

Marco MÜLLER, Josef FAAS und Jörg PFADENHAUER

Einfluss der Überschirmung auf die Vegetation von Almweiden in den Bayerischen Alpen

Influence of the tree canopy cover on the ground vegetation of wooded mountain pastures in the Bavarian Alps

Nomenklatur: WISSKIRCHEN & HAEUPLER (1998)

Zusammenfassung

Der Artikel liefert einen vegetationsökologischen Beitrag zum Diskurs um die Abgrenzung von Wald- und Weideflächen in den Bayerischen Alpen. Auf zwei räumlichen Ebenen (Kleinquadrate von 1 m² und Großquadrate von 225 m²) wurde mit Hilfe von Transekten der Einfluss mehrerer beschattungsrelevanter Variablen auf die Bodenvegetation von baumbestandenen Almweiden submontaner Schneeheide-Kiefernwälder und (hoch)montaner Bergmischwälder untersucht. Die Hypothese war, dass sich mit zunehmender Überschirmung die Artenzusammensetzung der Bodenvegetation graduell zu einer Waldgesellschaft verändert. Die Ergebnisse bestätigen die hohe Bedeutung licht bestockter Weiden für den Artenschutz, wobei sich eine Überschirmung von ~20 % als ideal erweist. Durch den für beweidete Wälder typischen mehrstufigen Bestand und die direkten Einwirkungen der Beweidung ist die Offenlandvegetation noch in Beständen mit über 60 % Überschirmung dominant.

Summary

This paper contributes to the discussion of the separation of forest and pasture land in the Bavarian Alps from a vegetation ecological point of view. On two spatial scales (1 m² and 225 m² plots) the influence of several shade relevant variables on the herb layer of wooded mountain pastures was analysed using a transect method. The transects were established in areas of submontane *Erico-Pinetum sylvestris* forests and montane to high montane mountain mixed forests. The underlying hypothesis was that with increasing tree canopy cover the plant species composition gradually changes to a forest community. The results indicate a maximum of species and protected species richness at a tree canopy cover of about 20 %. This fact shows the high value of open wood pastures for protected species. The partial dominance of typical open-land species in densely wooded areas (>60 %) can be explained by the characteristic multi-layered and rather open forest stands caused by grazing.

1. Einleitung

Die Abgrenzung von Wald und Weide sorgte seit Jahrzehnten für Interessenskonflikte zwischen der Forstwirtschaft, dem Naturschutz und der Almwirtschaft (SCHLEICHER et al. 2007). 2010 erfuhr dieses Thema zusätzliche Aktualität: Nachdem der Status beweideter Flächen mit Baumbestand gesetzlich bisher nicht eindeutig geklärt war, wurde dies mit der Novellierung des Bundeswaldgesetzes (BWaldG) vom 31.07.2010 nachgeholt. Demnach sind alle zu einem in dem Gesetz angebenen Zeitpunkt bereits digitalisierten und landwirtschaftlich genutzten Almflächen kein Wald im Sinne des BWaldG (§2 Absatz 3), solange deren landwirtschaftliche Nutzung andauert. In der Praxis werden anhand von Förderrichtlinien der Bayerischen Staatsministerien für Umwelt und Gesundheit sowie für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Almflächen im Gebirge bis zu einem Überschirmungsgrad von 40 % als förderfähige landwirtschaftliche Fläche abgegrenzt (StMUG & StMELF 2010). Beide Regelungen fußen allerdings nicht auf wissenschaftlichen Studien der Bodenvegetation.

Es gibt vegetationsökologische Untersuchungen zu Übergängen von offenen zu bestockten Weiden (DEININGER 2008; GILLET & GALLANDAT 1996a; GILLET et al. 1999 und HÖLZEL 1996), jedoch nur wenige strukturelle Analysen zu diesem Thema (SCHMID et al. 2002). In allen vorliegenden Studien wurde der Versuchsansatz nie auf die Frage nach der Abgrenzbarkeit von Wald und Offenland ausgerichtet.

Das Ziel des Artikels ist zu klären, ob sich auf beweideten und bestockten Almweiden eine Grenze zwischen typischer Wald- und Offenlandvegetation ziehen lässt und ob diese von den Variablen Überschirmung, Bestandesgrundfläche (Summe der Kreisflächen von Stammquerschnitten auf Brusthöhe) und Stammanzahl abhängt. Zur Trennung werden einerseits Waldarten (Waldgefäßpflanzen nach SCHMIDT et al. [2003]), das heißt Arten, deren Verbreitungsschwerpunkt in den Alpen im geschlossenen Wald beziehungsweise am Waldrand liegt, und andererseits Offenlandarten (Arten, die in den Alpen ausschließlich oder schwerpunktmäßig im Offenland vorkommen) genutzt. Die Hypothese ist: Mit zunehmender

Überschirmung verändert sich die Artenzusammensetzung der Bodenvegetation graduell zu einer Waldgesellschaft. Folgende Fragen werden diskutiert:

- Wie geeignet ist die Variable Überschirmung zur Erklärung der Artenzusammensetzung?
- Welchen Einfluss hat der Überschirmungsgradient auf die Artenzahl und Zahl an geschützten Sippen beziehungsweise Rote Liste-Arten?
- Wie wirkt sich der Überschirmungsgradient auf bestockten Weiden generell auf die Artenzusammensetzung der Bodenvegetation aus?
- Kann anhand der Bodenvegetation ein Überschirmungsgrad ausgemacht werden, bei dem sich eine typische Waldvegetation einstellt?

In der Diskussion um die Abgrenzung von Wald und Weide werden die Begriffe Waldweide und Lichtweide vielfach unterschiedlich verwendet (SACHTELEBEN 1995). Unter Waldweide wird nicht nur eine gegenwärtig beweidete und von Bäumen bestandene Fläche verstanden, sondern oft auch ein Rechtstitel (der unabhängig davon ist, ob aktuell eine Beweidung vorliegt: Waldweidrechte; ebenda). Als Lichtweide wird die offene, nicht

mit Bäumen bestandene Almfläche (ebenda) und gleichsam der lichte Übergangsbereich von Offenland zu Wald bezeichnet (BRUNNER 2010). Um das Problem dieser vielschichtigen Begrifflichkeit zu umgehen und nicht suggerierend von Waldweide zu sprechen, werden folgende Unterscheidungen vorgenommen: Weideflächen mit Baumbestand werden als bestockte Weideflächen und Almbereiche ohne Baumbestand als offene Weideflächen bezeichnet. Die Frage, für welche Maßstabsebene diese gelten, wird in der Diskussion behandelt. Zunächst wird unter einer offenen Weidefläche eine mindestens 225 m² große unbeschränkte Fläche (Großquadrat) verstanden.

2. Methoden

2.1 Untersuchungsgebiete

Die Strukturdaten der untersuchten Almweiden sind in Tabelle 1 zusammengestellt. Alle Gebiete sind aktuell überwiegend von Rindern (zumeist Kälber und Kalbinnen) beweidet.

2.2 Vegetationsaufnahme

Die Vegetationsaufnahmen erfolgten vom 27.05. bis 29.08.2009. Die Vegetation wurde auf zwei räumlichen

	Riedboden	Föhrenheide	Kümpflalm	Ableitenalm
Lage	Landkreis Garmisch-Partenkirchen 47°24'53 N, 11°15'15 E	Landkreis Garmisch-Partenkirchen 47°32'00 N, 11°07'21 E	Landkreis Miesbach 47°38'20 N, 11°47'23 E	Landkreis Miesbach 47°38'03 N, 11°47'23 E
Meereshöhe des Transekts	937–939 m ü. N. N.	674–691 m ü. N. N.	1.373–1.455 m ü. N. N.	1.491–1.659 m ü. N. N.
Niederschlag (nach FLIRI 1975)	1.253–1.323 mm ¹	1.357–1.427 mm ²	1.743 mm ³	1.835 mm ⁴
Jahresmitteltemperaturen	7,2°C ⁵	7,9°C ⁵	2,0–4,0°C ⁶	2,0–4,0°C ⁶
Ausgangssubstrat	Schotter aus Hauptdolomit und Wettersteinkalk ⁷	Schotter und Hangschutt aus Hauptdolomit, Plattenkalk und Kössener Schichten ⁸	Hauptdolomit und Plattenkalk ⁹	Hauptdolomit, Plattenkalk und Kössener Schichten ¹⁰
Boden	Rendzina-Entwicklungsstufen ¹¹	Rendzina-Entwicklungsstufen ¹²	Rendzina-Entwicklungsstufen ¹³	Rendzina-Entwicklungsstufen ¹²
Pflanzengesellschaften der Transekte (eigene Erhebung)	Festuco-Cynosuretum, Calamagrostio-Pinetum, Seslerio-Fagetum	Calamagrostio-Pinetum	Seslerio-Caricetum sempervirentis, Aposerido-Fagetum caricetosum ferrugineae	Caricetum ferruginei, Aposerido-Fagetum caricetosum ferrugineae
Nutzungsart/Zeitraum	Vorweide (zirka 28 Tage im Mai/Juni), Nachweide (14 Tage im September) ¹¹	Vorweide (zirka 28 Tage im Mai), Nachweide (circa 28 Tage im September), Heimweide ¹⁶	Hochweide (zirka 97 Tage von Juni bis September) ¹⁷	Hochweide (zirka 103 Tage von Juni bis September) ¹⁷
Bestoß 2009 (Großvieheinheiten/ha) berechnet nach INVEKOS	1,74 ^{11, 14, 15}	1,12 ^{14, 16}	0,25 ^{14, 17}	0,15 ^{14, 17}

Tab. 1: Geographische Grunddaten der untersuchten Weidegebiete. Anmerkungen: ¹ 1.253 mm in Scharnitz, 1.323 mm in Mittenwald; ² 1.357 mm in Garmisch, 1.427 mm in Oberau; ³ in Valepp; ⁴ in Kreuth; ⁵ FLIRI (1974); ⁶ LFU (2007); ⁷ JERZ & ULRICH (1966); ⁸ SCHMIDT-THOMÉ et al. (1955); ⁹ SCHMIDT-THOMÉ et al. (1953); ¹⁰ GANSS et al. (1953); ¹¹ HÖLZEL (1996); ¹² eigene Erhebung; ¹³ ZIELONKOWSKI (1975); ¹⁴ mündlich Krapfl (AELF Miesbach); ¹⁵ mündlich Kraus (Landratsamt Garmisch-Partenkirchen); ¹⁶ mündlich Leitensbauer; ¹⁷ BSDI (1972).

