vorwiegend Trockenhänge und Schotterflächen. Sie bevorzugen lichtreiche, warme süd- bis südwestexponierte Standorte und in ihrem Unterwuchs halten sich trockene, lichtliebende Arten wie die Schneeheide (*Erica herbacea* L.). Durch die Fähigkeit sich an instabilen Schutthängen anzusiedeln und diese somit zu festigen, ist dem *Erico carnea*- *Pinetum uncinatae* eine hohe Schutzfunktion vor Erosion zuzuschreiben.

Alpenazaleen- Windheide (*Arctostaphylo alpinae*-*Loiseleurietum*)

Bevor ich zu den ökologischen Aspekten der Assoziation *Arctostaphylo alpinae*-*Loiseleurietum* komme, möchte ich kurz auf das Eingliederungsproblem dieser Zwergstrauchgesellschaft eingehen. Pflanzensoziologisch zählt sie zur Klasse *Vaccinio-Piceetea* (Boreale Nadelwälder und Zwergstrauchgebüsch), was in der Zusammensetzung der Begleitarten begründet ist. So findet man in Azaleenheiden häufig halbschattenertragende Rohhumuspflanzen, wie die Moorbeerheide, die Preiselbeere und die Krähenbeere, welche ähnlich häufig in bodensauren Nadelwäldern und anderen Zwergstrauchheiden vorkommen. Allerdings erscheint aus ökologischer Sicht das Zusammenbringen von „windgepeitschten Spalieren oberhalb der klimatischen Baumgrenze und Hochwäldern, die bis ins Tiefland hinab verbreitet sind“ (ELLENBERG 1996) absurd. Ab der nächsten Gliederungsebene, der

Ordnung, wird eine floristische Unterscheidung in Fichtenwälder (*Vaccinio-Piceetalia*) und arktisch-alpine Zwergstrauchgesellschaften (*Loiseleurio-Vaccinietalia*) getroffen.

Unter den Zwergstrauchgesellschaften werde zwei Gruppen unterschieden: niederliegende Alpenazaleen- Teppiche und fuß- bis kniehohe eigentliche Zwerggesträuche. Diese Differenzierung gewinnt besonders in Hinsicht auf die Notwendigkeit einer schützenden Schneeschicht an Bedeutung. So kann die Alpenazalee auch ohne die Schneedecke extremen Wind- und Kältebedingungen trotzen, wohingegen andere Zwergsträucher ohne den Schneeschutz erfrieren würden.

Die Alpenazalee ist also beständig gegen extreme Wind- und Kälteereignisse, frosthart und kann auch ohne Schneeschutz bei Temperaturen bis -40°C bestehen. Sie bildet dicht am Boden liegende Spalierteppiche aus und wächst bevorzugt an windgefügten Kanten, Felsen und Graten. Den Wassermangel an solchen Standorten verkraftet die Pflanze, indem sie über Rillen auf der Blattunterseite (wie in der nebenstehenden Grafik abgebildet) im Sommer den eintretenden Taufall und im Winter frischgefallenen Schnee aufnehmen kann. Alpenazaleen können sich nur auf ruhenden, ungestörten Flächen ausbreiten, da sie sehr langsam wachsen und lange benötigen um den Boden zu überziehen.



Krähenbeer-Moorbeerheide (*Empetro- Vaccinietum*)

Im Gegensatz zu den Alpenazaleen benötigen die Krähenbeer-Moorbeerheiden im Winter den Schneeschutz und können sich deshalb zu echten Zwergsträuchern mit einer Wuchshöhe von 20- 30 cm ausbilden. Sie besiedelt bevorzugt Schattenhänge auf denen es, bedingt durch die Feuchtigkeit, zu vermehrter Humusbildung kommt. Wie die meisten Zwergstrauchheiden reagieren die Krähenbeer- Moorbeerheiden sehr empfindlich auf mechanische Störungen, so ist ihr Vorkommen aufgrund von Beweidung häufig auf kleine Flächen beschränkt.

Bodensaure Alpenrosenheiden (*Vaccinio-Rhododendretum ferruginei*)

Die Alpenrosenheiden sind an saure Standorte gebunden und besiedeln somit hauptsächlich die kristallinen Zentralalpen. Sie gehören eindeutig der subalpinen Stufe an und man findet sie häufig auf Lichtungen in Lärchen-Arvenwälder. Ihr Vorkommen in baumlose Bereiche oberhalb der Waldgrenze ist meist anthropozogen beeinflusst. Als sehr lichtbedürftige Pflanze kommen ihr zwar die Bedingungen oberhalb der Baumgrenze entgegen, allerdings können sie nur bei ausreichender Schneebedeckung überleben. Die Alpenrose



reagiert auf erhöhte Windgeschwindigkeiten relativ empfindlich und schränkt rasch Transpiration und Photosynthese ein. Allerdings nimmt das Temperatur-Optimum des *Rhododendron ferrugineum* für die Photosynthese einen recht breiten Bereich von 5° - 25° ein. So dass sie im allgemeinen eine hohe Photosyntheseleistung und einen gute CO_2 - Bilanz aufweist. Die Produktivität der Zwergstrauchheiden ist größer als die der subalpinen Rasen, wie z.B. Seggenrasen und Polsterseggenrasen. Diese Produktivität beträgt an guten Standorten bis $1000 \text{ g/m}^2 \text{ a}^1$ oberirdische Trockensubstanz. Um Winterperioden gut zu überstehen, sind subalpine Zwergstrauchheiden fähig viele kalorienreiche Reservestoffe zu speichern.

2.3.3 Hochstaudenfluren und Grünerlengebüsche

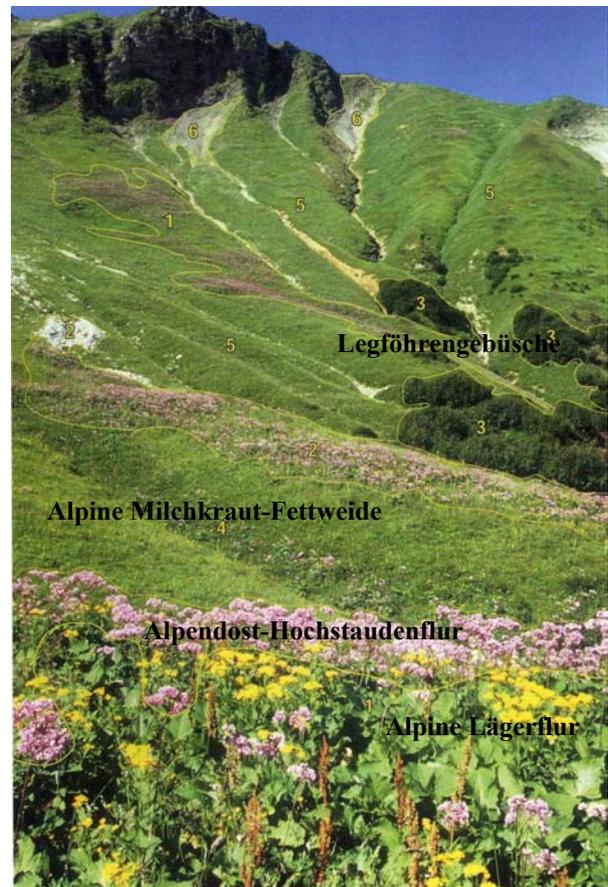
Subalpine Grünerlengebüsche (*Alnetum viridis*)

Die Grünerle (*Alnus viridis* (CHAIX) DC.) hat eine ähnliche Höhenverbreitung wie die Bergkiefergebüsch und beide vertreten einander. Allerdings ist die Grünerle relativ feuchtigkeitsliebend und bevorzugt undurchlässige Silikatgesteine und Tonschiefer. Sie ist das konkurrenzfähigere Krummholz gegenüber der Bergföhre (*Pinus mugo*) und verdrängt die langsamer wachsende und lichtbedürftiger Föhre an günstigen, feuchten Standorten. Auf Kalkstandorten dominiert jedoch *Pinus mugo*, da diese mit wasserdurchlässigen Böden besser zurechtkommen.

Da sie von Tieren recht ungern gefressen wird, kann sich die Grünerle auf beweideten Flächen gut verbreiten. Aufgrund stickstoffbindender Symbionten an ihren Wurzeln kommt es zu einer natürlichen Düngung innerhalb des Bestandes. Diese Tatsache und die Vorliebe für feuchte Standorte führen zu einem vermehrten Wachstum von alpinen Hochstaudenfluren in ihrer Nähe. Diese Gesellschaftskombination ist zwar relativ häufig, doch nicht nur Hochstauden, sondern auch Rasengesellschaften (Rostseggenrasen) oder *Rhododendron*-Heiden findet man in Gesellschaft mit der Grünerle. An subalpinen und hochmontanen Flüssen verdrängt sie die weniger kälteertragende Grauerle und geht an diesen Standorte wiederum andere Artverbindungen ein. Die Grünerle erfüllt an steilen Hängen eine wichtige Funktion als Bodenfester und Erosionsschutz, auf weniger stark geneigten, beweideten Flächen gilt sie als Weideunkraut und wird häufig beseitigt.

Subalpine- alpine Hochstaudenfluren (*Adenostylin alliariae* Br.-Bl. 50)

Standorte an denen Hochstaudenfluren auftreten zeichnen sich durch ungewöhnlich günstige Faktoren aus. In feuchten Gräben, Rinnen, Karen und Mulden sammelt sich das abfließende Niederschlagswasser und mit ihm Pflanzennährstoffe, wie Stickstoff- und Phosphorverbindungen. Diese Standorte apert früh aus (werden schneefrei) und ermöglichen den Pflanzen eine relativ lange Vegetationszeit. Die hier wachsenden Hochstaudenfluren stellen die auffälligste und üppigste Pflanzengesellschaft der subalpinen Stufe dar. Sie kommen häufiger in den kristallinen Zentralalpen als auf wasserdurchlässigen Kalkböden vor. Häufige Vertreter sind die Alpendost- Hochstaudenflur (*Adenostylo alliariae-Cicerbitetum alpinae* Br.-Bl.) und die Alpenlattich- Gesellschaft (*Adenostylo-Cicerbitetum alpini* Br.-Bl.) Als subalpine Lägerflur (*Senecietum alpini* BOLLETER 1921) bezeichnet man „beweidete und gedüngte, feuchtzügige Standorte, die über einen erhöhten Stickstoffhaushalt und frische, feinerdreiche Böden verfügen“ (MERTZ 2000). Diese Gesellschaft ist ergänzend aufzuführen, da sie in stark beweideten Gebieten, hauptsächlich in der Nähe von Almen, das Landschaftsbild prägen.

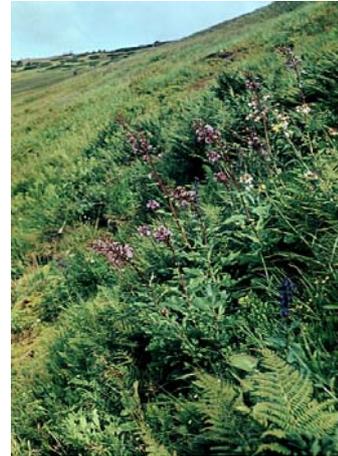


2.3.4 Rasengesellschaften

„Alpine Rasengesellschaften sind die einzigen natürlichen Wiesengesellschaften Mitteleuropas“ (MERTZ 2000).

Subalpine Reitgrasrasen (*Calamagrostion arundinaceae*)

Der Verband *Calamagrostion arundinaceae* wird als heterogenes Gebilde, bestehend aus verschiedenen Florenelementen unterschiedlicher Herkunft und ökologischer Struktur beschrieben. Neben dem säureertragenden Reitgras kommen z.B. Arten der Zwergstrauchheiden, Hochstaudenfluren und subalpinen Wälder vor. Reitgrasrasen entwickeln sich bevorzugt an Leehängen, an denen Schneeanhäufungen das Ansiedeln von Bäumen verhindern. CARBIENER (1969) bezeichnet den Verband als „Urwiesen“ aus denen sich alle anthropogen beeinflussten Düngewiesen-Gesellschaften entwickelt haben.



3. Pflanzensoziologische Einteilung (OBERDORFER 1990)

- Klasse :** *Vaccinio-Piceetea* Br.-Bl. in Br.-Bl. et al. 39
Boreale Nadelwälder und Zwergstrauch- Gebüsche
- Ordnung:** *Piceetalia* Pawl. in Pawl. et al. 28
Fichtenwälder
OC: *Picea abies* (L.)H.Karst.
- Verband:** *Piceion abietis* Pawl. in Pawl. et al. 28
Fichten-Tannen und Fichtenwald
- Unterverband 1:** *Vaccinio-Piceenion* Oberd. 57
Fichtenwälder
- Assoziationen:** - *Homogyne-Piceetum* Zukr. 73 (*Piceetum subalpinum* Br.Bl.38)
Subalpiner Fichtenwald
AC: *Lonicera nigra* L., *Homogyne alpina* (L.)Cass.
- *Calamagrostio villosae-Piceetum* Hartm.53
Reitgras-Fichtenwald
AC: *Calamagrostis villosa* (Chaix ex Vill.) J. F. Gmel.
(Wolliges Reitgras)
- Unterverband 2:** *Rhododendro-Vaccinienion* Br.-Bl in Br.-Bl et Jenny
Bodensaure Alpenrosengebüsche und Heidelbeerheiden
- Assoziationen:** - *Vaccinio-Rhododendretum ferruginei* Br.-Bl. 27
Bodensaure Alpenrosenheide
AC: *Rhododendron ferrugineum* L.(Rostblättrige Alpenrose)
- *Vaccinio-Pinetum cembrae* Oberd. 62
Lärchen-Arven/Zirben-Wald
AC: *Pinus cembra* L. (Zirbel-Kiefer,Arve)
- Ordnung:** *Loiseleurio- Vaccinietalia* Eggl. 52
Arktisch-alpine Zwergstrauch-Gesellschaft
- Verband:** *Loiseleurio-Vaccinion* Br.-Bl. in Br.-Bl et Jenny 26
Windheiden der Hochgebirge
- Assoziationen:** - *Vaccinio-Empetretum hermaphroditi* Br.-Bl. in Br.-Bl. et Jenny 26

Rauschbeeren-Krähenbeerheide
 AC: *Empetrum hermaphroditum* Hagerup (Zwittrige Krähenbeere)
 - *Arctostaphylo alpinae-Loiseleurietum* Oberd. 50
 Alpenbeerentraube-Alpenazaleen-Gesellschaft
 - *Cetrario-Loiseleurietum* Br.-Bl. in Br.-Bl. et Jenny 26
 Gamsheideteppich
 AC: *Loiseleuria procumbens* (L.) Desv (Alpenazalee)

Klasse : *Erico-Pinetea* Horvat 59
 Schneeheide Kiefernwälder
Ordnung : *Erico-Pinetalia* Horvat 59
 Subalpine Latschengebüsche, Bergföhren-, Arven und Lärchenwälder
Verband: *Erico-Pinion* Br.-Bl. in Br.-Bl. et al. 39
 Subalpine Latschengebüsche, Spirken- und Bergföhrenwälder
Assoziationen: - *Erico-Pinetum mugii* Br.-Bl. 39
 Kalk- Schneeheide- Latschengebüsche
 AC: *Erica herbacea* L. (Schneeheide)
 - *Erico-Rhododendretum hirsuti* Oberd. in Oberd. et al.67
 Karbonat- Alpenrosen- Latschengebüsch
 AC: *Rhododendron hirsutum* L. (Bewimperte Alpenrose)