Tab. 1: Geographical data of the study sites.

Ebenen untersucht (GILLET & GALLANDAT 1996b). Dabei repräsentieren Kleinquadrate einschichtige, floristisch und physiognomisch einheitliche Ausschnitte der Vegetation, für die Umweltfaktoren, wie Mikroklima, Mikrotopographie und Boden, als homogen betrachtet werden (BARKMAN 1978). Großquadrate beschreiben einen Komplex aus Kleinquadraten, die sowohl einen örtlichen (Mosaik) als auch einen zeitlichen (saisonale Aspekte, Regenerationszyklen) Bezug zueinander haben (ebenda). Mit Hilfe der Großquadrate lassen sich Trends entlang des Überschirmungsgradienten auf Ebene der soziologischen Vegetationsgliederung oder der Anteile von Wald- und Offenlandarten aufzeigen. Mit der Betrachtung der Kleinquadrate kann erklärt werden, wie sich die Bodenvegetation in Bezug zum Kronenrand verhält. Sie erlaubt das lichtökologische Verhalten von Arten(-gruppen) zu beschreiben.

2.2.1 Großquadrate

Die eingemessenen Transekte setzen sich aus 23–30 (insgesamt 107) jeweils 15 x 15 m (225 m², CHYRTÝ & OTYPKOVÁ 2003) umfassenden, aneinandergereihten Quadraten zusammen (Quadrat-Transekt-Methode, PFADENHAUER et al. 1986). Bei der Verortung wurde versucht, jeweils die Linie auszuwählen, deren Überschirmungsgrad sich am stetigsten verändert. Bei länger ausbleibendem Wandel der Überschirmung oder bei offensichtlicher Störung (beispielsweise Wege) wurden Quadrate ausgelassen. Sämtliche Gefäßpflanzenarten der Krautschicht (inklusive junger Holzpflanzen bis 50 cm) wurden erfasst. Zur besseren Abstufung niedriger Werte wurde die Artdeckung immer in Prozent geschätzt. Für jede Aufnahmefläche erfolgte eine Erfassung der primären Standortmerkmale: Meereshöhe, Exposition, Neigung und Relief. Ferner wurde die Deckung der Vegetations-, Moos- und Strauchschicht geschätzt. Die Daten gingen als Variablen in die Ordinationen ein. Es werden in diesem Artikel nicht alle behandelt.

2.2.2 Kleinquadrate

Innerhalb jedes Großquadrats wurden zwei 1 x 1 m-Quadrate schematisch in der südwestlichen und nordöstlichen Ecke platziert (insgesamt 214). Beschränkten Felsen oder Baumstämme die Flächen in ihren Ausmaßen, wurden sie entlang des Transekts verschoben. Folgende Daten wurden auf dieser Ebene erhoben: Gefäßpflanzenarten und deren Deckung, Relief, Exposition, Neigung, Vegetations- sowie Moosdeckung. Die Daten gingen als Variablen in die Ordinationen ein. Es werden in diesem Artikel nicht alle behandelt.

2.3 Waldkundliche Untersuchungen

2.3.1 Großquadrate

Die Überschirmung der Großquadrate wurde folgendermaßen bestimmt (vergleiche Abbildung 1):

- 1) Bei solitär stehenden Bäumen wurden vier Radien zwischen Stammmittelpunkt und Kronenrand gelotet. Der rechte Winkel wurde nach der tangentialen Hochblickmethode (PRETZSCH et al. 1998) geschätzt. Aus dem Mittel der Radien wurde die überschirmte Fläche berechnet, wobei die Schirmfläche als Kreis betrachtet wurde. Bei geneigtem Gelände wurden die Daten auf die horizontale Ebene bezogen und mit dem Faktor $1/\cos \alpha$ multipliziert (AKÇA 1997).
- 2) Bei einer Ansammlung von Bäumen, deren Kronen sich überlagerten, wurden vier Sekanten an den Kronenrändern augenmaßstäblich so platziert, dass sie auf dem Waldboden projiziert ein Rechteck ergaben, welches die überschirmte Fläche näherungsweise beschrieb. Die Flächen der in das Rechteck reichenden Äste sollten so mit den unbeschränkten Bereichen außerhalb des Rechtecks übereinstimmen.
- 3) In dichten Beständen (bei mehr als 70 % Überschirmung) wurden statt der beschränkten Flächen die Lichtungen vermessen. Hierbei wurden, ähnlich der Vermessung der Baumgruppen, Rechtecke so in die Bestandslücken gelegt, dass die gesamte lichte Fläche näherungsweise beschrieben wurde.

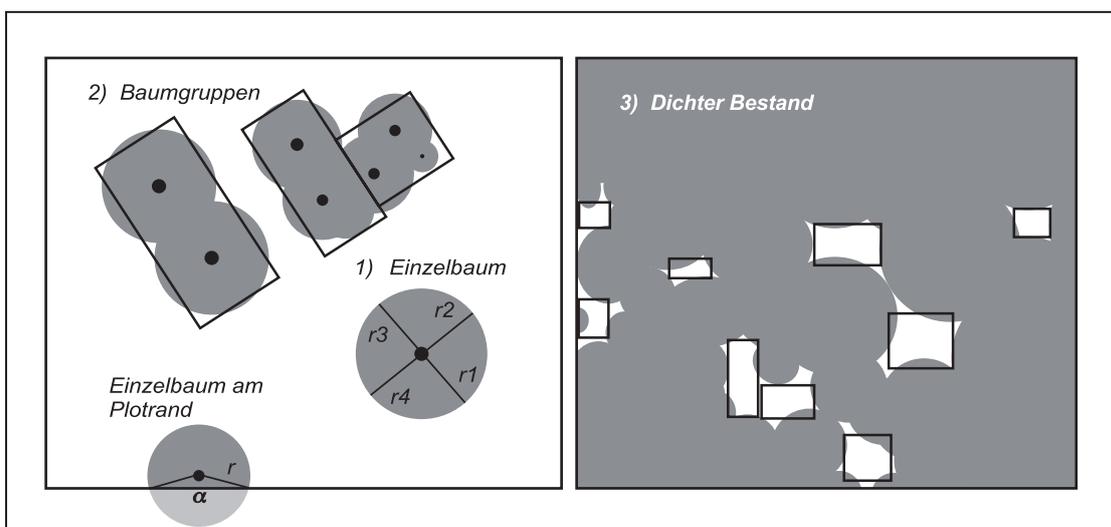


Abb. 1: Methoden zur Überschirmungsmessung.
Fig. 1: Methods for measuring the tree canopy cover.

Aus den in 1,3 m Höhe gemessenen Brusthöhendurchmessern (BHD) der Stämme ergaben sich die Bestandesgrundflächen in m²/ha (KRAMER & AKÇA 1995). Da davon ausgegangen wird, dass nicht nur der Baumbestand der einzelnen Teilflächen einen Einfluss auf die Artenzusammensetzung hat, sondern auch dessen Umfeld, wurden auch die Bestandesgrundflächen in einem 10 m breiten Puffer um die jeweilige Aufnahme fläche bestimmt. Zusätzlich wurde die Anzahl der Stämme je Baumart für die Probeflächen und den 10 m-Puffer notiert.

2.3.2 Kleinquadrate

Auf den Kleinquadraten wurden neben der Schätzung der Überschirmung auch die Distanzen der Kleinquadrate zum nächstgelegenen Baum vermerkt. Gemessen wurde vom Quadratmittelpunkt bis zum Kronenrand eines Einzelbaums beziehungsweise Baumbestandes. Bei der Bestimmung der Distanzen wurde der Wert „0“ gesetzt, wenn der Kronenrand und der Mittelpunkt senkrecht übereinander lagen. Positive Werte beschreiben die Entfernung vom Kronenrand in Richtung offener Weide, wohingegen negative Werte den Abstand vom Rand in die überschirmten Bereiche hinein angeben.

2.4 Statistische Auswertung

2.4.1 Ordination

Die Beziehungen zwischen Standortvariablen und Vegetation wurden mit einer indirekten Gradientenanalyse (DCA) in PcOrd 4 (MCCUNE & MEFFORD 1999) untersucht. Um zu überprüfen, ob die Hypothese (Artenzusammensetzung hängt von Überschirmung ab) zutreffend ist, wurden Kanonische Korrespondenzanalysen (CCA) durchgeführt und mit den Ergebnissen der DCA verglichen (LEYER & WESCHE 2007). Vor den Berechnungen wurden aus den Sekundärmatrizen Arten mit geringer Stetigkeit (<10 %) entfernt.