Klasse: *Betulo-Adenostyletea* Br.-Bl. et Tx 43
 Hochmontan-alpine Hochstaudenfluren und Hochstaudengebüsche
Ordnung: *Adenostyletalia* G. et J. Br.-Bl. 31
 Hochstaudenfluren und Gebüsche der Alpen
Verband: *Adenostylion alliariae* Br.-Bl. 26
 Hochstaudenfluren und Grünerlengebüsche der Gebirge
Assoziation: - *Alnetum viridis* Br.-Bl. 18
 Grünerlengebüsche
 AC: *Alnus viridis* (Chaix) DC (Grünerle)
 - *Cicerbitetum alpinae* Beg. 22
 Alpenlattich-Gesellschaft
 KC: *Cicerbita alpina* (L.) Wallr. (Alpen-Milchlattich)
Verband: *Calamagrostion (arundinaceae)* Luq. 26
 Hochgrasfluren
Assoziation: - *Sorbo-Calamagrostietum arundinaceae* Oberd. 57
 Subalpine Mehlbeer-Reitgrasflur
 VC/AC : *Calamagrostis arundinacea* (L.) (Buntes Reitgras)
 AC: *Sorbus ambigua* (Decn.) (Filzige Zwergmehlbeere)

Klasse: *Querco-Fagetea* Br.-Bl 37
 Sommergrüne Laubwälder
Ordnung: *Fagetalia sylvaticae* Pawl.28
 Buchen- und Buchenmischwälder
Verband: *Fagion sylvaticae* Pawl.28
 Buchenwälder
Unterverband: *Galio rotundifolii-Abietenion* Oberd.62
 Krautreiche Tannen- Fichtenmischwälder
Assoziation: - *Galio rotundifolii- Abietetum* O. de Bolos 57

Labkraut- Tannen- Fichtenmischwald
AC: *Galium rotundifolium* L.(Rundblättriges Labkraut)

4. Gefährdung und Schutz

Die Alpen üben seit jeher einen großen Reiz auf den Menschen aus. So sind die meisten Alpengebiete kein urtümlicher Naturraum, sondern das Resultat langjähriger landwirtschaftlicher Nutzung durch Bergbauern. Vor allem die Viehhaltung auf den Almen hat zu einem veränderten Landschaftsbild geführt. Allerdings hat erst der moderne Tourismus, insbesondere der Skibetrieb, zu einer erschreckend starken Gefährdung verschiedener Pflanzen in den Alpen geführt. Das Planieren neuer Pisten, Weiterbefahren schneefrei gewordener Hänge, sowie der Bau großer Liftstationen hat schwerwiegende Beschädigungen der Pflanzendecke und Veränderungen der Vegetation zur Folge. Ebenso hat das Aufbringen von Kunstschnee negative Auswirkungen auf die Pflanzen, denn dieser ist im Vergleich zum Naturschnee weniger luftreich und bietet somit keinen isolierende Schutz. Außerdem wird durch die künstliche Beschneidung eine zusätzlich Wasserzufuhr geschaffen (60cm Kunstschneedecke = 200mm Niederschlag), was die Entwicklung von artenreichen Magerwiesen hin zu artenarmen Fettwiesen fördert. Als weiterer bedeutender Faktor ist der Einfluss der Klimaerwärmung auf die Alpen zu nennen. So würde eine mittlere Erwärmung um 1 bis 4°C eine Verlagerung der Vegetationszonen um 200 bis 800 m nach oben mit sich bringen (OZENDA 1991). Die Folgen dieser Aufwärtsbewegung der Pflanzengesellschaften sind noch relativ unklar. Zunächst kommt es zwar zu einer Artenzunahme in höheren Regionen, also einer Verbreiterung der Vegetationsstufe, doch ist die Gipfelhöhe der Alpen der limitierender Faktor für die Vegetation der höchsten Stufe. Desweiteren ist zu befürchten, dass viele lichtliebende Arten der subalpinen Vegetation mit der zunehmenden Konkurrenz Probleme bekommen, es also zu vermehrtem Artenreichtum, aber auch zum Verlust einiger Spezialisten kommen kann.

Zu den gefährdeten Pflanzengesellschaften der subalpinen Stufe zählt unter den Waldgesellschaften nur der Lärchen- Arvenwald, welcher mittlerweile als ‚extrem selten‘ eingestuft wird. Außer den bereits genannten Ursachen spielt dabei die besondere Empfindlichkeit der Zirben gegenüber Luftschadstoffe eine große Rolle. Unter den Zwergstrauchgesellschaften befindet sich die rostblättrigen Alpenrose im Rückgang und steht auf der Vorwarnliste. Ursachen dafür sind vor allem Schädigungen durch Erschließungen, Freizeitaktivitäten und Beweidung, wovon sich die Sträucher in dieser Höhenlage nur langsam erholen können. Ebenfalls sehr empfindlich auf mechanische Störungen reagiert die Krähenbeerheide, wobei diese jedoch wegen mangelhafter Daten noch nicht als gefährdet eingestuft wird. Für verschiedene alpine Rasengesellschaften, wie Blaugrasrasen, Rost-Seggenrasen und Krummseggenrasen, stellen vor allem Skipisten eine Gefahr da.

5. Wissenschaftliche Artikel

Landscape patterns of indicator plants for soil acidity in the Bavarian Alps

Sebastian Schmidlein and Jörg Ewald- Journal of Biogeography, 2003 - Blackwell Synergy

Ziel dieser Studie war es, die Verteilung und Diversität von Pflanzengruppen, die als Indikatoren für pH-Wert und Karbonatgehalt des Bodens stehen, für umweltbewertende Zwecke genutzt werden und somit zum kausalen Verständnis des Artenpools beizutragen. Als Ergebnis ist zu nennen, dass der pH-Wert und der Karbonatgehalt eng mit der geologischen

Struktur zusammenhängt. Die Diversität ist abhängig von der Berghöhe und äußert sich in zusätzlichem Wuchs von Acetophyten in hohen Bergregionen und in den Kalkalpen in extrem kalkliebenden Pflanzen, während Pflanzen mit durchschnittlichen Ansprüchen eher selten sind. Als Erklärung dafür werden 2 Fakten angegeben: ein häufiges Fehlen gut entwickelter Böden in hohen Lagen und die Besonderheit der bodengenetischer Prozesse, die sich unter den rauen Klimabedingungen der Hochgebirge entwickeln.

Effect of low-intensity grazing on the species-rich vegetation of traditionally mown subalpine meadows

Markus Fischer*, Sonja Wipf Institut für Umweltwissenschaften, Universität Zürich, Received 23 June 2000; received in revised form 23 April 2001; accepted 8 May 2001

In dieser Studie wurde die Vegetation traditionell (jährlich) gemähter Wiesen mit derjenigen verglichen, die seit 50 Jahren mit Kühen beweidet wird. Als Ergebnis wird genannt, dass die Beweidung den Pflanzenreichtum und die landwirtschaftlich Qualität der Wiesen negativ beeinflusst. Das traditionelle Mähen der Wiesen sollte beibehalten werden und seit kurzem beweidete Wiesen sollten wieder gemäht werden.

Potential Impact of Climate Change on Vegetation in the European Alps: A Review

JP Theurillat, A Guisan - Climatic Change, 2001 – Springer

Dieser Bericht befasst sich mit den Folgen der Klimaveränderung auf die Alpen. Herausgearbeitet wurde, dass die Alpen aufgrund einer ihrer Trägheit einen Lufttemperaturanstieg von 1-2 K tolerieren können, jedoch die Folgen der Landnutzung diesen Puffer in vielen Gebieten zerstört haben. Für einen Anstieg um 3 K sind tiefgreifende Veränderungen zu erwarten.

Initial recovery of subalpine vegetation on Mount St. Helens, Washington.

Del Moral, R

American Midland Naturalist [AM. MIDL. NAT.]. Vol. 109, no. 1, pp. 72-80. 1983.

A network of permanent plots has been established on the subalpine slopes of Mount St. Helens. Plants in sites receiving only tephra or thin mud deposits survived the 18 May 1980 eruption and re-established themselves by late summer. Richness and cover on these substrates increased dramatically by 1981. Sites receiving thick cold mudflows have little vegetation after two growing seasons, and the few scattered individuals encountered are residual survivors, not seedlings. Subalpine herb composition is changing on all sites that and the magnitude of change, except on totally devastated sites, is proportional to the magnitude of the initial impact.

Soil Temperature Effects on Root Respiration and the Ecology of Alpine and Subalpine Plants

Paul D. Higgins, George G. Spomer

Botanical Gazette, Vol. 137, No. 2 (Jun., 1976), pp. 110-120

Es wurde untersucht, ob die Bodentemperatur einen entscheidenden Einfluss auf die Pflanzenverteilung im Bereich der Baumgrenze hat. Dabei wurde die Wurzelatmungsrate verschiedener alpiner und subalpiner Pflanzen miteinander verglichen. Das Ergebnis besagt, dass alpine Pflanzen einer höhere Rate und somit eine gute Anpassung an alpine Bedingungen aufweisen, jedoch unter subalpinen wärmeren Bedingungen eine verschwenderisch hohe Metabolismusrate hätten. Schätzungen von Wurzel- und Triebwuchs bestätigen die Annahme,

dass die Bodentemperatur einen wichtigen Einfluss auf die Pflanzenverteilung im Bereich der alpinen Baumgrenze hat.

6. Quellen

- ELLENBERG H. (1996): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen 5. Auflage, Ulmer, Stuttgart.
- OBERDORFER E. (1990): Pflanzensoziologische Exkursionsflora 6. Auflage, Ulmer, Stuttgart
- OZENDA P. (1988): Die Vegetation der Alpen im europäischen Gebirgsraum. Fischer, Stuttgart.
- MERTZ (2000): Pflanzengesellschaften Mitteleuropas und der Alpen, ecomed, Landsberg
- FREY W./LÖSCH R. (2004): Lehrbuch der Geobotanik 2. Auflage, Spektrum, München
- WILMANN O. (1993): Ökologische Pflanzensoziologie 5. Auflage, Quelle & Meyer, Heidelberg
- SCHMIDTLEIN S and EWALD J- Journal of Biogeography, 2003 - Blackwell Synergy: Landscape patterns of indicator plants for soil acidity in the Bavarian Alps
- FISCHER M*, WIPF S -Institut für Umweltwissenschaften, Universität Zürich, Received 23 June 2000; received in revised form 23 April 2001; accepted 8 May 2001: Effect of low-intensity grazing on the species-rich vegetation of traditionally mown subalpine meadows
- THEURILLAT JP, GUISAN A - Climatic Change, 2001 – Springer: Potential Impact of Climate Change on Vegetation in the European Alps: A Review
- DEL MORAL, R American Midland Naturalist [AM. MIDL. NAT.]. Vol. 109, no. 1, pp. 72-80. 1983: Initial recovery of subalpine vegetation on Mount St. Helens, Washington.
- HIGGINS P. D., SPOMER G. G. *Botanical Gazette*, Vol. 137, No. 2 (Jun., 1976), pp. 110-120: Soil Temperature Effects on Root Respiration and the Ecology of Alpine and Subalpine Plants

http://www.dib.boku.ac.at/fileadmin/_/H83/H831/files/Bernhardt/VO_Vegetationsoekologie_7-8.pdfv

Seminar
Spezielle Geobotanik

Alpine Rasen und Schneeböden



Nadja Danner

Inhalt

1	Einleitung	163
2	Ökologie der Alpinen Rasen und Schneeböden	164
2.1	Allgemeines	164
2.1.1	Mikroklima in der Pflanze	165
2.1.2	Die Bedeutung der Schneebedeckung	165
2.2	Ökologie der Alpinen Rasen und Schneeböden auf karbonatarmem Gestein	166
2.2.1	Alpine Rasen	166
2.2.2	Schneeböden	168
2.3	Ökologie der Alpinen Rasen und Schneeböden auf Karbonatgestein	169
2.3.1	Alpine Rasen	169
2.3.2	Schneeböden	170
3	Systematische Eingliederung	172
5	Gefährdung und Schutz wird noch vervollständigt	175
6	Aktuelle wissenschaftliche Artikel wird noch vervollständigt	176
	Literaturverzeichnis	179

1 Einleitung

Warum ist die Untersuchung der alpinen Vegetation heutzutage von so großer Bedeutung? Im Vergleich zu vielen anderen Vegetationszonen der Erde ist die Vegetation der alpinen Zone natürlicherweise schnellen Veränderungen bezüglich ihrer Umwelt unterworfen und an diese angepasst. Längerfristige Veränderungen, wie sie die globale Erwärmung mit sich bringt, fordern allerdings auch hier die Pflanzen heraus. Will man die Veränderungen verstehen und weitere Folgen abschätzen, muss man sich näher mit den betreffenden Pflanzengesellschaften befassen.

Der Hauptteil dieser Arbeit beschäftigt sich mit den heute existierenden Gesellschaften der alpinen Rasen und Schneeböden, wobei auf Ökologie, systematische Gliederung (nach Oberdorfer), Verbreitung, Gefährdung und Schutz eingegangen wird. Auswirkungen von Klimaveränderungen im alpinen Bereich und deren Folgen für die betreffenden Pflanzengesellschaften, werden am Ende der Arbeit anhand einiger aktueller Forschungsergebnisse dargestellt.

2 Ökologie der Alpinen Rasen und Schneeböden

2.1 Allgemeines

Bei der Beschreibung der Ökologie bietet es sich an, die Gesellschaften nach ihrem Vorkommen auf Karbonatgestein und karbonatarmen Gesteinen zu gliedern, wie unter 2.2 und 2.3 geschehen. Dadurch sind räumlich gemeinsam auftretende Gesellschaften zusammengefasst (z.B. Raum Kalkalpen, Raum Zentralalpen). Um beim fortschreitenden Lesen den Überblick zu erleichtern, werden hier die behandelten Gesellschaften den Rasen und Schneeböden zugeordnet und in Tabellen zusammengefasst aufgeführt.

Tabelle 1: Übersicht der alpinen Rasengesellschaften

	Rasengesellschaften	
	<i>Kalk-Rasen</i>	<i>Sauerboden-Rasen</i>
Ass., auf ruhendem Substrat	Rostseggenrasen (<i>Caricetum ferrugineae</i>)	Hallers Schwingelrasen (<i>Festucetum halleri</i>)
	Violettschwingelrasen (<i>Festuco-Trifolietum thalii</i>)	Krummseggenrasen (<i>Caricetum curvulae</i>)
Ass., auf bewegtem Substrat (flachgründige Hänge)	Polsterseggenrasen (<i>Caricetum firmae</i>)	Buntschwingelhalde (<i>Festucetum variae</i>)
	Blaugras-Horstseggenhalde (<i>Seslerio-Semperviretum</i>)	

Tabelle 2: Übersicht der alpinen Schneebodengesellschaften

	Schneeboden-Gesellschaften	
	<i>Kalk-Schneeböden</i>	<i>Sauerboden-Schneetälchen</i>
Ass., lange schneebedeckt	Gänsekressenboden (<i>Arabidetum caeruleae</i>)	Widertonmoos-Schneetälchen (<i>Polytrichetum sexangularis</i>)
Ass., weniger lange schneebedeckt	Gletscherweiden-Spalier (<i>Salicetum retusae-reticulatae</i>)	Krautweiden-Schneetälchen (<i>Salicetum herbaceae</i>)

2.1.1 Mikroklima in der Pflanze

Da die Pflanzen im alpinen Bereich extremen Temperaturen ausgesetzt sind, haben sich hier Wuchsformen durchgesetzt, die bei niedrigen Temperaturen überlebensfähig sind. Es herrschen Rosetten- und Polsterpflanzen vor, die es beide schaffen, zwischen ihren Blättern die Temperatur gegenüber der Umgebung bedeutend höher zu halten. Sie verschaffen sich somit einen Vorteil gegenüber andersartig wachsenden Pflanzen. In Abbildung 1 sind die Temperaturen von Polsterpflanzen und aufrecht wachsenden Pflanzen (gemessen in 3800m Höhe in den Rocky Mountains bei verschiedenen Lufttemperaturen) ersichtlich.

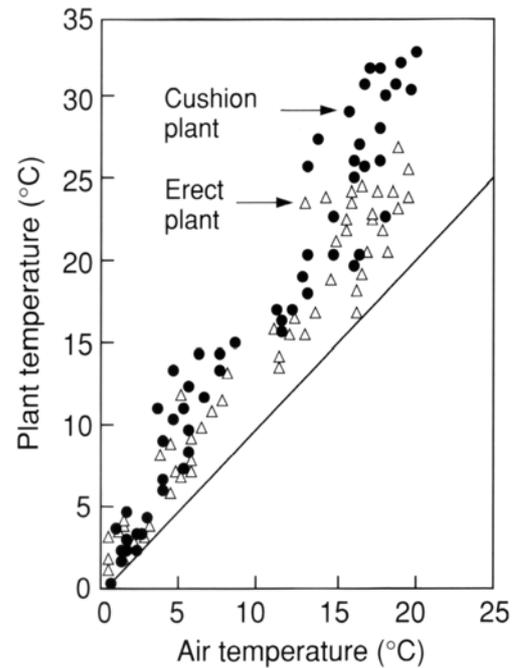


Abbildung 1: Temperatur von Pflanzen im Vergleich zur Lufttemperatur (Salisbury und Spomer 1964, in: Körner 1999)

2.1.2 Die Bedeutung der Schneebedeckung

Die Schneebedeckung gewährt den alpinen Pflanzen einerseits Schutz vor Wind und Kälte, wirkt andererseits aber begrenzend bezüglich der für die Photosynthese notwendigen Sonnenstrahlung und der Versorgung mit CO₂.

Der Temperaturgradient zwischen Boden- und Schneoberfläche ist abhängig von Schneedichte und Dicke der Schneedecke. Beispielsweise können bei einer Lufttemperatur von -33°C bereits 35cm Schneebedeckung ausreichend sein, um die Temperatur der Bodenoberfläche nahe 0°C zu halten (Eckel und Thams 1939, in: Körner 1999).

Die isolierende Wirkung ist besser, je weniger dicht der Schnee gepackt ist. Frisch gefallenen Schnee kann man bezüglich der Isolationswirkung mit Glaswolle vergleichen!

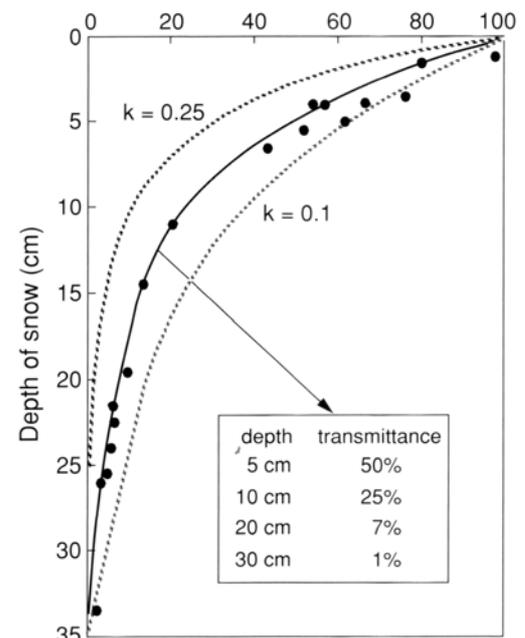


Abbildung 2: Durchlässigkeit von Schnee für Sonnenstrahlung, gemessen im Frühling in Abisko, Schweden. Gepunktete Linien: theoretische Strahlungsdurchlässigkeit nach Lambert-Beer'schem Gesetz für zwei unterschiedliche Extinktionskoeffizienten k. (aus Körner 1999)

Ebenfalls bedeutend ist, dass Photosynthese bereits unter der Schneedecke möglich und die Vegetationszeit somit länger als die schneefreie Zeit ist. Bei einer 10cm starken Schneedecke kommen immer noch 25% der Strahlung auf dem Boden an (vgl. Abb.2).

Desweiteren ist die Dauer der Schneebedeckung ausschlaggebend für die Verteilung der Vegetationstypen. Abbildung 3 zeigt deutlich die Übereinstimmung von Schneeverteilung während der Schneeschmelze und Verbreitung von Pflanzengesellschaften. Daraus folgt, dass mit einer Veränderung der Schneebedeckungsdauer und -verteilung unmittelbar eine Veränderung des Vegetationsmusters und der Vegetationstypen einhergeht. Verursacht

wird dies durch die globale Erwärmung. Unter 6. (Aktuelle wissenschaftliche Artikel) wird näher darauf eingegangen.

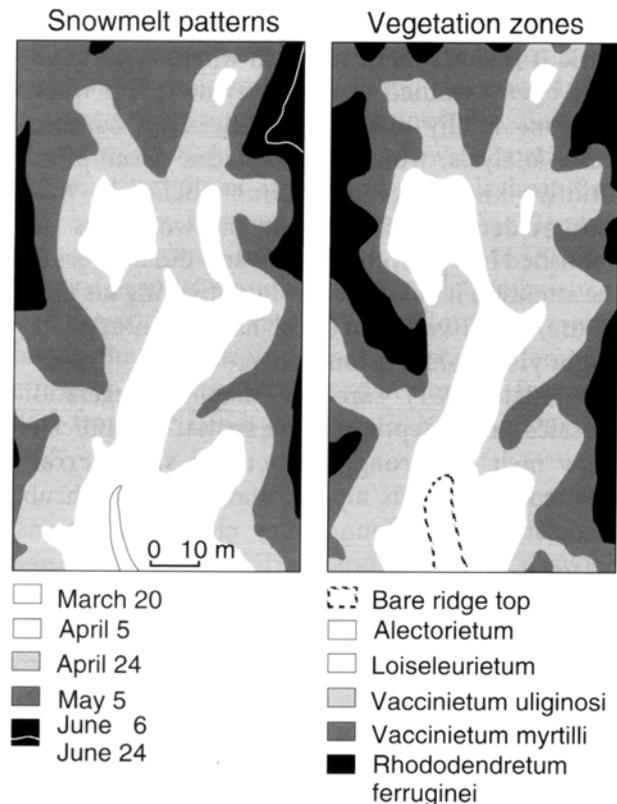


Abbildung 3: Übereinstimmung der Muster von Schneebedeckung und Vegetation in einem Gebiet der Ötztaler Alpen (nach Friedel 1961, in: Körner 1999)

2.2 Ökologie der alpinen Rasen und Schneeböden auf karbonatarmen Gesteinen

2.2.1 Alpine Rasen

Der für die zentralen Alpen besonders kennzeichnende **Krummseggenrasen** (*Caricetum curvulae*), eine Assoziation des Verbandes *Caricion curvulae*, kommt hauptsächlich in Höhen zwischen 2300-2700m NN auf relativ ruhenden Böden vor. Die Aperzeit (schneefreie Zeit) dieser Rasen beträgt 3-4 Monate. Verantwortlich für die typische herbstliche Färbung der Krummseggenrasen (vgl. Abb.4) ist die dominierende Krummsegge. Ihre Spitzen sind natürlicherweise von einem Pilz befallen, wodurch sie sich krümmen und verfärben (Reisigl und Keller 1987).

Die Nettoprimärproduktion von Biomasse ist bei Krummseggenrasen gering, da durch das saure Bodenmilieu die Mineralisierung nur mäßig voranschreitet und somit das

Nährstoffangebot niedrig ist. Der Streuvorrat ist ebenfalls gering, was darauf zurückzuführen ist, dass abgestorbene Teile an der Krummsegge hängen bleiben (Ellenberg 1996).

Die Böden, auf denen Krummseggenrasen vorkommen, sind flachgründig, die Bodenfeuchtigkeit hoch und es besteht eine Tendenz zur Pseudogleybildung. Ihren Stickstoffbedarf decken

die Krummseggen mit Hilfe von Mykorrhizen aus dem Rohhumus. Die Fortpflanzung erfolgt vorwiegend vegetativ, d.h. es werden Triebe zu den Seiten hin gebildet und der Rasen kann sich langsam vergrößern.



Abbildung 4: Krummseggenrasen der Silikatalpen mit charakteristischer Färbung (aus Reisigl und Keller 1987)

Die Geschwindigkeit

dieser Ausbreitung beträgt schätzungsweise 1 Meter in 1000 Jahren! Eine teilweise zerstörte Rasenfläche wird also lange Zeit brauchen, bis sie wieder die ursprüngliche Fläche einnimmt. Eine geschlechtliche Fortpflanzung hingegen tritt äußerst selten auf, da nur einer von 400 Trieben blüht und nur sehr wenige Samen gebildet werden.

Man findet Krummseggenrasen gelegentlich über Karbonatgestein, wenn dieses von einer Feinerdeschicht überdeckt wurde (Ellenberg 1996). Dies kann beispielsweise durch Feinerde-Eintrag während der Schneeschmelze geschehen.

Im unteren Teil der alpinen Stufe geht der Krummseggenrasen auf tiefgründigeren Böden in **Hallers Schwingelrasen** (*Festucetum halleri*), eine weitere Assoziation des *Caricion curvulae*, über. Die Verbreitung dieser Assoziation ist allerdings recht beschränkt, es wird daher nicht weiter darauf eingegangen.

Bei Beweidung in der unteren alpinen und subalpinen Stufe weicht die Krummsegge zunehmend dem **Borstgras** (*Nardus stricta* L.; Ass. *Curvulo-Nardetum*), das schon allein aufgrund seines schnelleren Wachstums hier im Vorteil ist. Durch starke Beweidung wird das Borstgras zusätzlich begünstigt, da es weniger gern gefressen wird als die Krummsegge (Ellenberg 1996).

Eine Assoziation des Verbandes *Festucion variae*, die **Buntschwingelhalde** (*Festucetum variae*), kommt ebenfalls auf karbonatarmem Gestein vor, bezieht ihre Stellung allerdings an

den eher flachgründigen Hängen. Der Buntschwingel (*Festuca varia* Haenke) ist ein Horstgras, das am Hang die Feinerde stauen kann. Die harten Rollblätter des Buntschwingels begünstigen das Abrutschen von Lawinen, wodurch sein Lebensraum bis in die montane Stufe hinab erweitert werden kann.

2.2.2 Schneeböden

In Mulden, wo der Schnee länger liegen bleibt und sich dadurch gesonderte Standortbedingungen einstellen, gehen die Sauerboden-Rasen in **Krautweiden-Schneetälchen-Gesellschaften** (*Salicetum herbaceae*) über. Die Schneebedeckung hält an diesen Standorten 8-9 Monate an. Bei mehr als 9 Monaten Schneebedeckung kommt die Krautweide (*Salix herbacea* L.) nicht mehr vor. Die Krautweide, von Linné als „kleinster Baum der Erde“ (Schröter 1926, in: Reisigl und Keller 1987) bezeichnet, zeigt die beste Entwicklung auf mäßig sauren Böden, wie sie auf kristallinem bzw. kalkarmem Gestein vorkommen (Ellenberg 1996). Sie ist in der mittleren und oberen alpinen Stufe am häufigsten anzutreffen.

Die fingerdicken Stämmchen der Krautweide stecken tief im schützenden Boden, die Zweige kriechen an oder knapp unter der Bodenoberfläche entlang, lediglich die Blätter und Blütenkätzchen sind immer oberirdisch. Der Hauptstamm stirbt nach 10-20 Jahren ab und die Kriechzweige werden Individuen. Ein Krautweidenteppich kann also vollständig aus Klonen bestehen (Reisigl und Keller 1987).

Im Herbst wirft die Krautweide wie ihre „großen Verwandten“ ihr Laub ab, was durchaus eine Besonderheit ist, da die meisten anderen Schneebodenarten grün überwintern. Viele Arten der Krautweiden-Schneetälchen durchstoßen schon vor dem kompletten Wegschmelzen die Schneedecke. Die Vegetationszeit kann um mehrere Wochen länger sein als die Aperaturzeit, da bei weniger als 11-18 cm Schneedecke (je nach Schneebeschaffenheit) das Licht zur Photosynthese bereits ausreicht (Curl et al. 1972, in: Ellenberg 1996). Der dunkle, humose Boden kann sich unter der Schneedecke aufwärmen und das Wachstum zusätzlich begünstigen.

Besonders in der oberen alpinen Stufe der Silikatmassive, wo bei länger andauernder Schneebedeckung (9-10 Monate) die Krautweide nicht mehr überlebensfähig ist, herrscht die Gesellschaft der **Widertonmoos-Schneetälchen** (*Polytrichetum sexangularis* Brid.) vor. Sie setzt sich hauptsächlich aus Moosen zusammen, darunter das Lebermoos *Anthelia juratzkana* (Limpr.) Trev., das die längste Schneebedeckung (10 Monate) aushalten kann. Bei neun Monaten Schneebedeckung überwiegen Laubmoose. Ihre Nährstoffe beziehen die Pflanzen

hauptsächlich aus mit dem Schnee eingetragenen organischem Staub, der sich nach der Schneeschmelze auf dem Boden ansammelt und trotz der kurzen Aperaturzeit durch Insekten und Bakterien mineralisiert wird. Wegen der lang andauernden Schneebedeckung trocknet der Boden dieser Schneetälchen während der kurzen Aperaturzeit praktisch nicht aus weshalb man sie auch als mineralische Nassböden bezeichnet. Es besteht die Tendenz zur Pseudogleybildung.

2.3 Ökologie der Alpinen Rasen und Schneeböden auf Karbonatgestein

2.3.1 Alpine Rasen

Der auf Karbonatgestein am häufigsten anzutreffende Alpine Rasen ist die **Blaugras-Horstseggenhalde** (Seslerio-Semperviretum). Sie konzentriert sich vor allem auf steil geneigte Südhänge mit dementsprechend flachgründigen Böden. Das intensive Wurzelwerk sammelt die Feinerde am Hang, es bildet sich eine treppige Struktur. Die Erosion wird dadurch verlangsamt und auf den sich bildenden kleinen Terrassen, die kaum beschattet werden, können sich konkurrenzschwächere Partner ansiedeln. Hierdurch entsteht ein artenreiches und wechselvolles Gefüge.