2.4.2 Regressionstests

Um die Abhängigkeiten verschiedenster Variablen von Überschirmung, Bestandesgrundfläche, Stammanzahl und Distanz vom Kronenrand zu untersuchen, wurden mit den Ergebnissen der Vegetationsaufnahmen im Programm SPSS 17.0 (IBM 2008) Regressionen gerechnet. In einem einfachen Streudiagramm (x-y-Plot) wurden die Daten auf ein Maximum im Inneren der erklärenden Variablen überprüft (SCHENDERA 2008). Falls kein Maximum vorlag, wurde von einem linearen Zusammenhang ausgegangen und eine lineare Regression gerechnet (ebenda). Konnte ein Maximum beobachtet werden, wurde die Gaußsche Antwortkurve (1) der Parabel als unimodales Modell von Artverteilungen entlang der Gradienten Überschirmung, Bestandesgrundfläche und Stammanzahl vorgezogen. Da Werte der Gaußkurve nicht kleiner Null werden können, löst dieses Modell das Problem der asymmetrischen Bedeutung von Artwerten besser (LEYER & WESCHE 2007). Die Daten „Distanz zum Kronenrand“ konnten aufgrund der Komplexität der Artreaktion nicht in ein lineares Modell transformiert werden. Hier wurde mit der Gunary-Gleichung (2) (SCHENDERA 2008) ein Modell gewählt, das den Zusammenhang zwischen abhän-

giger und unabhängiger Variable möglichst exakt beschreibt und aus ökologischer Sicht sinnvoll ist. Eine Diagnostik der Modellresiduen deutete ferner auf keine Verletzungen der Modellannahmen hin (kein Muster in den Residuen). Die Angemessenheit der Modelltypen wurde durch hohe adjustierte Bestimmtheitsmaße (R²) bestätigt. Um sich für einen der geeigneten Modelltypen zu entscheiden, wurden die R²-Werte herangezogen.

$$(1) \text{ Gauß: } y = c \exp(-0,5(x - u)^2 / t^2)$$

$$(2) \text{ Gunary: } y = x / (b_1 + b_2 * x + b_3 * \sqrt{x})$$

Bei den Darstellungen der Regressionen wurden die adjustierten Bestimmtheitsmaße, bei den linearen und quadratischen Funktionen die Signifikanzniveaus des Gesamtmodells (overall f-test, *** = p < 0,0001; ** = p ≤ 0,01; * = p ≤ 0,05; nicht signifikant (n.s.) = p > 0,005), Optima (u) und Höhepunkte (c) angegeben. Zusätzlich wurden für die Interpretation interessante Schnittpunkte der Funktionen untereinander (PI) beziehungsweise mit der y-Achse berechnet. Vorhersagefehler wurden für jene Werte berechnet, für die geeignete Formeln vorlagen. Alternativ wurde der Standardfehler der Residuen (RSE) angegeben.

3. Ergebnisse

3.1 Betrachtungsebene Großquadrate (Plot)

3.1.1 Erklärung der Artenzusammensetzung

Bei linearen Korrelationen im Rahmen von indirekten Gradientenanalysen zwischen Umweltvariablen und der Vegetation erklären die Variablen, welche die Beschattung des Bodens wiedergeben (Überschirmung, Bestandesgrundfläche und Stammanzahl), die größte Varianz der Artenstreuung (Tabelle 2). Die These, dass es einen Einfluss der umgebenden Bäume auf die Vegetation der Probeflächen gibt, bestätigt sich durch jeweils höhere Korrelationswerte der Variablen, die den 10 m-Puffer mitberücksichtigen. Bei weiteren Berechnungen mit den Variablen Bestandesgrundfläche und Stammanzahl wurden daher die relativen Werte (bezogen auf 1 ha) von Plot und Puffer verwendet.

3.1.2 Floristischer Verwandtschaftsgrad

Bei der Analyse der floristischen Verwandtschaft von Vegetationsaufnahmen wurden als Bezugsaufnahmen jeweils die ersten Transektaufnahmen der offenen Weide bestimmt. Die Deckung der Arten wurde berücksichtigt.

Bei den Schneeheide-Kiefernwald-Gebieten besteht ein starker, linearer Zusammenhang zwischen Überschirmung und Verwandtschaftsgrad der Aufnahmen (Abbildung 3). Der Übergang von Offenland- zu Waldvegetation ist ein gradueller beziehungsweise ein Kontinuum. Erst bei Aufnahmen mit einem Überschirmungsgrad von 80 % überwiegt die Eigenständigkeit der Aufnahmen. Selbst in den dichtesten Beständen weist die Vegetation noch eine 39-prozentige Ähnlichkeit mit den Referenzaufnahmen des Offenlandes auf.

Die Vegetation auf dem laubbaumdominierten Transekt Kumpflalm verändert sich deutlicher. Hier überwiegt bereits bei einer Überschirmung von 46 % die Eigenständigkeit der Aufnahmen. In den dichtesten Beständen besteht

	Riedboden	Föhrenheide	Kümpflalm	Ableitenalm
Erklärte Varianz [%]	22	31	41	16
Überschirmung Großquadrat (Plot)	0,913	0,746	0,852	0,696
Bestandesgrundfläche Plot	0,815	0,800	0,474	0,663
Bestandesgrundfläche Plot und Puffer	0,870	0,858	0,920	0,768
Anzahl der Bäume Plot	0,907	0,832	0,301	0,563
Anzahl der Bäume Plot und Puffer	0,952	0,822	0,654	0,700

Tab. 2: Berechnung von post-hoc Pearson Korrelationskoeffizienten zwischen den Variablen, die den Einfluss des Baumbestandes charakterisieren und den Artenmatrizen der vier Untersuchungsgebiete. Die Bestockung in der Umgebung der Transekte hat deutlichen Einfluss auf die Artenzusammensetzung.

Tab. 2: Post-hoc Pearson correlation coefficients between variables characterising the influence of tree shade and the species matrices of the four study sites. The trees along the transects have significant effects on the species composition.



Abb. 2: Kümpflalm: Fließende Übergänge von Offenland- zu Waldvegetation bei zunehmender Überschirmung (Foto: Marco Müller).
Fig. 2: Kümpflalm: Continuous transitions from open-land to forest vegetation with increasing tree canopy cover.

so gut wie keine Ähnlichkeit mit der Offenlandvegetation mehr (<2 %). Auf dem Transekt der Ableitenalm gibt es die höchste Ähnlichkeit zwischen offener Weide und dichtesten Beständen (59 %; $R^2 = 0,302$).

3.1.3 Diversität

Die Höhepunkte der Artenzahlkurven befinden sich bei ~20 % (18–25 %) Überschirmung (Tabelle 3, Abbildung 4). Die Abnahme der Artenzahlen bei Überschirmungswerten >20 % erfolgt bei den Bergmischwald-Transekten deutlicher als bei jenen der lichten Schneeheide-Kiefernwälder.

Der Verlauf der Zahlen gefährdeter (Rote Liste Bayern: StMUG 2005) und geschützter Arten (Bundesartenschutzverordnung/Bundesnaturschutzgesetz) der Schneeheide-Kiefernwald-Gebiete folgt tendenziell den Kurven der Artenzahlen. Die Optima der Kurven werden hier mit 10–12 Arten bei 7 beziehungsweise 25 % Überschirmung erreicht (Tabelle 3). Hingegen weisen die Gebirgsmischwald-

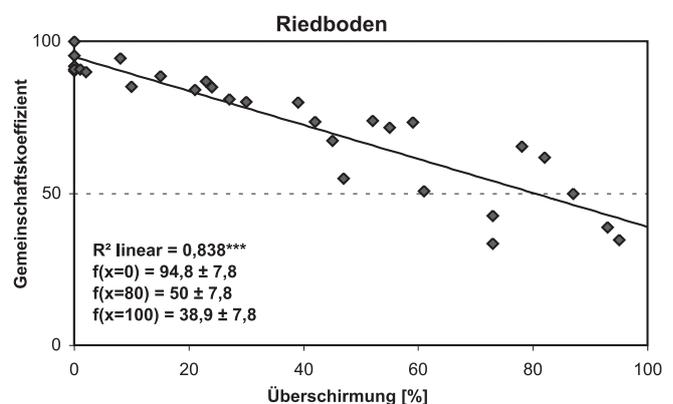


Abb. 3: Zusammenhang zwischen Überschirmung und dem Verwandtschaftsgrad der Aufnahmen des Riedbodens (n = 30). Der Übergang der Vegetation von Offenland zu Wald ist kontinuierlich.

Fig. 3: Correlation between tree canopy cover and similarities of the different plots of the Riedboden (n = 30). Open-land vegetation continuously changes to forest vegetation.

Transecte einen linearen Zusammenhang auf, wobei auch hier die höchsten Einzelwerte im lichten Baumbestand erreicht werden. Folgende Rote Liste-Halbschattenpflanzen kommen mit einem Schwerpunkt in den Übergangsbereichen der Transecte vor: *Cephalanthera longifolia*, *Goodyera repens*, *Luzula nivea*, *Carex ericetorum*, *Melampyrum sylvaticum*, *Thesium rostratum*, *Coronilla vaginalis*, *Huperzia selago*, *Platanthera chlorantha* und *Campanula latifolia*.