Eine weitere Assoziation des Seslerion albicantis ist der **Polsterseggenrasen** (Caricetum firmæ). Sein Vorkommen ist auf früh ausapernde Standorte, die mehr Wind und Kälte ausgesetzt sind, beschränkt. Die Polstersegge (*Carex firma* Host, vgl. Abb.5), ein immergrünes Halbkugelpolster, vergesellschaftet sich hier mit anderen Rosetten- und Polsterbildnern. Auf sehr steinigem Kalkboden ist das Caricetum firmæ eine Dauergesellschaft, ansonsten nimmt sie die Stellung eines Pioniers für geschlossene Rasen ein. Ein Pionier für den Polsterseggenrasen ist wiederum *Dryas octopetala* L., die sich mit den Wurzeln tief im Boden verankern kann und die Bodenbildung initiiert.

Auf nie austrocknenden, tiefgründigen Böden schwach geneigter Hänge und Hangmulden trifft man auf die Assoziation des **Rostseggenrasen** (Caricetum ferrugineæ). Diese Bedingungen treten hauptsächlich in der unteren alpinen und an waldfreien Stellen der subalpinen Stufe auf. Der Schnee muss so lange liegen, dass die letzten Fröste des



Abbildung 5: Polstersegge, *Carex firma* Host (aus www.floraweb.de)

Frühjahrs die Pflanzen nicht schädigen können. Die Rostsegge vergesellschaftet sich in dieser Assoziation mit zahlreichen Leguminosen, die Stickstoffversorgung ist somit gesichert.

Erwähnt sei an dieser Stelle noch die Assoziation **Violettsschwengelrasen** (*Festuco-Trifolietum thalii*) desselben Verbandes, *Caricion ferrugineae*, die wie der Rostseggenrasen auf ruhenden Böden vorkommt und eine Mittelstellung zwischen Kalk- und Sauerboden-Gesellschaften einnimmt. Interessant ist die Verbreitung dieser Assoziation im Zusammenhang mit Lawinenabgängen, da die abgestorbenen Halme eine ideale Gleitbahn für Schnee bilden. Vermindert wird die Lawinengefahr auf solchen Flächen durch die Almwirtschaft, da das Mähen/Abfressen der Pflanzen diese Gleitwirkung verhindert. Ein Rückgang der Almwirtschaft kann hier daher zu erhöhter Lawinen- und Erosionsgefahr führen.

2.3.2 Schneeböden

Allgemein lässt sich zu Schneeböden auf Karbonatgestein bemerken, dass sie weniger artenreich sind als jene auf karbonatarmem Gestein, was auf den Wasserhaushalt zurückzuführen ist. Auf dem geklüfteten Kalk versickert das Wasser während der Schneeschmelze schneller, so dass die Pflanzen im Sommer starker Trockenheit ausgesetzt sein können. Dies schränkt das Vorkommen vieler Arten ein. Aufgrund der Trockenheit treten die Moose, die bei den nicht austrocknenden Sauerboden-Schneetälchen zahlreich vertreten sind, in den Hintergrund. Die Morphologie der Kalkgebirge führt dazu, dass hier die



Abbildung 6: Stumpfbliättrige Teppichweide, *Salix retusa* L. (aus www.floraweb.de)

Schneeböden hauptsächlich am Fuß von Schutthalden vorkommen und dort direkt in Schuttfluren übergehen während die Sauerboden-Schneetälchen auf den sanfter geformten Silikatgebirgen auch in höheren Lagen noch vorkommen und Übergänge zu den Rasen bestehen. Am besten ausgebildet sind die Kalk-Schneeböden auf weichen Mergeln. Überall dort, wo Schmelzwässer entkalkte Feinerde in Mulden eingeschwemmt haben, kann man auch säureholde Arten finden. Im Folgenden werden die beiden bedeutenden Gesellschaften der Kalk-Schneeböden genannt.

Das Pendant zum Krautweiden-Schneetälchen auf Silikatgestein bildet auf Karbonatgestein das **Gletscherweiden-Spalier** (*Salicetum retusae-*

reticulatae). Wo die Schneemulden von größeren Kalksteinen durchsetzt sind, bilden die Teppichweide *Salix retusa* L. und die Netzweide *Salix reticulata* L. an diesen Spaliere, daher die Namensgebung. Die Schneebedeckung dauert 7-8 Monate an. Durch den Laubabwurf der Weiden wird die Humusentwicklung begünstigt und die Ansiedlung von Rasenpflanzen möglich. Es kann daher eine Weiterentwicklung zum Seslerio-Semperviretum oder Elynetum (zu den Alpen Heiden gehörig) erfolgen.

Bei Fehlen der Kalksteine und etwas längerer Schneebedeckung trifft man eher auf den **Gänsekressenboden** (Arabidetum caeruleae), der besonders durch den im Juli weiß blühenden *Ranunculus alpestris* L. ausgezeichnet wird. Wie bei den Widertonmoos-Schneetälchen auf Silikat erfolgt auch hier der Nährstoffeintrag durch den Staub im Schnee.

2.4 Übersicht

Abschließend zum Kapitel über die Ökologie der alpinen Rasen und Schneeböden werden hier nochmals einige ökologische Kriterien der häufigsten Gesellschaften tabellarisch dargestellt.

Tabelle 3: Übersicht über ausgewählte Kriterien häufiger alpiner Gesellschaften

	Curvuletum	Salicetum herbaceae	Seslerio-Semperviretum	Caricetum firmae
<i>Schwerpunkt der Höhenverbreitung</i>	2300-2700m	2200-2800m	2000-2900m	2000-3000m
<i>mittlere Artenzahl</i>	30	15	50	25
<i>Standortscharakter</i>	+/- trocken, mäßig warm, mäßig bewindet	+/- dauerfeucht, kühl	warme Steilhänge	exponiert, felsig
<i>schneefreie Zeit</i>	4-7 Monate	1-4 M.	6-7 M.	4-7 M.
<i>Bodentiefe</i>	mittlere Tiefe	flach bis sek. tief (kolluvial)	tiefgründig	flachgründig
<i>Häufiger Bodentyp</i>	Alpine Rasenbraunerde	Alpiner Pseudogley	Mull-Rendzina	Pech-Rendzina

3 Systematische Eingliederung

Im Folgenden wird die Systematik der behandelten Pflanzengesellschaften knapp dargestellt. Die Charakterarten der Verbände sind in Klammern gesetzt aufgeführt.

XXXIV. Klasse: Seslerietea albicantis, alpigene Kalk-Magerrasen

Ordnung: Seslerietalia albicantis

Verband: Seslerion albicantis (*Alchemilla exigua* Buser ex Paulin, *Carex firma* Host, *Gentiana clusii* Perr. et Song., *Ranunculus thora* L., *Saxifraga moschata* Wulfen)

Assoziation: Caricetum firmae

Assoziation: Seslerio-Semperviretum

u.a.

Verband: Caricion ferrugineae (*Alchemilla pallens* Buser, *Campanula thyrsoides* L., *Carex ferruginea* Scop., *Crepis bocconi* Sell, *Dianthus superbus alpestr.* L.)

Assoziation: Caricetum ferrugineae

u.a.

XXXV. Klasse: Carici rupestris-Kobresietea, Nacktried-Gesellschaften

Ordnung: Elynetalia

Verband: Elynion (*Aster alpinus* L., *Carex atrata* L., *Elyna myosuroides* (Vill.) Fritsch, *Gentianella tenella* (Rottb.) Börner, *Silene exscapa* All.)

Assoziation: Elynetum

XXXVI. Klasse: Salicetea herbaceae, Schneeboden-Gesellschaften

Ordnung: Arabidetalia caeruleae

Verband: Arabidion caeruleae (*Carex parviflora* Host, *Plantago atrata* Hoppe, *Ranunculus alpestris* L., *Rumex nivalis* Hegetschw., *Saxifraga androsacea* L.)

Assoziation: Salicetum retusae-reticulatae

Assoziation: Arabidetum caeruleae

u.a.

Ordnung: Salicetalia herbaceae

Verband: Salicion herbaceae (*Alchemilla obtusa* Buser, *Kiaeria starkei* Web. et Mohr., *Orthotrichum incurvum*, *Polytrichum sexangulare* Brid., *Salix herbacea* L.)

Assoziation: Salicetum herbaceae

Assoziation: Polytrichetum sexangularis

u.a.

XXXVII. Klasse: Juncetea trifidi, Krummseggenrasen

Ordnung: Caricetalia curvulae

Verband: Caricion curvulae (*Androsace obtusifolia* All., *Carex curvula* All., *Euphrasia minima* Jacq. ex DC., *Festuca halleri* agg., *Hieracium piliferum* Hoppe)

Assoziation: Caricetum curvulae

u.a.

XXXVIII. Klasse: Nardo-Callunetea

Ordnung: Nardetalia, Borstgras-Gesellschaften

Verband: Nardion (*Alchemilla alpina* L., *Campanula barbata* L., *Gentiana punctata* L., *Leontodon helveticus* Mérat, *Trifolium alpinum* L.)

Assoziation: Curvulo-Nardetum

u.a.

Verband: Festucion variae (*Festuca varia* Haenke, *Laserpitium halleri* Crantz, *Veronica fruticulosa* L.)

Assoziation: Festucetum variae

u.a.

u.a.

4 Verbreitung

In Deutschland beschränkt sich die Verbreitung der alpinen Rasen und Schneeböden auf die im Süden ansteigenden Alpen (vgl. Abb.7).

Europaweit zählen zu den Hauptverbreitungsgebieten neben den Alpen die Skanden, der Kaukasus und die Pyrenäen (vgl. Abb.8).

In den Karten wird jeweils die Verbreitung der kompletten alpinen Vegetation dargestellt, d.h. es sind unter anderem die Fels- und Schuttgesellschaften enthalten, die in dieser Arbeit nicht behandelt werden.

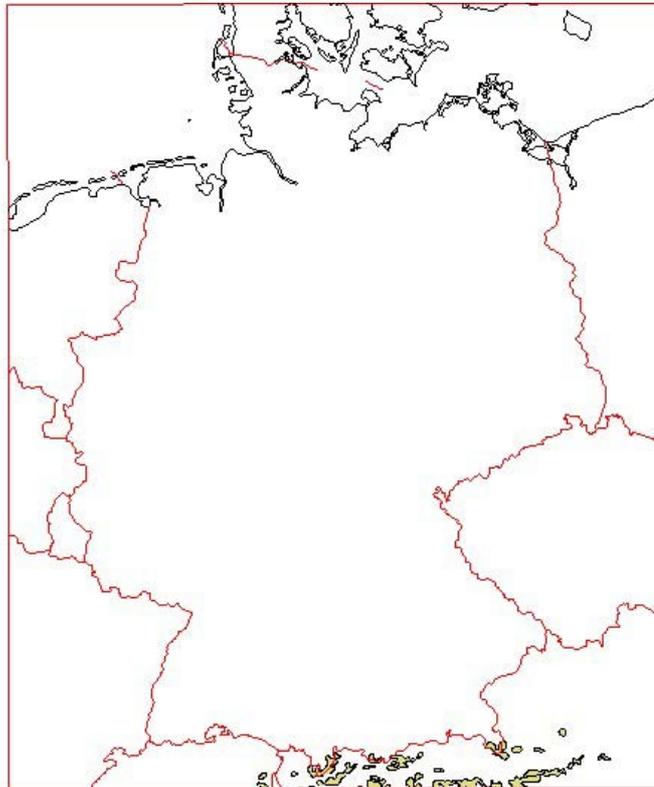


Abbildung 7: Verbreitung der alpinen Vegetation in Deutschland

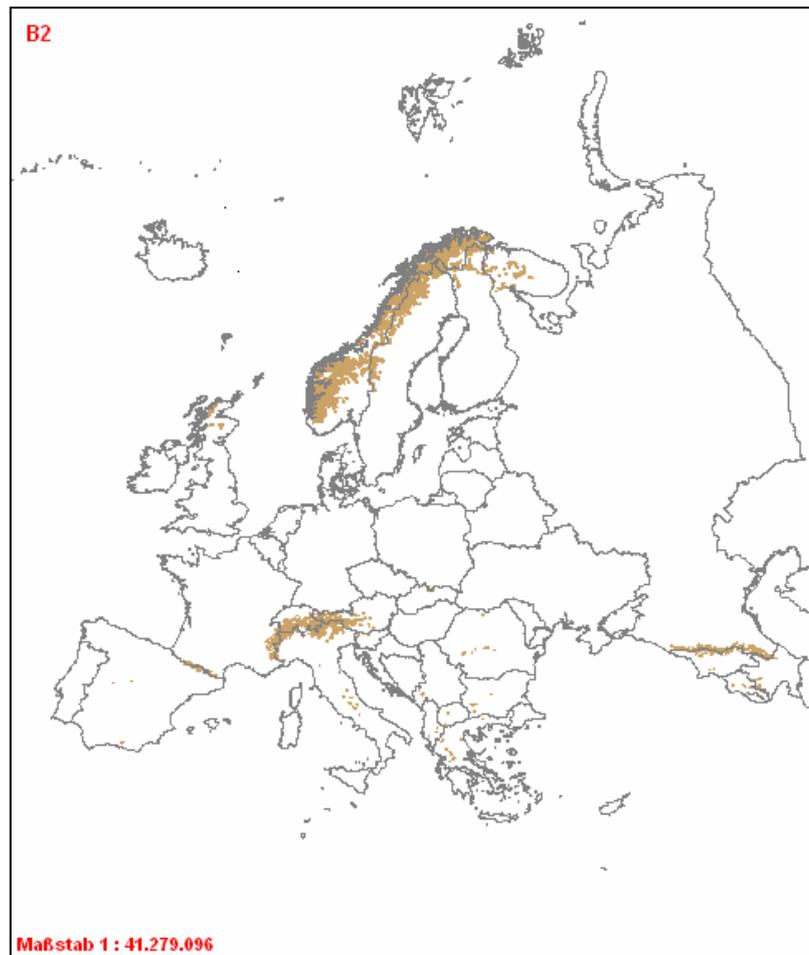


Abbildung 8: Verbreitung der alpinen Vegetation in Europa

5 Gefährdung und Schutz

Die Ursachen der Gefährdung alpiner Pflanzengesellschaften liegen hauptsächlich im Klimawandel und im direkten anthropogenen Einfluss durch Tourismus.

Aufgrund der globalen Erwärmung tritt eine Verschiebung der Höhenstufen ein, wodurch der Lebensraum vieler alpiner Arten vor allem dort, wo die Ausweichmöglichkeit in höhere Lagen begrenzt ist, eingeengt wird oder ganz verschwindet. Veränderte Niederschlagsmengen führen zu einer Veränderung der Schneebedeckung und beeinflussen somit die Standortbedingungen aller alpiner Pflanzengesellschaften. Starkregen verstärken die Erosion und zerstören zusätzlich Lebensraum für Pflanzen.

Auch direkt stellt der Mensch eine Gefahr für die alpine Vegetation dar, indem er Skigebiete anlegt, fremde Arten einschleppt und ohnehin schon seltene Arten auf Wanderungen pflückt.

Durch intensive Nutzung von Wiesen als Mahdfläche werden bei zusätzlicher Düngung empfindliche Arten, die meistens zu den Seltenen gehören, verdrängt.

In Deutschland wurde daher bereits in den 70er Jahren insbesondere zum Schutz der alpinen Pflanzengesellschaften der Nationalpark Berchtesgaden gegründet. Zu den vorrangig geschützten Lebensräumen gehören hier laut Bundesamt für Naturschutz: „Alpine Felsschuttfuren, Rasengesellschaften und Gebüsche, subalpine, montane und submontane Wälder, Bergwiesen, Seen“ (www.bfn.de).