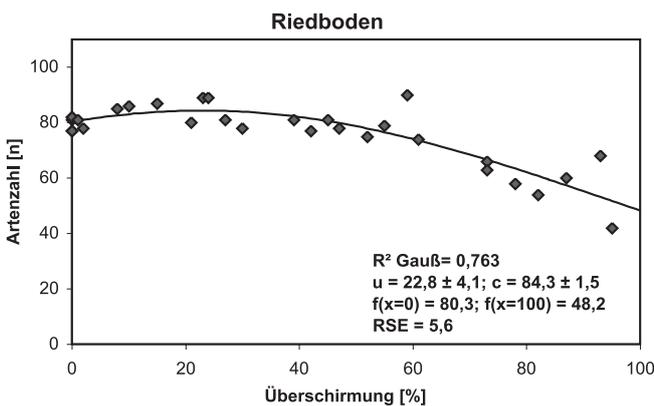


Abb. 4: Zusammenhang zwischen Überschirmung und Artenzahlen des Riedbodens (n = 30). Die Höhepunkte der Artenzahlkurven aller Transecte befinden sich bei ungefähr 20 %.
 Fig. 4: Correlation of tree canopy cover and species numbers of the Riedboden (n = 30). The maximum species numbers along all transects are located at a canopy cover of about 20 %.

	Riedboden	Föhrenheide	Kümpfalm	Ableitenalm
Optima Artenzahlen				
Überschirmung [%]	22,8	18	21,8	25
Bestandesgrundfläche [m²/ha]	4,7	4,0	12,0	22,7
Stammanzahl [n/ha]	97	0 ¹	178	n. s.
Distanz zum Kronenrand [m]	10,2	10,9	12,4	16,2
Optima Anzahl geschützter und gefährdeter Arten				
Überschirmung [%]	25,3	7,1	0,0 ¹	0,0 ¹
Bestandesgrundfläche [m²/ha]	8,0	2,7	0,0 ¹	0,0 ¹
Stammanzahl [n/ha]	215	0 ¹	0 ¹	n. s.
Distanz zum Kronenrand [m]	8,1	27,9	9,6	11,8

Tab. 3: Optima der Artenzahlen und der Anzahl geschützter und gefährdeter Arten. Anmerkungen: ¹ linearer Zusammenhang. Die meisten Rote Liste-Arten sind in Bergmischwäldern im Vergleich zu Schneeheide-Kiefernwäldern in geringer bestockten Weidebereichen aufzufinden (n. s. = nicht signifikant).

Tab. 3: Maximum of species numbers and of protected and endangered species. Notes: ¹ linear relationship; ² convex (quadratic) relationship. In mountain mixed forests most red list species can be found in less dense forest stands which is a difference to *Erico-Pinetum sylvestris* forests (n. s. = not significant).



Abb. 5: Schneeheide-Kiefern-Weidewald im Riedboden. Dargestellt ist der Bestockungsgrad mit den höchsten Artenzahlen (Foto: Marco Müller).
 Fig. 5: *Erico-Pinetum sylvestris* forest of the Riedboden. The area shown in the picture has the stand density index with maximum species numbers.

3.1.4 Lichtzeiger

Als Schattenzeiger wurden all jene Arten mit Ellenberg-schen Lichtzahlen von 1–3 und als Lichtzeiger all jene mit den Lichtzahlen 8–9 bezeichnet. Die mittlere Lichtzahl je Aufnahme sowie die Zahlen von Lichtzeigern sinken mit zunehmender Überschirmung überwiegend linear, während Schattenzeiger in dichter werdenden Beständen

	Ried- boden	Föhren- heide	Kümpfl- alm	Ableiten- alm
Schnittpunkte Artenzahlen Licht-/Schattenzeiger¹				
Überschirmung [%]	94,7	87,8	79,9	-
Bestandesgrund- fläche [m ² /ha]	40,6	28,7	40,0	78,8
Stammanzahl [n/ha]	808	269	278	n. s.
Distanz zum Kronenrand [m]	n. s.	n. s.	-4,3	n. s.
Schnittpunkte Anteile Offenland-/Waldarten¹				
Überschirmung [%]	-	87,4	72,3	-
Bestandesgrund- fläche [m ² /ha]	44,6	28,0	34,7	94,4
Stammanzahl [n/ha]	914	286	253	751
Distanz zum Kronenrand [m]	-4,2	-2,1	-4,2	-2,9
Schnittpunkte Deckung Offenland-/Waldarten¹				
Überschirmung [%]	83,5	41,5 (80,5) ³	94,9	n. s.
Bestandesgrund- fläche [m ² /ha]	36,0	14,0 (20,0) ³	39,3	56,6
Stammanzahl [n/ha]	686	131 (n. s.) ³	310	n. s.
Distanz zum Kronenrand [m]	-0,9	-0,9	-6,6	-4,8
Deutlichster Wandel von Offenland- zu Wald- vegetation²				
Überschirmung [%]	~75	? ⁴	~65	~75
Bestandesgrund- fläche [m ² /ha]	~30	? ⁴	~30	~55
Stammanzahl [n/ha]	~650	? ⁴	~200	~200
Distanz zum Kronenrand [m]	~-1,5	~-0,5	~-2,0	~-1,0

Tab. 4: Schnittpunkte der Kurven von Licht- mit Schattenzeigern und Offenland mit Waldarten. Anmerkungen: ¹ aus Regressionskurven errechnet; ² aus pflanzensoziologischer Tabellenarbeit abgeleitet; ³ ohne *Carex alba*; ⁴ zu geringe Anzahl an Aufnahmen in dichten Beständen. Lichtzeiger beziehungsweise Offenlandarten dominieren noch bis in hohe Überschirmungsgrade (n. s. = nicht signifikant).

Tab. 4: Intersection of curves of indicator species for shade and shade-intolerance respectively of open-land and forest species. Notes: ¹ based on regression curves; ² based on phytosociological table analysis; ³ without *Carex alba*; ⁴ insufficient amount of samples in dense forest stands. Commonly shade-intolerant and open-land species dominate even in dense forest stands (n. s. = not significant).

linear zunehmen. Bei den Schneeheide-Kiefernwald-Gebieten und dem nadelholzdominierten Bergmischwald (Ableitenalm) sinken die mittleren Lichtzahlen mit zunehmender Überschirmung weit geringer als auf dem laubholzdominierten Transekt (Kümpflalm). Auf allen Transekten ist zu beobachten, dass Lichtzeiger noch bis zu einer Überschirmung von 80–100 % dominieren (Tabelle 4).

3.1.5 Pflanzensoziologie

Die Kurven der Wald- beziehungsweise Offenlandarten (vergleiche Kapitel 1) und deren Deckungen zeigen eine ähnliche Reaktion auf zunehmende Überschirmung wie diejenigen der Licht- und Schattenzeiger (Abbildung 6). Auch hier dominieren die Offenlandarten bis 72 % (Kümpflalm) beziehungsweise 87 % (Föhrenheide) Überschirmung oder sogar über das gesamte Transekt (Riedboden, Ableitenalm; Tabelle 4).

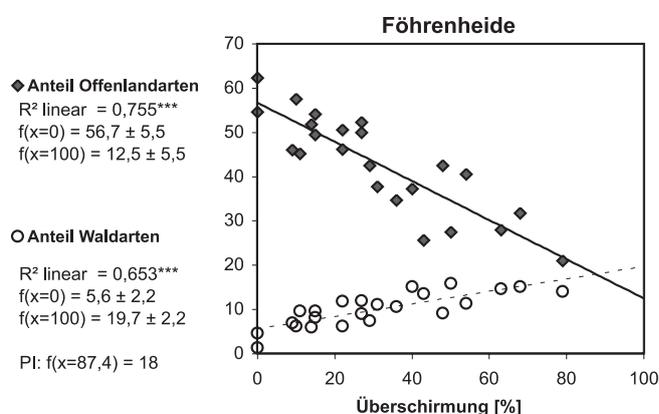


Abb. 6: Zusammenhang zwischen Überschirmung und Anzahl an Licht-/Schattenpflanzenarten der Föhrenheide (n = 23).

Fig. 6: Correlation between tree canopy cover and numbers of shade-tolerant and shade-intolerant species of the Föhrenheide (n = 23).

Die Zahl von Arten der Klassen Molinio-Arrhenatheretea, Seslerietea albicantis, Festuco-Brometea und Nardo-Callunetea nehmen bei steigender Überschirmung linear ab. (Ausnahme Riedboden; Tabelle 5). Die Artenzahlen der Klasse Erico-Pinetea verteilen sich auf dem Riedboden und der Kümpflalm in Form einer Gaußkurve mit Höhepunkten bei 42 beziehungsweise 25 % Überschirmung (andere Transekte sind nicht signifikant). Die Artenzahlen der Klassen Vaccinio-Piceetea und Querco-Fagetea steigen entlang des Überschirmungsgradienten linear an (Riedboden) oder bilden Vorkommensschwerpunkte in mittleren Überschirmungssituationen.

Aus den jeweils deutlichsten Veränderungen der Artenzusammensetzung der Vegetationstabellen, die den lichtökologischen Gradienten wiedergeben, lassen sich relativ abrupte Wechsel der Offenland- zur Waldvegetation beobachten, welche in den Regressionsanalysen verborgen blieben (Tabelle 4).

	Ried- boden	Föhren- heide	Kümpfl- alm	Ableiten- alm
Molinio- Arrhenatheretea	0,0 ¹	0,0 ¹	0,0 ¹	0,0 ¹
Seslerietea	21,5	0,0 ¹	0,0 ¹	0,0 ¹
Nardo- Callunetea	15,2	0,0 ¹	0,0 ¹	0,0 ¹
Festuco- Brometea	22,9	0,0 ¹	0,0 ¹	0,0 ¹
Erico-Pinetea	42,4	n. s.	25,4	n. s.
Vaccinio- Piceetea	100,0 ¹	50,6	38,6	38,5
Quercu-Fagetea	100,0 ¹	n. s.	67,3	65,7

Tab. 5: Maxima der Zahl von charakteristischen Arten der Klassen in Abhängigkeit von der Überschirmung (in %). Anmerkungen: ¹ linearer Zusammenhang. Nur die Artenzahlen der Klasse Erico-Pinetea zeigen keinen linearen Verlauf und erreichen Höhepunkte in mittleren Überschirmungsbereichen (n. s. = nicht signifikant).

Tab. 5: Maximum number of species of different phytosociological classes in relation to the tree canopy cover (in %). Note: ¹ linear relationship. Only species numbers of Erico-Pinetum sylvestris forests run non-linear and reach their maxima in forest stands with average density.

3.2 Betrachtungsebene Kleinquadrate

3.2.1 Erklärung der Artenzusammensetzung

Bei der Erklärung der Artenzusammensetzung erreicht der Parameter Distanz zum Kronenrand geringere Korrelationskoeffizienten als die Überschirmung (Tabelle 6). Dennoch wird die Distanz zum Kronenrand bei der Analyse und Interpretation der Kleinquadratdaten die erklärende Größe sein, da sie die Position der Aufnahmen in Bezug zur übershirmten Fläche genauer erfasst.

	Ried- boden	Föhren- heide	Kümpfl- alm	Ableiten- alm
Erklärte Varianz [%]	31	48	12	11
Distanz zum Kronenrand	-0,669	-0,703	-0,679	-0,600
Überschirmung	0,798	0,618	0,800	0,772

Tab. 6: Berechnung von post-hoc Pearson Korrelationskoeffizienten zwischen den Variablen Distanz zum Kronenrand und Überschirmung mit den Artenmatrizen für die Kleinquadrataufnahmen. Beide Parameter eignen sich zur Interpretation der Kleinquadratdaten.

Tab. 6: Post-hoc Pearson correlation coefficient of the variables distance to the crown margin and tree canopy cover with the species matrices of the synusial plots. Both parameters are suitable for the synusial data analysis.

3.2.2 Floristischer Verwandtschaftsgrad

Auf allen Flächen nimmt der floristische Verwandtschaftsgrad von der Ausgangsaufnahme der offenen Weide linear ab (Ausnahme Riedboden: Diskontinuum bei +5 bis +20 m). Bei den Schneeheide-Kiefernwäldern ist die Vegetation der Kronenränder den Offenland-Aufnahmen sehr viel ähnlicher (36 % beziehungsweise

39 %), als den Bergmischwald-Gebieten (20 % beziehungsweise 26 %).

3.2.3 Diversität

Die Artenzahlen steigen im Bereich von +/-5 m Distanz zum Kronenrand stark an und bilden bei +10 bis +16 m Entfernung einen Höhepunkt aus (Abbildung 7; Tabelle 3).

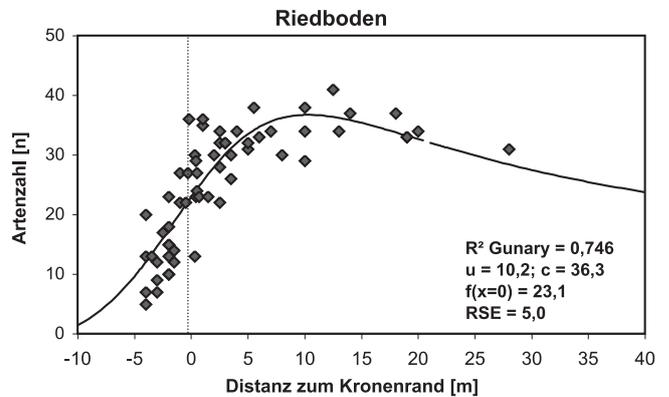


Abb. 7: Zusammenhang zwischen Distanz zum Kronenrand und Artenzahl des Riedbodens (n = 60). Bei zirka 10 m Distanz zum Kronenrand findet man die größten Artenzahlen.

Fig. 7: Correlation between the distance to the crown margin and species numbers of the Riedboden (n = 60). The highest numbers of species can be found at a distance of approximately 10 m.

Einen weniger starken Einfluss hat die Variable Distanz zum Kronenrand auf die Anzahl geschützter und gefährdeter Arten (R^2 Gunary = 0,1–0,4). Die Modelle mit dem höchsten R^2 folgen der Entwicklung der Gesamtartenzahlen. Korrelationen zwischen Artenzahlen und Zahlen gefährdeter Arten bestätigen diesen Zusammenhang auf allen Transekten ($p < 0,001$).

3.2.4 Lichtzeiger

Die mittleren Lichtzeigerwerte je Aufnahme und die Zahlen der Lichtzeiger nehmen auf allen Transekten im Bereich von +/-5 m stark, fast linear zu. Die Werte der Lichtzeiger erreichen für Schneeheide-Kiefernwälder Optima bei +9 bis +10 m und für Bergmischwälder bei +15 bis +19 m Distanz zum Kronenrand (Tabelle 7). Die Schneeheide-Kiefernwald-Gebiete weisen am Kronenrand höhere Lichtzeigerwerte auf als die Bergmischwald-Gebiete (6,7 und 6,5 zu 6,2 sowie 6,0).

Nur auf dem Transekt Kümpflalm konnten signifikante Zusammenhänge zwischen Distanz zum Kronenrand und dem Auftreten von Schattenzeiger festgestellt werden. Diese beginnen unter der Krone vermehrt aufzutreten und dominieren bei -4,2 m.

3.2.5 Pflanzensoziologie

Die Regressionen der Anteile an Wald- und Offenlandarten gleichen denen der Schatten- beziehungsweise Lichtzeiger (Abbildung 8). Während der Anteil Offenlandarten bei +/-5 m stark ansteigt, fällt der der Waldarten in ähnlichem Maße ab. Dominant werden die Waldarten zwischen -2 und -4 m (Tabelle 4). Das Optimum der Offenlandarten liegt bei +23 bis +29 m Distanz zum Kronenrand.

	Ried- boden	Föhren- heide	Kümpfl- alm	Ableiten- alm
Artenzahlen Lichtzeiger	9,6	8,5	14,7	18,5
Artenzahlen Offenlandarten	9,6	8,9	19,0	14,1
Deckung Offenlandarten	22,9	? ¹	23,9	28,8

Tab. 7: Optima der Lichtzeiger und Offenlandarten (dargestellt als Distanz zum Kronenrand in Meter). Anmerkungen: ¹ Berechnung aufgrund von geringer Anzahl an hohen Distanzwerten nicht möglich. Der generell lichtere Charakter der Schneeheide-Kiefernwälder zeigt sich auch dadurch, dass die Offenlandarten ihre Optima näher am Kronenrand aufweisen als in Bergmischwäldern.

Tab. 7: Optima for non-shade tolerant and non-forest species (in distance to the crown margin). Note: ¹ Calculation is impossible due to a low amount of high distance values. The generally bright character of Spring heather-Scots-pine woods is also indicated by lower optima of non-forest species related to the crown distance.

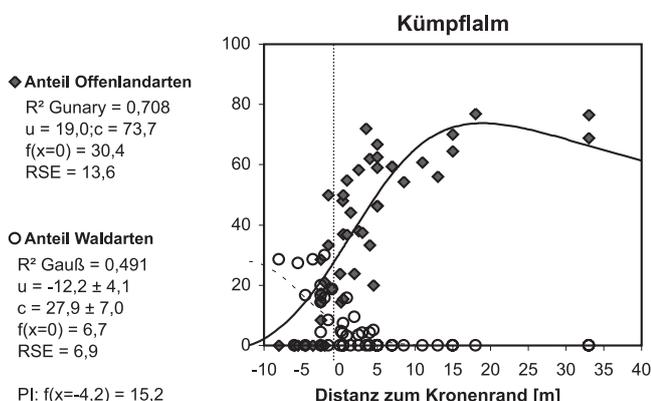


Abb. 8: Zusammenhang zwischen Distanz zum Kronenrand und Anteil an Offenland- beziehungsweise Waldarten der Kümpflalm (n = 49). Dominanz gegenüber Offenlandarten erreichen Waldarten erst einige Meter innerhalb der Baumkrone.

Fig. 8: Correlation between the distance to the crown margin and the proportion of forest and non-forest species of the Kümpflalm (n = 49). Non-forest species dominate forest species up to several meters within the crown canopy.

Die Deckung der Waldarten übersteigt die der Offenlandarten der Schneeheide-Kiefernwald-Gebiete bei -0,9 bis +0,9 m und die der Bergmischwald-Transekte bei -5 bis -7 m Distanz zum Kronenrand. Je nach Waldtyp treten die ersten Waldarten bei zirka +5 m (Bergmischwald) beziehungsweise +10 m (Schneeheide-Kiefernwald) auf.

Auf den Bergmischwald-Transekten steigen die Artenzahlen der Klasse Molinio-Arrhenatheretea bis zu einer Distanz von +15 bis +20 m an. Anschließend bleiben sie annähernd konstant. Die Artenzahlen der Klassen Festuco-Brometea und Seslerietea albicantis bilden auf diesen Transekten deutliche Höhepunkte bei +2 bis +10 m. In den Schneeheide-Kiefernwald-Gebieten ähneln sich die Kurven von Artenzahlen der Klassen Molinio-Arrhenatheretea, Festuco-Brometea und Seslerietea albicantis: Bis die Werte bei +8 bis +14 m konstant werden, erfolgt ein steiler Anstieg der Artenzahlen. Vaccinio-Piceetea-

Artenzahlen erreichen im Schneeheide-Kiefernwald ihren Höhepunkt bei -2 m (Riedboden) beziehungsweise im Bereich des Kronenrands (Föhrenheide). In den Bergmischwald-Gebieten sind die Ergebnisse nicht signifikant). Hingegen treten nur in den Bergmischwald-Gebieten nennenswert viele Quercu-Fagetea-Arten auf, mit einem Optimum bei -9 m (Kümpflalm; Tabelle 8).