Einige nach Bundesartenschutzverordnung (BArtSchV) 'besonders geschützte' Arten - mit unterschiedlichen Gefährdungsgraden - sind: *Gentiana bavarica* L. (ungefährdet), *Chamorchis alpina* (L.) L.C. Richard (ungefährdet), *Dianthus superbis* L. (gefährdet), *Gentiana clusii* Perr. et Song. (gefährdet), *Gentiana punctata* L. (gefährdet) und *Leontopodium alpinum* Cass. (stark gefährdet).

6 Aktuelle wissenschaftliche Artikel

Bei der Recherche nach aktuellen wissenschaftlichen Artikeln fällt auf, dass sich die meisten aktuellen Forschungen an alpinen Pflanzenarten oder -gesellschaften auf den Klimawandel beziehen. Folgende ausgewählte Artikel zeigen einige hochaktuelle Ergebnisse der Forschung in diesem Bereich.

K. HUELBER, M. GOTTFRIED, H. PAULI, K. REITER, M. WINKLER UND G. GRABHERR

Phenological Responses of Snowbed Species to Snow Removal Dates in the Central Alps: Implications for Climate Warming

Arctic, Antarctic, and Alpine Research 38 (1): 99-103. Februar 2006.

Die globale Erwärmung führt zur Veränderung zweier Faktoren, die die Dauer der Vegetationsperiode und somit die Reproduktionszeit der alpinen Pflanzen stark beeinflussen: die Niederschläge im Winter und die Temperatur. Es wurde die Auswirkung dieser Veränderungen auf mehrere Pflanzenarten untersucht und festgestellt, dass die Temperatur einen deutlichen Einfluss hat. Der Zeitpunkt der Schneeschmelze hingegen steht nicht in direktem Zusammenhang mit dem Beginn der Entwicklung von Reproduktionsorganen.

P. BANNISTER, T. MAEGLI, K.J.M. DICKINSON, S.R.P. HALLOY, A. KNIGHT, J.M. LORD, A.F. MARK UND K.L. SPENCER

Will loss of snow cover during climatic warming expose New Zealand alpine plants to increased frost damage?

Oecologia 144 (2): 245-256. Juni 2005.

Das Abschmelzen der Schneedecke aufgrund global steigender Temperaturen setzt an Schneebedeckung angepasste Pflanzen extremeren Temperaturen und stärkerer Sonnenstrahlung aus. Dies ist problematisch, da Arten, die natürlicherweise im Winter von Schnee bedeckt sind, eine geringere Widerstandskraft gegen Frost aufweisen als Arten, die an windexponierten Standorten schneefrei den Winter überstehen. Hinzu kommt, dass der Frostwiderstand je nach Art saisonalen Schwankungen unterliegt. Kontrolliert wird dies vorwiegend durch die Tageslänge, aber auch die Temperatur hat Einfluss auf die Zu- oder Abnahme der Widerstandskraft. Steigende Temperaturen könnten demnach den Frostwiderstand früher als sonst sinken lassen, gleichzeitig nimmt aber auch die Frostgefahr ab so dass sich der Effekt relativiert.

K.L. MCDOUGALL, J.W. MORGAN, N.G. WALSH UND R.J. WILLIAMS

Plant invasions in treeless vegetation of the Australian Alps

Perspectives in plant ecology, evolution and systematics 7 (3): 159-171. 2005.

Bedingt durch die globale Erwärmung und die Anlage von Gärten in Ski Resorts wird die Invasion fremder Arten in den Australischen Alpen begünstigt. Die Zahl invasiver Arten hält sich jedoch allgemein in Grenzen, da die Mehrzahl unabsichtlich eingeführt wird und nicht an große Höhen angepasst ist. Ihre Ausbreitungsmöglichkeit ist somit stark eingeschränkt. Absichtlich eingeführte Arten, wie es bei Gärten der Fall ist, stellen ein weitaus größeres Risiko dar, da gezielt in der Höhe überlebensfähige Arten ausgewählt werden.

GAKU KUDO AND AKIRA S. HIRAO

Habitat-specific responses in the flowering phenology and seed set of alpine plants to climate variation: implications for global-change impacts

Population Ecology 48 (1): 49-58. Januar 2006.

Der Beginn der Schneeschmelze ist ein wichtiger Faktor für die zeitliche Entwicklung alpiner Pflanzen. Bedingt durch die globale Erwärmung tritt die Schneeschmelze an Standorten mit natürlicherweise früh beginnender Schmelze noch früher ein. An Standorten mit spät beginnender Schmelze wurden keine Veränderungen festgestellt. Die verfrühte Schneeschmelze hat Auswirkungen auf den Beginn der Blütezeit sowie auf den Keimerfolg von Samen. Veränderungen diesbezüglich sind allerdings von vielen weiteren Faktoren abhängig wie beispielsweise der Aktivität von Bestäubern. Die Auswirkung des

Klimawandels auf biologische Interaktion ist also stark vom Habitat, das durch die Saisonalität der Schneebedeckung geprägt ist, abhängig.

T. EDMONDS, I.D. LUNT, D.A. ROSHIER UND J. LOUIS

Annual variation in the distribution of summer snowdrifts in the Kosciuszko alpine area, Australia, and its effect on the composition and structure of alpine vegetation

Austral Ecology 31 (7): 837. November 2006.

Es wird ein starker Zusammenhang zwischen der Vegetationszusammensetzung und der Dauer der Schneebedeckung im Sommer festgestellt. Die aufgrund der globalen Erwärmung abnehmende Schneebedeckung führt zur Ausbreitung von Büschen und Gräsern auf Kosten von Polsterpflanzen. Die Folge ist ein Rückgang der landschaftlichen Diversität. Durch Monitoring potentieller Indikatorarten könnten die Auswirkungen der globalen Erwärmung auf den alpinen Lebensraum abgeschätzt werden.

G.R. WALTHER, S. BEIßNER UND C.A. BURGA

Trends in the upward shift of alpine plants

Journal of Vegetation Science 16 (5): 541–548. Oktober 2005.

Vegetationsaufnahmen auf Gipfeln in einem Gebiet der Schweizer Alpen werden mit früheren Aufnahmen von 1905 und 1985 verglichen. Die Ergebnisse zeigen, dass die Artenzahl in großer Höhe weiterhin zunimmt. Es wird außerdem eine beschleunigte Ausbreitung von Pflanzen in größere Höhen festgestellt. Die beschleunigte Veränderung der Vegetation seit 1985 lässt sich mit dem Klimawandel erklären.

Literaturverzeichnis

Ellenberg, Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht. Ulmer, Stuttgart 1996.

Franz, Ökologie der Hochgebirge. Ulmer, Stuttgart 1979.

Körner, Alpine Plant Life. Springer, Berlin Heidelberg 1999.

Mertz, Pflanzengesellschaften Mitteleuropas und der Alpen. Ecomed, Landsberg/Lech 2000.

Oberdorfer, Pflanzensoziologische Exkursionsflora. Ulmer, Stuttgart 1983.

Reisigl und Keller, Alpenpflanzen im Lebensraum. Fischer, Stuttgart 1987.

Rothmaler, Exkursionsflora von Deutschland, Band 2. Springer, Berlin Heidelberg 2002.

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht der alpinen Rasengesellschaften	164
Tabelle 2: Übersicht der alpinen Schneebodengesellschaften.....	164
Tabelle 3: Übersicht über ausgewählte Kriterien häufig vertretener alpiner Gesellschaften .	171

Spezielle Geobotanik

Fels(spalten)- und Schuttvegetation



© Daniel Hornstein

von hier an andere Seitenformatierung, da Dokument bereits als pdf vorlag...

1. Einleitung.....	2
2. Ökologische Standortfaktoren im Hochgebirge.....	3
2.1 Makroklima und Orographie.....	5
2.2 Mikroklima.....	7
2.3 Edaphische Faktoren.....	8
3. Pflanzensystematische Gliederung.....	10
4. Verbreitung der Vegetationstypen	12
4.1 Alpine Gesellschaften	12
4.2 Azonale Gesellschaften	13
5. Gefährdung und Schutz.....	14
6. Aktuelle wissenschaftliche Artikel	17
7. Literaturverzeichnis.....	20

1. Einleitung

Die Felsspalten - und die Schuttvegetation sind typische Einheiten der alpinen und nivalen Stufe der Alpen. Sie lassen sich aber nicht nur in mitteleuropäischen Hochgebirgen finden, sondern überall dort, wo aufgrund von extremen Standortbedingungen gleichartige Anpassungen gefordert sind. So weist zum Beispiel die alpine Stufe der neuseeländischen Alpen (vgl. Abschnitt 6 Artikel 4) gleiche Merkmale und Charakterzüge auf und reiht sich wie viele andere Hochgebirge (vgl. Abb. 1) mit in diese Vegetationstypen ein.

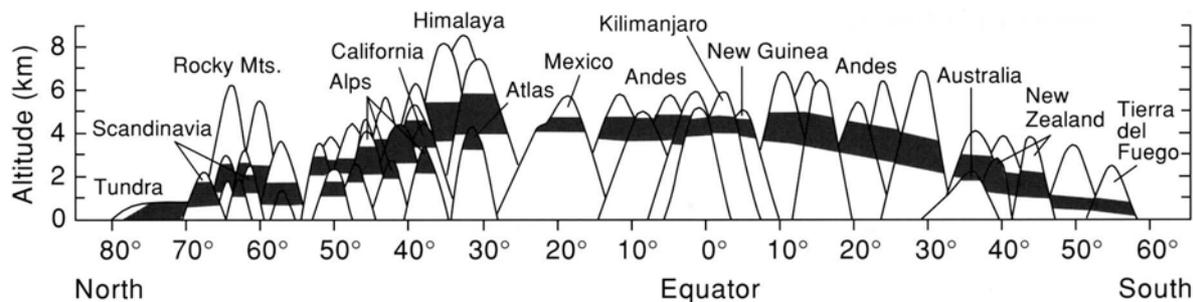


Abb. 1: Schematische Darstellung alpinen (dunkel) und nivalen (Bergspitzen) Höhenstufen abhängig von der geografischen Breite. (aus Körner, 1999)

Das mitteleuropäische Klima wird auch als „Hemikryptophyten - Klima“ bezeichnet. Von 2880 Gefäßpflanzen zeigen 45% eine hemikryptophytische Lebensform (Ellenberg 1996). Dies deutet auf eine besonders gute Anpassung an die klimatischen Bedingungen des „Vier-Jahres-Zeiten“ – Klimas hin. Allerdings täuscht es darüber hinweg, dass Hemikryptophyten eigentlich in der potentiellen natürlichen Vegetation Mitteleuropas auf Felsspalten -, Steinschutt- und Geröllgesellschaften der alpinen und nivalen Hochgebirgsstufen beschränkt sind. Einige azonale Gesellschaften wie zum Beispiel wärmeliebende Mauerfugengesellschaften (*Parietaria judaicae*) bestehen auch aus Hemikryptophyten und zählen zur Felsspaltenvegetation.

Die Ausbreitung von ausdauernden krautigen Pflanzen wurde erst durch Rodung natürlicher Buchenwälder, durch extensiven Ackerbau und die Ausdehnung der Weidewirtschaft in den Alpen ermöglicht.

2. Ökologische Standortfaktoren im Hochgebirge

Der häufigste Standort für diese beiden Vegetationstypen befindet sich in der hochalpinen und nivalen Stufe. Dort ist keine geschlossene alpine Rasendecke, kein Baumkrüppel (alpin) oder gar ein geschlossener Wald (hochmontan) anzutreffen. Aufgrund der dürftigen bis fehlenden Bodenentwicklung nutzen hochalpine Phanerogamen Schutt-, Schotter und Geröllspalten mit Feinerdeansammlungen als Substrat. Da die Tiefgründigkeit des Bodens stark von Exposition, Hangneigung, sowie makro- und mikroklimatischen Faktoren des Gebirgszugs abhängt, kann keine allgemeine Höhenangabe zur unteren Grenze gemacht werden. Je nach Vordringen erodierter Rinnen, Schuttfächern von Wildbächen, Felsschroffen, Geröllbahnen und Gletscherablagerungen variiert die Zusammensetzung von phytosoziologischen Einheiten auf kleinem Raum so stark, dass man von einem Gesellschaftsmosaik spricht (Ellenberg, 1996).

Mit zunehmender Höhe gewinnen Kryptogamen (Farne, Flechten, Moose) an Bedeutung. Flechten besiedeln den größten Flächenanteil der nivalen Stufe und schaffen es durch ihre poikilohydre Eigenschaft, der Fähigkeit trotz völliger Austrocknung nicht abzusterben, Jahrtausende lang in diesen Höhen zu überdauern.

Gefäßpflanzenarten dieser Vegetationstypen sind konkurrenzschwache Lichtpflanzen. Sie nehmen ausschließlich die Lebensform der Hemikryptophyten oder die der krautigen Chamaephyten ein (Ellenberg 1996). Hemikryptophyten sind anemochor oder zoochor und pflanzen sich sowohl vegetativ durch klonales Wachstum als auch sexuell durch Blüten- und Samenbildung fort. Bei vielen Poacea- und Asteraceae- Arten, in einzelnen Fällen auch bei *Ranunculus glacialis* (L.) tritt klonales Wachstum auf. In längeren sonnigen Vegetationsperioden, ausschließlich in den Sommermonaten, wenn die Schneedecke etwas zurückgegangen ist, bringen alpine Pflanzen die Energie zur Blütenbildung auf. Ihre Samen besitzen durchgehend eine gute Keimfähigkeit und weisen ein artspezifisches Keimverhalten auf (Frühjahr bis Herbst). Das Zusammenspiel mehrerer Faktoren wie Wachstumsbedingungen des Standorts, Aperatur, Temperatur und Tiefsttemperaturen während der Ruhezeit sind entscheidend. Es ist interessant, dass einige Arten erst dann keimen, wenn sie bestimmte Minusgrade erfahren haben (Körner 1999).

Der entscheidende Umweltfaktor, der das Hochgebirge zu einem Extremstandort macht und damit Raum für stresstolerante Pflanzen bietet, ist die niedrige Jahresdurchschnittstemperatur. Extreme Temperaturschwankungen und die kurze Vegetationsperiode sind weitere Extremstandortfaktoren. Nur Spezialisten schaffen es durch ihre physiognomisch-morphologische Anpassungen und ökologische Einnischung diesem rauen Klima standzuhalten.

Dauerhaft gefrorene Böden und schroffe Felsen mit Schneedecken schränken den Lebensraum deutlich ein. Dadurch keimen Samen nur dort, wo sie auf adäquate Habitate treffen, die meist sehr kleinräumig sind. Physiologische Anpassung sowie Widerstandsfähigkeit gegen widrige Bedingungen, wie zum Beispiel erhöhte UV-Strahlung, sind der andere Weg, den Pflanzen wählen, um in diesen Extremstandorten überleben zu können.