Arten, die auf allen Transekten nur hohe Stetigkeiten außerhalb der übershirmten Bereiche aufweisen, sind beispielsweise: *Hieracium pilosella*, *Linum catharticum*, *Prunella vulgaris* und *Thymus praecox* subsp. *polytrichus*. Unter den von auf allen vier Transekten stetigen Arten konnten keine gefunden werden, die sich sowohl zu offenen als auch zu übershirmten Bereichen abgrenzen. In den Schneeheide-Kiefernwald-Gebieten ist *Gentiana clusii* auf den Bereich von +0,5 bis +7 m beschränkt. Auf den Bergmischwaldstandorten scheinen *Carduus defloratus*, *Carex ferruginea* und *Carex ornithopoda* auf einen Bereich im Umfeld der Kronen beschränkt zu sein. Ausschließlich auf den Kronenbereich beschränkt sind beispielsweise *Carex sylvatica* und *Oxalis acetosella*.

	Ried- boden	Föhren- heide	Kümpfl- alm	Ableiten- alm
Molinio- Arrhenatheretea	13,4	9,6	28,5	20,9
Seslerietea	7,9	16,2	7,0	6,7
Nardo- Callunetea	14,6	18,5	19,2	40,0
Festuco- Brometea	9,8	13,9	2,1	9,6
Erico-Pinetea	18,8	n. s.	7,0	4,9
Vaccinio- Piceetea	-2,4	-0,4	n. s.	n. s.
Quercu- Fagetea	<-10,0	n. s.	-8,9	-10,0

Tab. 8: Optima von Artenzahlen der angeführten Klassen (Distanz zum Kronenrand in Meter). Arten der Klassen mit vielen Weidezeigern (Molinio-Arrhenatheretea und Nardo-Callunetea) erreichen die maximalen Artenzahlen erst bei großen Entfernungen zu den Kronenrändern (n. s. = nicht signifikant).

Tab. 8: Maximum of species numbers of the listed phytosociological classes (distance to the crown margin in m). Classes with many grazing indicator species (Molinio-Arrhenatheretea and Nardo-Callunetea) reach their maximum species numbers at high distances to the crown margins (n. s. = not significant).

4. Diskussion

4.1 Erklärung der Artenzusammensetzung

Die Variablen Überschirmung und Bestandesgrundfläche haben einen großen Einfluss auf die Artenzusammensetzung der Flächen. Zudem deutet sich eine hohe Übertragbarkeit der Bedeutung beider Variablen auf andere Gebiete an, vor allem dann, wenn zusätzlich zwischen Waldtypen unterschieden wird. Dagegen scheint die Stammanzahl sehr von der Bestandesstruktur eines Waldes abzuhängen, denn deren Ergebnisse differieren auf den Untersuchungsgebieten sehr.

4.2 Auswirkungen des Überschirmungsgradienten auf die Artenzahlen, Zahlen an geschützten und gefährdeten Arten

Die von GILLET & GALLANDAT (1996a) für von *Picea abies* beziehungsweise von GILLET et al. (1999) für von *Larix decidua* bestandene Almweiden ermittelten Optima von Artenzahlen bei 10–50 % (*Picea abies*-Studie) beziehungsweise 27 % Überschirmung (*Larix decidua*-Studie) ähneln den Ergebnissen dieser Untersuchung (Schneeheide-Kiefernwald: 18–23 %; Bergmischwald: 22–25 % Überschirmung). Zu erklären sind diese Optima mit der Erhöhung der Anzahl potentieller Habitats durch das graduelle Auftreten von solitären oder in Gruppen stehenden Bäumen (WHITTAKER 1975). Hier überschneiden sich erstmals typische Offenland- und Waldarten in ihrem Vorkommen. Wenn keine oder eine sehr dichte Bestockung vorhanden ist, sinkt die Anzahl potentieller Habitats und die Artenzahlen nehmen ab.

In Bezug auf die Distanz zum Kronenrand konnten GILLET et al. (1999) in den von Lärchen dominierten Weiden ein Optimum bei +29 m feststellen. Dies scheint angesichts der von ihnen angeführten optimalen Überschirmung von 27 % schwer vorstellbar. Die Optima der Schneeheide-Kiefernwälder bei +10 bis +11 m und der Bergmischwälder bei +12 bis +16 m Distanz zum Kronenrand passen hingegen besser zu den für die Überschirmung ermittelten Höchstwerten. Die Ursache für abnehmende Artenzahlen bei großen Entfernungen zum Kronenrand ist mit

den allgemein geringeren Artenzahlen der offenen Weide zu erklären.

Die unterschiedlichen Zahlen an geschützten und gefährdeten Arten zwischen Schneeheide-Kiefernwald-Weiden (Optima: 7–25 % Überschirmung) und Bergmischwald-Gebieten (Optimum: offene Weide) scheint in den verschiedenen Verbreitungsschwerpunkten der unter Schutz stehenden Arten begründet. Viele typische Schneeheide-Kiefernwaldarten (wie *Aquilegia atrata*, *Daphne mezereum*, *Coronilla vaginalis*) sind als Halbschattenpflanzen auf licht bewaldete Bereiche angewiesen. In den montanen Bergmischwald-Gebieten sind die geschützten und gefährdeten Arten eher lichtbedürftige Arten der alpinen Stein- und Magerrasen, wie *Pedicularis verticillata* oder *Gentiana verna*. Dennoch liegen auch hier die Aufnahmen mit den meisten geschützten und gefährdeten Arten im licht überschirmten Bereich.

Folgerungen für die Praxis

Die Ergebnisse bestätigen die hohe Bedeutung licht mit Gehölzen bestandener Weiden für den Natur- und Artenschutz (vergleiche BERTILLER 2006; DEININGER 2008). Baumbestände mit einer Überschirmung von ~20 % und einer Bestandesgrundfläche von 5 m²/ha (Schneeheide-Kiefernwald) beziehungsweise 12–23 m²/ha (Bergmischwald) wiesen die höchsten Zahlen an Arten und überwiegend auch an geschützten und gefährdeten Arten auf und sind deshalb besonders erhaltenswert.



Abb. 9: Schneeheide-Kiefern-Weidewald im Gebiet Föhrenheide: Lichter Weidewald mit hoher Strukturvielfalt bietet vielen typischen Offenlandarten gute Wuchsbedingungen, auch bei zunehmenden Überschirmungsgraden (Foto: Marco Müller).

Fig. 9: *Erico-Pinetum sylvestris* forest of the Föhrenheide: Wood pastures with a wide variety of habitats offer good growing conditions for many typical non-forest species even under a denser canopy cover.

Für offene Weideflächen in Schneeheide-Kiefernwald-Gebieten kann das Zulassen eines natürlichen Aufwuchses bis zu einem Überschirmungsgrad von 20 % gewinnbringend sein. Bei einem solchen Baum-Offenland-Mosaik könnten sich vorhandene geschützte und gefährdete Lichtzeiger halten und zusätzlich geschützte und gefährdete Halbschattenpflanzen (vor allem *Erico-Pinetea*-Arten) ausbreiten. Hingegen könnte man in manchen eng bestockten Schneeheide-Kiefernwäldern eine Auflichtung der Bestände, beispielsweise auch durch Beweidung, bis zu diesem Überschirmungsgrad befürworten.

In den (hoch-)montanen Bergmischwald-Gebieten scheinen die offenen Weiden für die dortigen geschützten und gefährdeten Arten eine größere Bedeutung zu haben. Hier sollten verstärkt auch offene Weideflächen erhalten werden. Ohne beschirmte Bereiche fehlen allerdings auch hier bedrohte Halbschatten- und Schattenpflanzen, wie beispielsweise *Daphne mezereum*, *Listera ovata*, *Aconitum lycoctonum* subsp. *vulparia*. Somit ist in den Bergmischwald-Gebieten eine Kombination aus offener, lichter und dicht bestockter Weide ideal. Allerdings bezieht sich der Absatz ausschließlich auf floristische und artenschutzspezifische Gesichtspunkte, so dass die Vorschläge nur unter Berücksichtigung weiterer Aspekte, wie beispielsweise Lawinenschutz-Funktion des Waldes oder Praktikabilität, diskutiert werden sollten.

4.3 Bedeutung der Überschirmung auf die Artenzusammensetzung im Hinblick auf die Abgrenzbarkeit von Wald und Weide

Das generell lichtere Kronendach der Schneeheide-Kiefernwälder führt dazu, dass Offenlandarten tendenziell tief in die Baumbestände vordringen. Deshalb ist dort auch die Vegetation unter Baumkronen weit ähnlicher der Vegetation der offenen Weiden als bei Bergmischwäldern. Jedoch finden sich auch in den dichtesten Bergmischwald-Beständen teilweise mehr Offenlandals Waldarten. Grund hierfür ist wohl der mehrschichtige Bestand des Weidewaldes, der zu vielfältigen Strahlungsintensitäten am Waldboden führt und dadurch ein Mosaik aus Offenland- und Waldarten fördert. Diese Waldstruktur geht auf die Weideaktivität (hemmender Einfluss auf die Verjüngung des Waldes; LISS 1988; MAYER et al. 2004; RÖSCH 1992) und auf pflegerische Eingriffe der Landwirte (vor allem Einzelbaum-Entnahme und Schwendung) zurück.