Sonnenexponierte Felsenschrofe, Steil- und Überhänge können an windgeschützten Stellen an der Gesteinsoberfläche bis zu 35°C in Sommermonaten erreichen. Sie erhalten in Frühjahrs- und Herbstmonaten höhere Einstrahlung als flache Bereiche und schaffen sich mit der Wärmerückstrahlung bzw. ihrer hohen Wärmespeicherkapazität ihr eigenes Mikroklima. Diese äußerst günstigen Mikrohabitate weisen eine der längsten Vegetationsperioden über der Waldgrenze auf (Ellenberg 1996). Dort leben Chasmophyten und Chomophyten (vgl. Abb. 2) zusammen mit Moosen auf kleinstem Wurzelraum und nährstoffreichen Humus- und Feinerdeansammlungen. Im Winter sind sie ohne eine isolierende Schneedecke Temperaturen von bis zu – 20°C und mehr ausgesetzt.

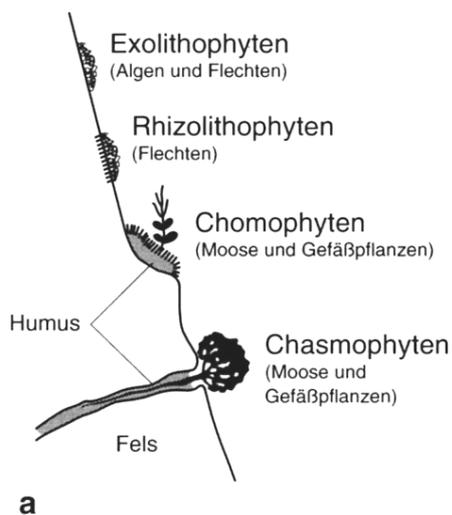


Abb. 2: Typen von Felsbewohnern (aus Ellenberg 1996)

An Standorten mit zusätzlicher Frosttrockenheit können sich nur noch poikilohydre Flechten und Moose, Rhizolithophyten und Exolithophyten, halten. Aber auch Phanerogamen haben unabhängig von Familie und Gattung Strategien entwickelt, welche den Wasserhaushalt effektiver gestalten. Einmal kann durch sukkulente Blätter, wie sie bei *Sempervivum montanum* (L.), *Linaria alpina* (Mill.) und *Saxifraga* – Arten auftreten, Wasser gespeichert werden und zum

anderen werden bei Polsterbildung, zum Beispiel bei *Silene acaulis* (Jacq.), *Androsace helvetica* (All.) und *Potentilla frigida* (L.), Temperatur- und Wasserverluste verringert (Körner 1999). Die Polsterform schützt nicht nur vor Frost und Austrocknung, sondern akkumuliert auch Boden, Wasser und organische Reste, die wieder zu Nährstoffen umgesetzt werden können (vgl. Abschnitt 6, 5.). Meist sind diese Arten des ewigen Schnees (nivale Stufe) keiner soziologischen Gesellschaft mehr zugeordnet (vgl. Abschnitt 4 Abb. 6) (Frey & Lösch 2004).

Ein weiterer ökologischer Faktor dieser Vegetationseinheit ist die Instabilität und Variabilität des Substrats über die Zeit. Ursache des sehr langsamen Prozesses der physikalischen Verwitterung ist die hohe Reliefenergie von jungen Gebirgen und unter anderem auch die extremen Temperaturschwankungen. Gletscher und Schmelzwässer sorgen für den Transport in tiefer gelegene Bereiche, wo das Gesteinmaterial je nach Hangneigung in Form von feinerem Moränenschutt, Gesteinsschutt, Geröll und Blockhalden zur Ruhe kommt. Menge und Verteilung von feinem Schuttmaterial sind die entscheidenden Faktoren für die Besiedlung durch Pflanzen. Nährstoffeintrag aus der Atmosphäre über N₂- Deposition in Schnee und Wind reichen den Schuttpflanzen aus, um sich dort anzusiedeln und mit Hilfe von Polsterbildung dieses Mikrohabitat zu erhalten. Arten wie zum Beispiel *Silene alpina* (Lam.) und *Thlaspi rotundifolium* (L.) vermögen es aufgrund eines ausgedehnten Wurzelnetzes mit beweglichem Schutt zu wandern. Je nach morphologisch-ökologischen Anpassung werden Arten in Schuttwanderer, Schuttüberkriecher, Schuttdecker und -stauer unterteilt (Ellenberg 1996). Die meisten hochalpinen Pflanzen investieren viel Energie in die Ausbildung eines ausgeprägten Wurzelsystems.

2.1 Makroklima und Orographie

Das Klima von Hochgebirgen ist durch hohe ultraviolette Einstrahlung charakterisiert. Dagegen schützen sich Gefäßpflanzen durch Rückstrahlung mit Hilfe von behaarten Blättern (Pubeszenz) (zum Beispiel das Edelweiss, *Leontopodium alpinum* (Cass.)). Diese morphologische Anpassung ist in der Alpenflora weniger stark ausgeprägt als in äquatornahen Hochgebirgen (Körner 1999). Der Pflanzenmetabolismus ist in diesen Hochgebirgen, zum Beispiel der spanischen Sierra Nevada, höherer UV- Strahlung ausgesetzt als Gebirgen der gemäßigten Breiten. Pubeszente Blätter dienen dem

Verdunstungsschutz und der Isolation vor Extremtemperaturen. Sie sind in tropischen alpinen Gebirgen häufiger anzutreffen (vgl. dazu Abschnitt 6, 4.).

Aufgrund der abnehmenden Dichte der Luft mit der Höhe ist die Ausstrahlung im Gebirge in der Nacht wesentlich höher als in Tieflagen, was zu einem extremen diurnalen Temperaturwechsel führt. Kälteeinbrüche in Frühjahr- und Herbstmonaten bringen kurzzeitige Schneefälle und Fröste. Diese Temperaturinstabilität macht das Hochgebirgsklima zu einem ausgeprägten Frostwechselklima.

Die Wintermonate sind durch lang anhaltende tiefe Temperaturen und gefrorene Böden bestimmt. Die Mächtigkeit der Schneedecke hängt maßgeblich vom Standort, dessen Reliefposition und Windverhältnissen ab. Die isolierende Wirkung der Schneedecke schützt Pflanzen vor Frösten und Frostrocknis. Der niedrige Luftdruck in der Höhe sowie die geringe Lichtintensität unter der Schneedecke hemmen die Photosyntheseleistung. Hochalpine Pflanzenarten weisen ihr Temperaturoptimum zur Photosyntheseleistung bei ausgesprochen niedrigen Werten auf.

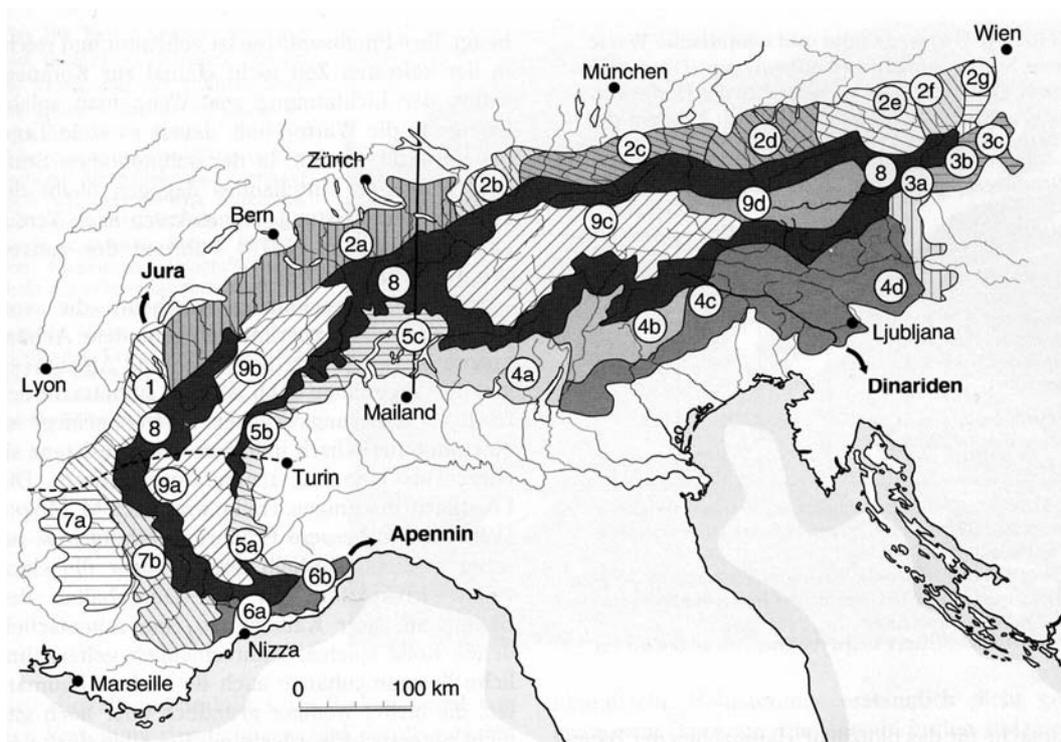


Abb. 3: Biogeographische Gliederung der Alpen und ihrer Randzonen (aus Ellenberg 1996, nach Ozenda, 569). 1-7: Randalpen (Kalkgestein außer Teilgebiete 3 und 5); 8: Zwischenalpen, 9: Zentralalpen (überwiegend Silikatgestein).

Pflanzen der Fels- und Schuttvegetation zeichnen sich durch geringe Größe, langsames Wachstum, sowie extreme Temperatur- und Trockentoleranz aus. Die beste Anpassung hierfür zeigt *Ranunculus glacialis* (L.), der in den Westalpen (Finsteraarhorn) noch auf 4270m anzutreffen ist und damit „die höchststeigende Blütenpflanze Europas“ (Ellenberg 1996) darstellt.

Die orographische Lage eines Schutt- oder Felsenhanges hat bedeutenden Einfluss auf Niederschlag und Schneeverhältnisse. Die Zentral- und östlichen Randalpen (vgl. Abb. 3) weisen kontinentale Klimaverhältnisse auf. Die westlichen Randalpen hingegen sind wegen der in unseren Breiten herrschenden Westwindzone ozeanisch geprägt. Die Südalpen und südwestlichen Randalpen nehmen aufgrund ihrer deutlich wärmeren Temperaturen floristisch submediterranen Charakter an.

2.2 Mikroklima

Über der Baumgrenze sind Faktoren der Mesoskala wie Relief, Hangneigung und Exposition ausschlaggebend für die Verbreitung der Pflanzen. So kommen Gefäßpflanzen der Felsspalten -und Mauerfugengesellschaften (*Asplenietea trichomanis*) in der alpinen bis nivalen Stufe nur an sonnenexponierten Standorten vor. In beschatteten, feuchteren Habitaten überwiegen *Asplenium* - und *Cystopteris*-Arten. Diese Farne dringen nur bis in die alpine Stufe vor.

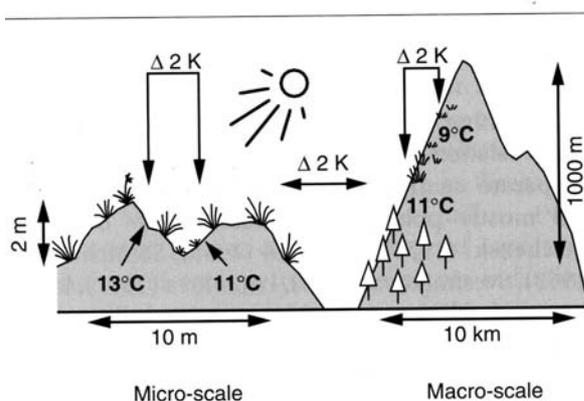


Abb. 4: Mikroklima als wichtigster ökologischer Faktor für alpine Flora; hier schematisch veranschaulicht anhand von Temperaturgradienten (aus Körner 1999).

Je steiler das Gefälle umso höher die Einstrahlungsintensität und damit die Temperatur. Schnee hält sich auf geneigten Flächen und Steilwänden weniger lang als in Kuhlen und Mulden. Letztere sind aufgrund der windgeschützten und sonnenarmen Reliefposition länger mit Schnee bedeckt. Der Ausaperungszeitpunkt

eines Habitats ist der Zeitpunkt schneefreier Oberfläche, welcher durch die Schneeschmelze initiiert wird. Der Beginn der Vegetationsperiode ist mit dem Ausaperungszeitpunkt verknüpft. Sinkende Temperaturen ermöglichen eine höhere Wasser- und Nährstoffverfügbarkeit, was infolge dessen die Photosynthese der Pflanzen anregt.

Das Ausapern kann an besonders geschützten Standorten erst in den Sommermonaten und an besonders widrigen Standorten das ganze Jahr über nicht stattfinden. Dort siedelt sich kaum Vegetation an, außer Schneebodenrasengesellschaften (*Salicetea herbaceae*), Moose und Flechten, diese mit sehr kurzen Vegetationsperioden auskommen.

Im Übergang der alpinen zur nivalen Stufe, auf mikroklimatischer Skala (vgl. Abb. 4), formen Relief, Schneeverteilung und Bodenbeschaffenheit, ein Mosaik aus Pflanzen- Moos- und Flechtengesellschaften.

2.3 Edaphische Faktoren

Phanerogamen können sich auf Steinschutt und Geröllhalden nur dort etablieren, wo ausreichend feinerreicher Boden vorhanden ist. Da die Bodenbildung, eingeschränkt durch niedrige Temperaturen, sehr langsam und hauptsächlich von physikalischen Verwitterungsprozessen geprägt ist, spricht man auch von alpinen Rohböden (Ranker = silikatisch, Protorendzina = karbonatisch). In den Fels- und Schuttfugen sammelt sich über einen längeren Zeitraum Staub, organisches und feines Gesteinsmaterial an. Die Bodenbeschaffenheit wird durch Parameter wie Tiefgründigkeit, Korngrößenverteilung und Humusanteil charakterisiert. Die Wasserspeicherkapazität des Bodens hängt maßgeblich von diesen Parametern ab. Das heißt, rezenter grobkörniger Schutt mit wenig Humusablagerungen birgt eine schlechte Wasser- und Nährstoffversorgung in sich. Je feinkörniger das Schuttmaterial und je höher der Humusanteil umso besser ist die Versorgung mit Wasser und Nährstoffen.

Klare Unterschiede in der Vegetation gibt es zwischen Kalk- und Silikatstandorten. Ordnungen in der pflanzensoziologischen Einteilung sind im Wesentlichen nach diesem ökologischen Faktor unterschieden (vgl. Abschnitt 3). Im Vergleich zu Silikatmassiven (vgl. Abb. 3), die eine blockige Struktur aufweisen, finden fein- bis grobkörnige Schutthalden in Dolomit – und Kalkmassiven eine überaus große

Ausdehnung. Der Kalkgehalt bzw. Säuregrad spielt je höher man in Gebirge aufsteigt eine immer geringere Rolle. Das Mikroklima und die Bodenbeschaffenheit sind die ausschlaggebenden Faktoren für das Auftreten der Fels- und Schuttvegetation. Kalkstandorte sind im Allgemeinen tiefgründiger und artenreicher (Ellenberg 1996).

Gletscherzungen schmelzen durch ansteigende Jahresdurchschnittstemperaturen ab. Die dadurch freigelegten Moränen bestehen aus „unsortierten Lockergesteinsmassen mit lehmig, sandigem Feinmaterial“ (Zepp 2003). Aufgrund der klimatischen Entwicklung in den letzten Jahrzehnten kann die Dynamik der Besiedlung anhand der zuletzt freigelegten Moränen beobachtet werden.

Humusansammlungen im Untergrund von Moränenschutt, d.h. im Wesentlichen das stickstoffreiche Material, gehen mit der Ansiedlung von Pionierpflanzen einher. Als erste Pionierarten sind Kryptogamen zu nennen. Nach fortgeschrittener Entwicklung siedeln sich die ersten Phanerogamen, *Oxyria digyna* (Hill.) und *Salix reticulata* (L.), an. Die Sukzession wird im weiteren Verlauf maßgeblich durch Stickstoff- und Diasporen eintragende Faktoren bzw. Vektoren wie Streu, Weidevieh, Alpentourismus und atmosphärischer Eintrag gefördert. Die durch diese Vektoren zusätzlich eingetragene Nährstoffe und Diasporen ermöglichen eine schnellere Ausbreitung und Etablierung von Pflanzenarten an zunächst unwirtlichen Standorten.

Die Besiedlung des Morteratsch- Gletschers (1900 – 2100m ü. NN.) begann mit der Alpensäuerlings- Gesellschaft (*Oxyrietum digynae*) gefolgt von der Schotterweidenröschen- Gesellschaft (*Epilobietum fleischeri*). Nach ungefähr 100 Jahren war die Klimaxvegetation, Lärchen – Arven- Waldes (*Larici- Pinetum cembrae*), erreicht. (Ellenberg, 1996)

Die Dauer einer Sukzession hängt hauptsächlich von der Höhe, den Jahrestemperaturen und der Exposition ab. An begünstigten Standorten, wie Südhängen, verläuft sie durchaus schneller (Frey & Lösch 2004, nach Stöcklin & Bäumler 1996).

3. Pflanzensystematische Gliederung

Die Pflanzensoziologische Klassifikation teilt Pflanzenarten nach ihren natürlichen Lebensbedürfnissen in Zusammenhang mit der Ökologie der Standorte ein. Folgende Einteilung wurde nach der vom Bundesamt für Naturschutz (BfN) veröffentlichten Gliederung nach Pott (1995) vorgenommen. Diese Gliederung erschien mir aktueller als jene von Obersdorfer (1982).

1. Klasse *Asplenieta trichomanis* Felsspalten und Mauerfugengesellschaft

a) Ordnung *Potentilletalia caulescentis* (Stengel- Fingerkrautgesellschaften, kalkgebunden)

Verband *Potentillion caulescentis* (trockene, sonnige Kalksteinfugen)
assoziationsbildende Charakterarten *Androsace helvetica*(All.),
Asplenium ruta -muraria (L.), *Draba aizoides* (L.), *Minuartia rupestris* (Sch. et Thell.), *Potentilla clusiana* (Jacq.).

Cystopteridion fragilis (Blasenfarn- Felsflur, feucht, schattig, kalkgebunden)

Asplenium viride (Huds.), *Cystopteris fragilis* (Bernh.), *Carex brachystachys* (Schrank), *Moehringia muscosa* (L.).

b) *Androsacetalia vandellii* (Mannsschildgesellschaften, silikatgebunden)

Androsacion vandellii (trocken, sonnig, silikatgebunden)

Asplenium septentrionale (Hoffm.), *Androsace vandellii*, *Primula hirsuta* (All.).

Asarinion procumbentis (feucht, schattig, silikatgebunden, atlantisch)

Asplenium billottii (F. W. Schultz)

Asplenion septentrionalis (serpentinitgebunden)

Asplenium septentrionale (Hoffm.), *Asplenium adiantum-nigrum* (L.), *Silene rupestris* (L.).

c) *Parietarietalia judaicae* (Mauerglaskrautgesellschaften, wärmeliebend)

Cymbalarion - Asplenion

Parietaria judaica (Mert. et Koch), *Cymbalaria muralis* (G.M.Sch.), *Pseudofumaria lutea* (DC.).

2. *Thlaspietea rotundifolii* - Steinschutt- und Geröllgesellschaft

- a) *Thlaspietalia rotundifolii* (Rundblättrige Täschelkrautgesellschaften, karbonatgebunden)

Thlaspion rotundifolii (subalpin bis nival)

Crepis terglouensis (Kern.), *Thlaspi rotundifolium* (Gaud.),
Leontodon montanus (Lam.)

Petasition paradoxo (Pestwurz- Feuchtschutthalde, hochmontan)

Cystopteris montana (Desv.), *Dryopteris villarii* (Bell.), *Valeriana montana* (L.), *Petasites paradoxus* (Baumg.).

- b) *Androsacetalia alpinae* (Alpen- Mannsschildgesellschaften, silikatgebunden)

Androsacion alpinae (alpin bis nival)

Oxyria digyna (Hill.) – feucht, humusarm, *Androsace alpina*
(Lam.) – Zentralalpen, kontinental, Kryptogamen- Arten.

- c) *Drabetalia hoppeanae* (Felsenblümchengesellschaften, schiefergebunden)

Drabion hoppeanae (montan bis nival)

Trisetum spicatum (Richt.), *Saxifraga biflora* (All.), *Draba hoppeana* (Rchb.), *Achillea nana* (L.).

- d) *Epilobietalia fleischeri* (Weidenröschengesellschaften, feucht)

Epilobion fleischeri (montan bis subalpin)

Calamagrostis pseudophragmites (Koel.), *Chonrilla chondrilloides* (Karst.), *Scrophularia canina* (L.), *Epilobium fleischeri* (Hoechst.)– Rohbodenpioniere

- e) *Galio Parietarialia officinalis* (Labkraut- Glaskrautgesellschaften, sommerwarm, kalkgebunden)

Stipion calamagrostis (submontan bis subalpin)

Stipea calamagrostis (P.B.), *Galeopsis angustifolia* (Ehrh.),
Rumex scutatus (L.)

- f) *Galeopsietalia segetum* (Hohlzahngesellschaften, sommerwarm, silikatgebunden)

Galeopsion segetum (submontan)

Galeopsis segetum (Neck.), *Anarrhinum bellidifolium* (Desf.),
Epilobium lanceolatum (Seb. et Mauri)

4. Verbreitung der Vegetationstypen

Die Felsspalten- und Gesteinsschuttgesellschaften sind hauptsächlich in der alpinen und nivalen Stufe der mitteleuropäischen Hochgebirge (ab ca. 2000 m ü. NN.) verbreitet. In Deutschland beschränken sich diese auf die Alpen, das Alpenvorland, sowie höhere Mittelgebirge.

In der temperaten, europäischen Vegetationszone sind die Vegetationstypen außerdem noch in folgenden Gebirgen zu finden: Pyrenäen, Karpaten, Tatra. Diese weisen ähnliche physische wie ökologische Verhältnisse und damit natürliche Vegetation auf.

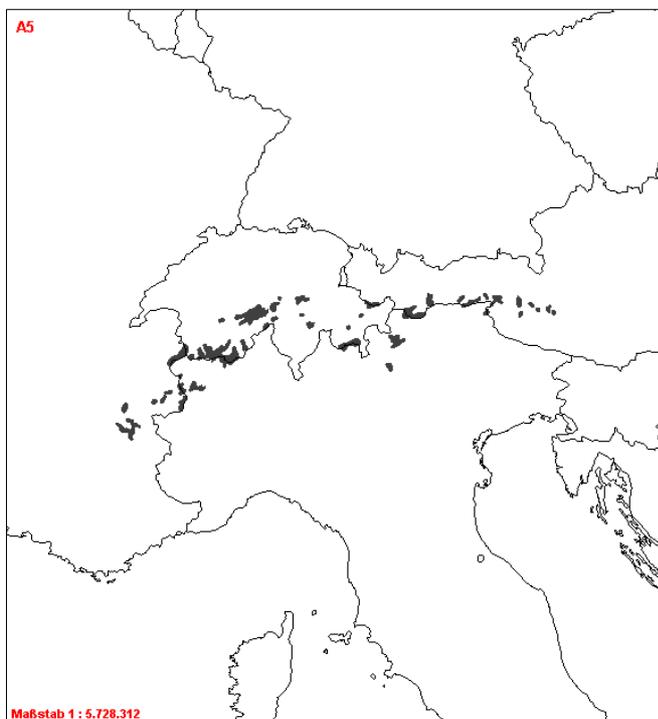


Abb. 6: Verbreitung offener Flechten-, Moos- und Polsterpflanzengesellschaften, auf Sonderstandorten wie sonnenexponierte Felsvorsprünge und wenig bewegliche windverblasene Schutthalden. (aus KARTE DER NATÜRLICHEN VEGETATION EUROPAS, BfN 2004)

4.1 Alpine Gesellschaften

Die Ordnungen der Felsspalten (*Potentilletalia caulescentis*)- und Mauerfugengesellschaften (*Androsacetalia vandellii*) sind auf Hochgebirge und deshalb in Deutschland auf die Alpen beschränkt. Darüber hinaus gibt es die wärmeliebenden Mauerfugengesellschaften (*Parietaria judaicae*), die nur in atlantischen, planar bis collinen Bereichen, z. B. entlang des Rheins (vgl. Abb. 5) und in submediterranen Gebieten weite Verbreitung finden.

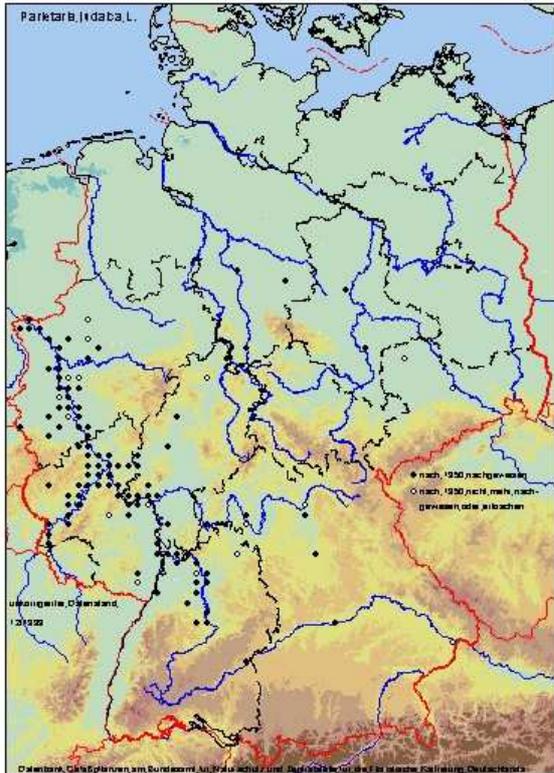


Abb. 5: Verbreitungskarte der ordnungsbildenden Art *Parietaria judaica* (L.). (aus www.floraweb.de)

Verbände feuchter und schattiger Standorte, ob auf Silikattfels (*Asarinion procumbentis*) oder in Kalkfugen (*Cystopteridion fragilis*) sind wegen der Notwendigkeit ausgeprägter mikroklimatischer Verhältnisse auf montane Gebiete und Sonderstandorte wie z. B. Burgen beschränkt. Nur die assoziationsbildende kurzjährige Segge (*Carex brachystachys* Schrank) ist in Schluchten von Alpentälern zu finden.

Schutt- und Geröllgesellschaften finden ihre Verbreitung hauptsächlich in den Alpen. Dort sind sie jedoch stark an die ökologischen Faktoren Feuchte und Bodengründigkeit gebunden.

4.2 Azonale Gesellschaften

Man spricht bei Pflanzen von azonalen Gesellschaften, wenn diese Sonderstandorte besiedeln und nicht eindeutig einem Vegetationstyp zuordenbar sind.

Weidenröschen- Schwemmfloren (*Epilobion fleischeri*), bestehend aus Kleinsträuchern und Kräutern, besiedeln sandige, kiesige Alluvien von Rinnsalen, Bächen und Flüssen in den Alpen. Die Pestwurz- Feuchtschutthalden (*Petasition paradoxo*) sind an wasserunterlaufene, feinerdereiche Ökosysteme gebunden, welche mit der Schneeschmelze entstehen. Sie sind im gesamten hochmontanen

Alpen und Alpenvorland verbreitet (Ellenberg 1996). Diese azonale auftretende Verbände könnten in der systematischen Gliederung zur Flußauenvegetation gezählt werden, da sie eng an die Rhythmik eines fluvialen Systems gebunden sind.

Felsenblümchen- Kalkschieferschutthalden (*Drabion hoppeanae*) sind montan bis nival an feuchte und basenreiche Schieferschutte gebunden. Diese treten überwiegend in den Zentralalpen auf. In den deutschen Alpen sind sie deshalb extrem selten.

Rauhgras- Trockenfluren (*Stipion calamagrostis*) bestehen aus Pflanzenarten, die wärmebedürftig sind und mit trockenem, magerem Boden gut auskommen. Sie sind in submontanen bis subalpinen Bereich der Alpen, sowie auf Sonderstandorten (montanen Gipfelblockhalden der Mittelgebirge) zu finden. Der Rauhe Kulm im Oberpfälzer Wald, die Rhön oder die Eifel sind Beispiele für habitatbildende Standorte. Es ist interessant, dass diese Standorte eine gemeinsame mikroklimatische Besonderheit aufweisen. Sonnenexponierte Basaltblockhalden und an diesen abfließende Kaltluftströme schaffen ein ungewöhnlich mildes und trockenes Mikroklima für die Höhe der Mittelgebirge. Damit sind das ideale Habitate für stenotherme Pflanzenarten (Frey & Lösch 2004). Ähnliche klimatische Verhältnisse weist ihr eigentliches Hauptverbreitungsgebiet, die submediterrane beeinflusste Südalpen, auf (Ellenberg 1996).

Hohlzahn- Silikatfluren (*Galeopsis segetum*) finden relativ weite Verbreitung in tieferen Lagen (submontan) mit gleichzeitiger atlantischer Prägung. Sie sind in westlichen Mittelgebirgen Deutschlands zu finden.

5. Gefährdung und Schutz

Die Flora der Alpen ist im Gegensatz zu südlicheren Gebirgen wie den Karpaten oder der Sierra Nevada wegen der lang anhaltenden Vergletscherung im Quartär noch sehr jung und enthält unter anderem aus diesem Grund weniger Endemiten. In den Südalpen wachsen durch den mediterranen Floreneinfluß und die schwächere Vergletscherung mehr Arten und Endemiten als in den Nordalpen. Insgesamt sind 35 - 40% der endemischen Gefäßpflanzensippen der Alpen Teil einer Felsspalten – oder Gesteinsschuttflur (Ellenberg 1996).

Diese Vegetationseinheiten sind im Vergleich zu alpinen Rasen relativ ungefährdet. Sie liegen in Höhen, wo weniger Alpentourismus stattfindet und Landnutzung so gut

wie keine Rolle spielt. Diese Standorte werden ausschließlich von Hochgebirgstieren, wie z. B. Gemse und Steinbock, als Lebensraum genutzt. Diese Tiere wiederum werden durch alpine Sportarten, wie Drachenflug, Gleitschirmflug, Mountainbiking, Wandern und Geländelauf in ihrem natürlichen Lebensraum gestört. So weichen Tiere in tiefere Lagen z.B. bewaldete Gebiete aus. Dies führt dort häufig zu erhöhtem Verbiss der Jungbäume und kann auch problematische Ausmaße annehmen (BfN Kurzbericht 1996). Gänzlich uneingeschränkte Bewegungsfreiheit genießen Bergtiere nur noch in geschützten Gebieten und Nationalparks.