Jedoch zeigt die Analyse der Kleinquadrate, dass die Arten, die über den gesamten Überschirmungsgradienten hinweg vorkommen, keineswegs indifferent gegenüber Beschirmung sind. Arten wie *Hieracium pilosella* agg. und *Hippocrepis comosa* meiden direkte Überschirmung und treten in dichten Beständen ausschließlich in Lichtungen auf. Diese Arten können die Lichtungen offenbar als „Trittsteine“ für eine tief in die Baumbestände hineinreichende Verbreitung nutzen. Auf der anderen Seite sind einige Waldarten licht bestockter Weidebereiche auf die (teilweise) Beschattung durch Bäume angewiesen.

Gefördert wird das Mosaik aus Offenland- und Waldarten in dichten Beständen zusätzlich durch das direkte Einwirken der Beweidung (EWALD 2000). Tritt schafft offene Stellen, auf denen der Oberboden freigelegt wird. Dies erhöht die Vielfalt an Mikrostandorten (HUSTON 1994) und fördert (auf Kalkstandorten) auch calciphytische Arten (EWALD 2000), darunter einige Arten der Roten Liste. Durch die Nähe zur offenen Weide existiert im Wald ein erweiterter Artenpool (ZOBEL 1994), dessen Ausstattung von der Diasporenverbreitung durch Weidetiere profitiert (POSCHLOD et al. 1997).

Das beobachtete Phänomen, dass die Deckungen von Lichtzeigern beziehungsweise Offenlandarten bis zu einem Optimum ansteigen und sich dann eine konstante Deckung einstellt, ist vermutlich auf den geringeren Einfluss der Bäume zurückzuführen. Nach diesem Höhepunkt sollte ein Baumbestand damit keine oder zumindest nicht signifikante Auswirkungen auf die Vegetation haben.

Folgerungen für die Praxis

Wie in der Einleitung erwähnt, besteht zum einen ein Dissens über die Anwendung der Begriffe Wald- und Lichtweide. Zum anderen steht die Frage im Raum, ab welchem Überschirmungsgrad die Bodenvegetation einer bestockten Weidefläche waldtypisch ist.

Populationen bilden entlang von Gradienten eher ein Kontinuum stetigen Wandels und damit keine scharfen Grenzen (WHITTAKER 1975). Vor diesem Hintergrund und den bereits erwähnten Unterschieden der Vegetationszusammensetzung auf den einzelnen Transekten wird klar, dass aus vegetationsökologischer Sicht eine Festlegung eines einheitlichen Überschirmungsgrades zur Abgrenzung von Wald zu Weide für alle Standorte und Waldtypen nicht möglich ist. Dennoch werden aufgrund der Zweckmäßigkeit konkreter Werte zum Abgrenzen von Wald und Weide in Abbildung 10 Werte-Grenzen genannt. Hier wird zwischen offenen Weideflächen, bestockten Weideflächen mit Offenlandcharakter und bestockten Weideflächen mit Waldcharakter unterschieden. Die Grenzen können allerdings zunächst nur für die Untersuchungsgebiete sowie für standörtlich vergleichbare Flächen gelten. Damit sollen keine Aussagen über eine generelle Definition von Wald auf Almweiden gemacht werden. Die vorgelegte Abgrenzung leitet sich allein aus den vegetationsökologischen Ergebnissen dieser Arbeit sowie deren Diskussion ab und sollte mit weiteren Studien verifiziert werden.

Danksagung

Für die freundliche Zusammenarbeit danken wir den Almbauern Xaver Büchl, Andreas Leitenbauer, Peter Raindl und Klaus Schreyer. Für die fachliche Unterstützung danken wir Wolfgang Kraus und Andreas Böck. Wichtige Einsichten ergaben sich aus Diskussionen mit Anna Gruber, Patrick Guderitz, Georg Hausladen, Manuel Schweiger, Julia Steil, Margarethe Steinhuber und Julia Wegele. Herzlichen Dank auch an Andreas Zehm für seine kritischen Kommentare zum Manuskript.

	Offene Weideflächen ohne (oder mit minimalem) Gehölzeinfluss		Bestockte Weideflächen mit Offenlandcharakter			Bestockte Weideflächen mit Waldcharakter		
Vegetationstyp	Schneeheide- Kiefernwald	Berg- mischwald	Schneeheide- Kiefernwald	Bergmischwald		Schneeheide- Kiefernwald	Bergmischwald	
Dominanz von				Laubholz	Nadelholz		Laubholz	Nadelholz
Distanz zum Kronenrand [m]	>10–20	>15–30	-	-	-	-	-	-
Überschirmungsgrad [%]	0	0	<75–85	<65–80	<75	>75–85	>65–80	>75
Bestandsgrundfläche [m ² /ha]	0	0	<30	<30–40	<50–60	>30	>30–40	>50–60

Abb. 10: Abgrenzung zwischen Weideflächen mit floristischem Offenlandcharakter und Bereichen mit Waldcharakter. Hierzu wurden Vegetationstabellen, die Zahlen und Deckungen typischer Offenland- und Waldarten sowie der Licht- und Schattenzeiger herangezogen.

Fig. 10: Separation of pastures with typical open-land flora and areas with forest character. The separation is based on phytosociological tables, species numbers and coverage of typical open-land and forest species as well as on indicator species for shade and shade-intolerance.

Literatur

- AKÇA, A. (1997, Hrsg.): Waldinventur. – Cuvillier, Göttingen.
- BARKMAN, J. (1978): Synusial approaches to classification. – In: WHITTAKER, R. H. (Ed.): Classification of Plant Communities. Junk: 111–166, The Hague.
- BERTILLER, R., KEEL, A. & STUTZ, H.-P. (2006): Bewertung lichter Wälder im Kanton Zürich und der Nutzen für das Projektmanagement. – Schweiz. Z. Forstwes. 8: 303–309.
- BRUNNER, H. (2010): Rede des Staatsministers zur Hauptalmbegehung 2010. – Krün, 04.08.10. www.stmelf.bayern.de/mam/cms01/service/dateien/reden/2010_08_04_neues_bergbauernprogramm.pdf (24.08.10).
- BSDI (= BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM DES INNERN, 1972, Hrsg.): Schutz dem Bergland. Almen/Alpen in Bayern. – Selbstverlag, München.
- CHYTRÝ, M. & OTÝPKOVÁ, Z. (2003): Plot sizes used for phytosociological sampling of European vegetation. – J. Veg. Science 14: 563–570.
- DEININGER, H. (2008): Hohe Artenvielfalt in Übergangsbereichen zwischen Licht- und Waldweide. – Der Almbauer 11: 10–11.
- EWALD, J. (2000): Long-term impact of forest pasture on the understory of mountain forests in the Tegernsee Alps (Bavaria). – Z. Ökologie und Naturschutz: 161–170.
- FLIRI, F. (1974): Niederschlag und Lufttemperatur im Alpenraum. – Wiss. Alpenvereinshefte 24, Innsbruck.
- GANSS, O. (1953): Geologische Karte von Bayern 1:100.000. Blatt 665 Schliersee. – Bayer. Geolog. Landesamt, München.
- GILLET, F. & GALLANDAT, J.-D. (1996a): Wooded pastures of the Jura mountains. – In: ETIENNE, M. (Ed.): Western European silvopastoral systems. INRA Editions, Science Update series: 37–53, Paris.
- GILLET, F. & GALLANDAT, J.-D. (1996b): Integrated synusial phytosociology: some notes on a new, multiscale approach to vegetation analysis. – J. Veg. Science 7: 13–18.
- GILLET, F., MURISIER, B., BUTTLER, A., GALLANDAT, J.-D. & GOBAT, J.-M. (1999): Influence of tree cover on the diversity of herbaceous communities in subalpine wooded pastures. – App. Veg. Science 2: 47–54.
- HÖLZEL, N. (1996): Schneeheide-Kiefernwälder in den mittleren Nördlichen Kalkalpen. – Laufener Forschungsber. 3, Laufen.
- HÖLZEL, N., FISCHER, A. & SEIBERT, P. (1996): Synopsis der Pflanzengesellschaften Deutschlands – Erico-Pinetea (Alpisch-Dinarische Karbonat-Kiefernwälder). – Flor.-soz. AG. 6: 49 S., Göttingen.
- HUSTON, M. (1994): Biological diversity. The coexistence of species on changing landscapes. – Reprinted. Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- IBM (2008, Hrsg.): SPSS 17.0. – SPSS Software GmbH.
- JERZ, H. & ULRICH, R. (1966): Geologische Karte von Bayern 1:25000. Blatt 8533/8633 Mittenwald. – Bayer. Geolog. Landesamt, München.
- KRAMER, H. & AKÇA, A. (1995): Leitfaden zur Waldmeßlehre. – Sauerländer, 3. erw. Aufl., Frankfurt am Main.
- LEYER, I. & WESCHE, K. (2007): Multivariate Statistik in der Ökologie. Eine Einführung. – Springer, Korr. Nachdr. Berlin.
- LFU (= BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ; Hrsg., 2007): ABSP – Arten- und Biotopschutzprogramm Bayern. – Stand: Januar 2010, Augsburg.
- LISS, B.-M. (1988): Versuche zur Waldweide – der Einfluß von Weidevieh und Wild auf Verjüngung, Bodenvegetation und Boden im Bergmischwald der ostbayerischen Alpen. – Schriftr. Forstwirtschaft. Fak. Univ. München 87, München.
- MAYER, A., STÖCKLI, V., GOTSCH, N., KONOLD, W. & KREUZER, M. (2004): Waldweide im Alpenraum. Neubewertung einer traditionellen Mehrfachnutzung. – Schweiz. Z. Forstwes. 2: 38–44.
- MCCUNE, B. & MEFFORD, M. (1999): PC Ord 4. Version 4.20. – MjM Software.
- PFADENHAUER, J., POSCHLOD, P. & BUCHWALD, R. (1986): Überlegungen zu einem Konzept geobotanischer Dauerbeobachtungsflächen für Bayern. Teil 1. – Ber. ANL 10, Laufen.
- POSCHLOD, P., BONN, S., KIEFER, S., FISCHER, S., FUCHS, A. & JACKEL, A. (1997): Die Ausbreitung von Pflanzenarten und -populationen in Raum und Zeit am Beispiel der Kalkmagerasen Mitteleuropas. – Ber. d. Reinh.-Tüxen-Ges. 9.
- PRETZSCH, H., KAHN, M. & GROTE, R. (1998): Die Fichten-Buchen-Mischbestände des Sonderforschungsbereiches „Wachstum oder Parasitenabwehr?“ im Kranzberger Forst. – Forstw. Cbl. 117.
- RÖSCH, K. (1992): Einfluß der Beweidung auf die Vegetation des Bergwaldes: Nationalpark Berchtesgaden. – Forschungsber. 26, Berchtesgaden.
- SACHTELEBEN, J. (1995): Waldweide und Naturschutz. Vorschläge für die naturschutzfachliche Beurteilung der Trennung von Wald und Weide im bayerischen Alpenraum. – Forstw. Cbl. 114: 375–387.
- SCHENDERA, C. (2008): Regressionsanalysen mit SPSS. – Oldenbourg Verlag, München.
- SCHLEICHER, A., KÖNIGER, J. & MOSANDL, R. (2007): Waldweide differenziert beurteilen. – LWF, Waldf. Aktuell 3: 32–34.