Populationsgrößen von Gamsen und Steinböcke sind heute im Vergleich zu Aufzeichnungen aus dem 19. Jahrhundert sehr klein. Deshalb stellt der Verzehr von Pflanzen keine Gefahr für die Felsspalten- und Schuttvegetation der Hochgebirge dar (Universität Bern Unipress 6-99).

Dies heißt aber nicht, dass keine Gefährdung der alpinen Flora besteht. Anthropogene Einflüsse, nicht unbedingt direkter Art, sind in hochalpinen und nivalen Lebensräumen zunehmend nachweisbar.

Folgende drei Punkte stellen die Hauptgefährdungsursachen der alpinen Flora dar:

- Intensivierung der Landnutzung
- Klimaerwärmung
- Veränderung der atmosphärischen Zusammensetzung (N₂, CO₂)

Eine intensive Nutzung der Hochgebirgsflächen durch Infrastruktur, Bau von Wasserkraftwerken, falsche oder unterlassene Beweidung und verstärkten Alpentourismus schaden dem empfindlichen Ökosystem. Diese direkten Eingriffe und Störungen sind derart heftig und offensichtlich, dass sie das Ökosystem nachhaltig und unter Umständen irreparabel schädigen (vgl. Abschnitt 6, 2.).

Die gegenwärtig ablaufende Klimaerwärmung mit ihren Auswirkungen wie Schmelzen der Gletscher, Rückgang der Schneedecke, intensive und kleinräumige Regenfälle und anderen katastrophalen Wetterereignissen ist unleugbar. Daraus resultierende Folgen wie Erosion und Hangrutschungen stellen eine Bedrohung für Böden und damit die Lebensgrundlage jeglicher Vegetation dar (Körner 1999).

In Zusammenhang mit dem Anstieg der Jahresdurchschnittstemperatur spricht man von einem Höherrücken der alpinen und nivalen Stufe, womit meist eine Ausdehnung der unteren Vegetationsstufen (montane, hochmontane, subalpine) gemeint ist. In

der Nivalzone konnte eine Zunahme der Artenanzahl vor allem an Felsgraten beobachtet werden (Frey & Lössch 2004). Die Etablierung invasiver, d.h. konkurrenzstärkerer Pflanzen durch Diasporeneintrag der Menschen und des Beweidungsviehs könnte zu einem Rückgang der natürlichen Vegetation führen. Diese Annahme ist aber noch weitestgehend unerforscht und bisweilen rein hypothetischer Natur.

Bereits erforschte Zusammenhänge der alpinen Flora mit dem Klimawandel sind folgende: Ein Anstieg der Minimaltemperaturen verlängert im Allgemeinen den Vegetationszeitraum. Dadurch werden meist seltene Arten gefährdet, die an ein enges Temperaturoptimum angepasst sind (Körner 1999). Eine durch den Rückgang der Schneedecke verursachte Zunahme von Frostschäden bei alpinen Pflanzenarten ist nicht bestätigt worden (vgl. Abschnitt 6, 4.). Auch beobachtete phänologische Veränderungen stellen keine Gefährdung der Pflanzenarten dar (vgl. Abschnitt 6, 3.). Zusammenhänge zwischen dem Hoherrücken der Vegetationsstufen, dem Verdrängen der nivalen Stufe durch Klimaerwärmung und die Auswirkung von Diasporeneintrag sind noch relativ unklar.

In Bezug auf Schutzmaßnahmen stellt sich die Frage, inwieweit die Klimaerwärmung ein natürlicher Ablauf ist und inwieweit die Pflanzen auf diese Veränderungen reagieren können. Denn eigentlich, wenn man den Lauf der Geschichte betrachtet, hat die Vegetation immer wieder bewiesen, dass sie anpassungsfähig ist und, dass Verschwinden und Neubildung von Arten zu deren „natürlichen“ Ablauf gehört. Zudem ergibt sich daraus die Fragestellung, ob es überhaupt sinnvoll ist die gegenwärtige Flora in situ zu schützen.

Ein Beispiel für in- situ- Erhaltung sind nutzungseingeschränkte Gebiete von Nationalparks, Biosphären- Reservaten und anderen deklarierten Schutzgebieten. Die einzige Lösung für Kompatibilität von Biotopschutz und Landnutzung ist nachhaltiges Wirtschaften kleiner land- und forstwirtschaftlicher Betriebe. In den letzten Jahren wurde dies teilweise durch Subventionen auf Länder- und kommunaler Ebene, sowie Pilotprojekte verstärkt gefördert. Die Bundesartenschutzverordnung (BArtSchV) und deren Ableger in den einzelnen Bundesländern bilden deren juristische Grundlage. Obwohl die Alpen einen sehr kleinen Teil der Fläche Deutschlands einnehmen, sind viele Pflanzengesellschaften und ein Großteil der alpinen Pflanzenarten geschützt. Ein Beispiel für eine vom

Aussterben bedrohte (Gefährungsgrad 1) Art, die nicht der alpinen Flora, sondern der submontanen Hohlzahnsilikatflure angehört, ist *Anarrhinum bellidifolium* (Desf.) Auf europäischer Ebene stellt die FFH- Richtlinie und das damit geplante kohärente Netz aus Naturschutzgebieten, die Natura 2000, die Basis des Biotopschutzes dar. Die Welt-Konferenz über Umwelt und Entwicklung in Rio de Janeiro, 1992, und das dort unterzeichnete Abkommen über die Biologische Vielfalt, stellte die Grundlage für das Zustandekommen dieser juristischen Basis dar. Nur leider sind Maßnahmen und Umsetzung noch nicht ausgereift und weit vorangeschritten.

6. Aktuelle wissenschaftliche Artikel

1. Moser D, Dullinger S, Englisch T, et al., 2005: Environmental determinants of vascular plant species richness in the Austrian Alps. Journal of Biogeography 32 (7).

In dieser Arbeit wurde der Einfluss von Umweltfaktoren (Jahresdurchschnittstemperatur, Minimum-, Maximaltemperaturen, Evapotranspiration (ET), Niederschlag, Kalkreichtum) auf den regionalen Artenreichtum untersucht. Die einflussreichsten Faktoren waren Temperatur und ET. Maximaltemperaturen und erhöhte ET verursachen mehr Stress als Minimaltemperaturen. Der Kalkreichtum des Substrats sowie der Niederschlagsumfang zeigen weniger Korrelation mit dem Artenreichtum als vergleichbare Studien. Den Energiehaushalt verändernde Stressfaktoren mindern die Artenzahl. Dies kann durch eine günstige Lage des Habitats kompensiert werden. So kommen die Autoren zum Schluss, dass edaphische und Landnutzungsheterogenität mit regionalem Artenreichtum womöglich höher korreliert sind als topographische Heterogenität. Zudem ist die Voraussagekraft der Umweltfaktoren in Bezug auf regionalen Artenreichtum gering und mag auf lokaler Skala höher liegen.

2. Dirnböck T, Dullinger S, Grabherr G, 2003: A regional impact assessment of climate and land-use change on alpine vegetation. Journal of Biogeography 30 (3): 401-417.

Auf der Basis ordinaler Regression 85 alpiner Pflanzen (Umweltfaktoren, Häufigkeit bezüglich Landnutzung), meteorologischen Daten und historischen Daten zur Beweidung wurden Global- Change- Model- Szenarien zur Einschätzung der Auswirkung auf die regionale Vegetation (Nordost- Kalkalpen Österreichs)

durchgeführt. Eine Änderung um $+0,65^{\circ}\text{C}$ der Jahresdurchschnittstemperatur und 30mm weniger Niederschlag zeigten lokal Verluste an potentiellen Habitaten der alpinen Flora. Drastischere Veränderungen ($+2^{\circ}\text{C}$, -30mm oder -60mm) verursachen ernsthafte Einschränkungen der alpinen, waldfreien Zone durch Höherrücken der Baumgrenze mit *Pinus mugo* (Turra) und dadurch Verlust und Fragmentierung großer Habitatsbereiche. Die Aufrechterhaltung von Beweidung ermöglicht den Erhalt alpiner Pflanzenhabitats. Nur eine Ausweitung der Beweidungsflächen kann effektiv dem Aussterben der alpinen Flora entgegenwirken.

3. Huelber K, Gottfried M, Pauli H, et al., 2006: The phenological responses of snowbed species to snow removal dates in the Central Alps - Implication of climate warming. Arctic Antarctic and Alpine Research 38 (1): 99-103.

Niedrige Temperaturen, kurze Pflanzenwachstumsphase und Schneefall in Hochgebirgen der temperaten Zone führen zu engräumigen zeitlichen sexuellen Reproduktionsphasen der Vegetation. Der ausschlaggebende Faktor für die Wachstumsphase, die Temperatur, verändert sich mit der globalen Erwärmung. Daraufhin wurden sieben Gefäßpflanzen der hochalpinen Zone ausgewählt und über das Jahr 2001 hinweg untersucht. Das Ergebnis war eindeutig und besagt, dass sich ein Temperaturanstieg auf phänologische Zyklen auswirkt. Der Beginn des reproduktionsfähigen Zeitraums lässt keine direkten Verbindungen mit dem Beginn der Schneeschmelze erkennen. Vielmehr hängt der Vegetationsperiodenbeginn mit dem gesamten Energie- Input, vor allem der Einstrahlungsintensität, zusammen. So hat die Photoperiodizität erheblichen Einfluss auf die Pflanzenentwicklung vor der Blütephase.

4. Bannister P, Maegli T, Dickinson K J M, et al., 2005: Will loss of snow cover during climate warming expose New Zealand alpine plants to increased frost damage. Oecologia 144: 245-256.

Wenn durch Klimaerwärmung die Schneedeckenmächtigkeit der alpinen Stufe zurückgeht sind Pflanzen höheren Extremtemperaturen und Einstrahlungen ausgesetzt. An mehreren alpinen einheimischen Pflanzenarten der Südinsel Neuseelands wurde der Jahresverlauf der Frostresistenz untersucht. Dazu sind Arten aus folgenden drei Habitaten ausgewählt worden: schneeverwehte Bereiche, Schneetälchen und schneefreie, exponierte Bereiche. Arten der ersten beiden

Habitate zeigten die niedrigsten Frostresistenzen, wohingegen Arten (*Poa colensoi*) exponierter Habitate Frösten bis zu $-32,5^{\circ}\text{C}$ standhielten. Die Ausprägung der Frostresistenz passt sich dem Verlauf der Temperatur an und ist demnach in den Wintermonaten am höchsten. Allerdings richtet sich die jahreszeitliche Frostresistenz eher nach der Tageslänge als nach Temperaturen. Die untersuchten Pflanzenarten sowie Arten tropischer alpiner Gebirge zeigen durchschnittlich höhere Frostresistenzen während der Vegetationsperiode als jene europäischer alpiner Bereiche.

Im Frühling ist die Gefahr von Frostschäden am höchsten. Die derzeitige Beziehung zwischen Frostresistenz und Tageslänge ist so, dass das ganze Jahr über keine Schädigung auftritt. Während ansteigende Temperaturen die Frostresistenz der Pflanzen abschwächen, treten gleichzeitig weniger Fröste auf und eine Schädigung der Pflanzen wird unwahrscheinlich.

5. Zoller H, Lenzin H, 2006: Composed cushions and coexistence with neighbouring species promoting the persistence of *Eritrichium nanum* in high alpine vegetation. *Botanica Helvetica* 166: 31-40.

Polsterpflanzen hochalpiner Pionierpflanzen bestehen aus mehreren Individuen, derselben oder verschiedener Arten, welche in dieser Studie untersucht wurden, um die Rolle der Koexistenz im Lebenszyklus zu klären. Die Polsterstruktur wurde anhand von Individuenzahl, Alter und Wurzelsystem bestimmt. Es leben maximal 25 Individuen, darunter auch Jungpflanzen und Sämlinge, zusammen, welche ein Höchstalter von 35-40 Jahren erreichen können. Zusammengesetzte Polster werden viel älter als einzelne Individuen. *Eritrichium nanum* entwickelt keine Adventivwurzeln, aber dichte Feinwurzeln an der Bodenoberfläche, die sie ebenso dazu befähigen angehäuften organische Stoffe aufzunehmen und auf nacktem Boden zu wachsen. Oberhalb von 2500m profitiert *E. nanum* von anderen Polsterpflanzen, wie *Saxifraga bryoides*, *Minuartia sedoides*, als Epistrat. In Lagen tiefer als 2500m ist ein Überwachsen von graminoiden Arten (*Festuca halleri*), als Hypostrat dienend, zu beobachten. Im Zusammenleben mit anderen Pflanzenarten und mehrerer Individuen profitiert *E. nanum* hauptsächlich von verbessertem Nährstoffzugang und der Widerstandsfähigkeit dieser stabilen Populationen.

7. Literaturverzeichnis

- ELLENBERG, H., 1996: Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen, Stuttgart.
- FREY, W. & LÖSCH, R., 2004: Lehrbuch der Geobotanik. Pflanze und Vegetation in Raum und Zeit, München.
- KÖRNER, C., 1999: Alpine Plant Life. Functional plant ecology of high mountain ecosystems, Berlin.
- OBERDORFER, E., 1983: Pflanzensoziologische Exkursionsflora, Stuttgart
- ZEPP, H., 2003: Geomorphologie. Eine Einführung, Paderborn.
-
- BANNISTER P, MAEGLI T, DICKINSON K J M, et al. (2005) Will loss of snow cover during climate warming expose New Zealand alpine plants to increased frost damage. *Oecologia* 144: 245-256
- DIRNBÖCK T, DULLINGER S, GRABHERR G (2003) A regional impact assessment of climate and land-use change on alpine vegetation. *Journal of Biogeography* 30 (3): 401-417
- HUELBER K, GOTTFRIED M, PAULI H, et al. (2006) The phenological responses of snowbed species to snow removal dates in the Central Alps - Implication of climate warming. *Arctic Antarctic and Alpine Research* 38 (1): 99-103
- MOSER D, DULLINGER S, ENGLISCH T, et al. (2005) Environmental determinants of vascular plant species richness in the Austrian Alps. *Journal of Biogeography* 32 (7)
- ZOLLER, H., LENZIN, H. (2006) Composed cushions and coexistence with neighbouring species promoting the persistence of *Eritrichium nanum* in high alpine vegetation. *Botanica Helvetica* 166: 31-40
-
- BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ: Daten und Informationen zu Wildpflanzen und zur Vegetation Deutschlands. Online im Internet: <http://www.floraweb.de> [Stand 14.12.06]
- BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ: Kurzbericht – Tourismus, Freizeitsport und Wildtiere im Schweizer Alpenraum. Online im Internet: http://www.bfn.de/natursport/test/SportinfoHTML/litauswahl/110_Ingoldet_a.html [Stand 16.01.07]

UNIVERSITÄT BERN: Unipress. Forschung und Wissenschaft an der Uni Bern. 6/
1999, Nr.101. Online im Internet:

<http://publicrelations.unibe.ch/unipress/heft101/beitrag9.html> [Stand 16.01.07],

<http://www.cde.unibe.ch/griwa/selten/tiere.htm> [Stand 16.01.07]

BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ (Hrsg.), 2004 : Karte der natürlichen Vegetation
Europas Maßstab 1:2500000, Bonn.