- SCHMID, W., STÄUBLI, A. & WIEDEMEIER, P. (2002): Begleitbericht Waldweideliteratur-Datenbank. – Auftrag des Kantons Aargau. Frick und Sternenberg, 09.10, http://www.poel.ch/pdf/Waldweideliteratur_AG.pdf (31.01.2011).
- SCHMIDT, M., EWALD, J., FISCHER, A., OHEIMB, G. VON, KRIEBITZSCH, W.-U., ELLENBERG, H. & SCHMIDT, W. (2003): Liste der Waldgefäßpflanzen Deutschlands. – Mitt. Bundesforschungsanst. f. Forst- und Holzwirtsch. 212: 1–34.
- SCHMIDT-THOMÉ, P. (1953): Geologische Karte von Bayern 1:100000. Blatt 664 Tegernsee. – Bayer. Geolog. Landesamt, München.
- SCHMIDT-THOMÉ, P. (1955): Geologische Karte von Bayern 1:100000. Blatt 663 Murnau. – Bayer. Geolog. Landesamt, München.
- STMUG (= BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT, GESUNDHEIT UND VERBRAUCHERSCHUTZ, Hrsg., 2005): Rote Liste der gefährdeten Tiere und Gefäßpflanzen Bayerns – Kurzfassung. München.
- STMUG & STMELF (= BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT, GESUNDHEIT UND VERBRAUCHERSCHUTZ & BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN, Hrsg., 2010): Merkblatt „Agrarumweltmaßnahmen“ (AUM). Bayerisches Kulturlandschaftsprogramm – Teil A (KULAP-A)/Bayerisches Vertragsnaturschutzprogramm (VNP/EA). – München.
- WHITTAKER, R. (1975): Communities and ecosystems. – Macmillan, 2. ed., New York.
- WISSKIRCHEN, R. & HAEUPLER, H. (1998): Standardliste der Farn- und Blütenpflanzen Deutschlands. – Ulmer, Stuttgart.
- ZIELONKOWSKI, W. (1975): Vegetationskundliche Untersuchungen im Rotwandgebiet zum Problemkreis Erhaltung der Almen. – Schriftr. Natursch. u. Landschaftspf. 5, München.
- ZOBEL, K., ZOBEL, M. & ROSÉN, E. (1994): An experimental test of diversity maintenance mechanisms, by a species removal experiment in a species-rich wooded meadow. – Folia Geobot. 29.

Anschriften der Autoren

Marco Müller
Technische Universität München
Lehrstuhl für Vegetationsökologie
ab Sept. 2010 Lehrstuhl für Renaturierungsökologie
Emil-Ramann-Straße 6
85354 Freising-Weihenstephan

Aktuelle Anschrift

Gebietsbetreuung Mangfallgebirge
Landratsamt Miesbach
Rosenheimer Straße 1–3
83714 Miesbach
gebietsbetreuer@lra-mb.bayern.de

Josef Faas
Untere Naturschutzbehörde
Landratsamt Miesbach

Rosenheimer Straße 1–3
83714 Miesbach
josef.faas@lra-mb.bayern.de

Prof. Dr. em. Jörg Pfenhauer
Lehrstuhl für Renaturierungsökologie

Emil-Ramann-Straße 6
85354 Freising
pfadenha@wzw.tum.de

Zitiervorschlag

MÜLLER, M., FAAS, J. & PFADENHAUER, J. (2013): Einfluss der Überschirmung auf die Vegetation von Almweiden in den Bayerischen Alpen. – ANLIEGEN NATUR 35: 12–24, Laufen.

Die Gebietsbetreuung Mangfallgebirge, in dessen Rahmen der Artikel zur Publikation aufbereitet wurde, wird vom Bayerischen Naturschutzfonds, dem Europäischen Sozialfonds, dem Bezirk Oberbayern und der Kreissparkasse Miesbach-Tegernsee gefördert.



EUROPÄISCHE UNION
ESF IN BAYERN

Bayerischer Naturschutzfonds
Stiftung des Öffentlichen Rechts



ANLIEGEN NATUR

Zeitschrift für Naturschutz
und angewandte
Landschaftsökologie
Heft 35/1 (2013)
ISSN 1864-0729
ISBN 978-3-944219-02-8

Die Zeitschrift versteht sich als Fach- und Diskussionsforum für den Geschäftsbereich des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt und Gesundheit und die im Natur- und Umweltschutz Aktiven in Bayern. Für die Einzelbeiträge zeichnen die jeweiligen Verfasserinnen und Verfasser verantwortlich. Die mit dem Verfassernamen gekennzeichneten Beiträge geben nicht in jedem Fall die Meinung des Herausgebers beziehungsweise der Schriftleitung wieder.

Herausgeber und Verlag:

Bayerische Akademie für Naturschutz
und Landschaftspflege (ANL)

Seethalerstraße 6
83406 Laufen a.d.Salzach
poststelle@anl.bayern.de
www.anl.bayern.de

Schriftleitung und Redaktion:

Dr. Andreas Zehm/AZ (ANL)
Telefon: +49 8682 8963-53
Telefax: +49 8682 8963-16
andreas.zehm@anl.bayern.de

Fotos: Quellen siehe Bildunterschriften.
Satz (Grafik, Layout, Bildbearbeitung): Hans Bleicher
Bearbeitung: Andrea Burmester (englische Textpassagen),
Lotte Fabsicz, Wolf Scholz (deutsche Textteile)
Druck: OH Druck GmbH, Laufen
Stand: März 2013

© Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL),
alle Rechte vorbehalten
Gedruckt auf Papier aus 100 % Altpapier

Diese Druckschrift wird kostenlos im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Bayerischen Staatsregierung herausgegeben. Sie darf weder von den Parteien noch von Wahlwerbern oder Wahlhelfern im Zeitraum von fünf Monaten vor einer Wahl zum Zweck der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Landtags-, Bundestags-, Kommunal- und Europawahlen. Missbräuchlich ist während dieser Zeit insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken und Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zweck der Wahlwerbung.

Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Druckschrift nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Staatsregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.

Den Parteien ist es gestattet, die Druckschrift zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden.

Bei publizistischer Verwertung – auch von Teilen – ist die Angabe der Quelle und die Übersendung eines Belegexemplars erbeten. Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte sind vorbehalten. Der Inhalt wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Für die Inhalte fremder Internetangebote sind wir nicht verantwortlich.

Erscheinungsweise:

Zweimal jährlich digital auf der Seite www.anl.bayern.de und als print on demand-Druckausgabe.

Bezugsbedingungen/Preise:

Die Zeitschrift beziehungsweise die Beiträge sind als pdf-Datei kostenfrei zu beziehen. Das vollständige Heft ist über das Bayerische Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit (StMUG) unter www.bestellen.bayern.de erhältlich. Die einzelnen Beiträge sind auf der Seite der Bayerischen Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL) als pdf abrufbar www.anl.bayern.de/publikationen/anliegen.

Bestellungen der gedruckten Ausgabe (print on demand) sind über www.bestellen.bayern.de möglich.

Zusendungen und Mitteilungen:

Die Schriftleitung freut sich über Manuskripte, Rezensionsexemplare, Pressemitteilungen, Veranstaltungsankündigungen und -berichte sowie weiteres Informationsmaterial. Für unverlangt eingereichtes Material wird keine Haftung übernommen und es besteht kein Anspruch auf Rücksendung. Wertsendungen (und analoges Bildmaterial) bitte nur nach vorheriger Absprache mit der Schriftleitung schicken.

Die Schriftleitung bittet bei Interesse an einem längeren Beitrag um Kontaktaufnahme und das Manuskript entsprechend den Hinweisen für Autoren anzulegen. Bitte beachten Sie zusätzlich die Hinweise zum Urheberrecht in den Manuskriptrichtlinien.

Verlagsrecht

Das Werk einschließlich aller seiner Bestandteile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwendung außerhalb der Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung der ANL unzulässig. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.