

Benjamin U. SCHWARZ und Peter POSCHLOD

Die Letzten ihrer Art in Bayern – Das Eiszeitrelikt Zwergbirke (*Betula nana* L.)

Eine Bestandsanalyse mit biologisch-ökologischen Untersuchungen

The last of its kind in Bavaria – the ice age relict *Betula nana*

Results of biological, ecological, and population viability studies

Zusammenfassung

Ein fortschreitender Rückgang des Eiszeitreliktes Zwergbirke (*Betula nana*) in Deutschland sowie unklare oder veraltete Angaben zu deren Wuchsorten gaben Anlass zu einer Untersuchung der verbliebenen Bestände. Um die aktuelle Gefährdung bestimmen zu können, wurde der Blick nicht nur auf die Vergesellschaftung gerichtet, sondern auch auf Standortfaktoren wie Pegelstände und Bodenverhältnisse, die Populationsgröße und Vermehrung sowie das Wuchsverhalten mittels Bestimmung der Höhen, Stammumfänge und spezifischen Blattflächen. Dies erlaubt eine Einteilung der 10 untersuchten Wuchsorte in drei Gefährdungskategorien und führt zu konkreten Schutzempfehlungen für die Zwergbirke, für deren Erhalt Bayern innerhalb Deutschlands eine besondere Verantwortung trägt.

Summary

Concern over the ongoing decline of populations of the ice age relict Dwarf Birch (*Betula nana*) in Germany, as well as the ambiguous and outdated nature of locality data, prompted a viability analysis of the remaining populations. To determine the current level of threat, we did not only focus on species associations, but also on other factors such as water levels, soil conditions, population size, regeneration rates, and made estimates of growth by measuring height, stem circumference, and specific leaf area. The results allowed populations to be classified into three risk categories, and to make specific species protection recommendations for the populations of Dwarf Birch for which Bavaria is responsible within Germany.

1. Einleitung

Die Zwerg-Birke (*Betula nana* L.) ist ein in Deutschland und Bayern „stark gefährdetes“ Glazialrelikt (SCHEUERER & AHLMER 2003; WALTER & STRAKA 1970). Sie war in den quartären Kälteperioden weiter verbreitet und erfuhr seit dem letzten Maximum der Vergletscherung eine signifikante Reduktion ihres Areal (HAMPE & JUMP 2011). Ein Literaturvergleich zeigt, dass in den letzten Jahrzehnten in Mitteleuropa, so auch in Deutschland und Bayern, mehrere Wuchsorte der Zwergbirke erloschen sind (BACHMAIER 1966; REICHINGER 1981; SCHÜTT & LANG 1996; VOLLMANN 1914).



Abb. 1: In Nordeuropa häufig, ist die Zwergbirke (*Betula nana*) in Bayern ein inzwischen sehr seltenes Glazialrelikt (Foto: Andreas Zehm).

Fig. 1: Common in Northern Europe, the Dwarf Birch (*Betula nana*) occurs as well in Bavaria as a rare glacial relict.

Das Hauptareal des 50 cm bis manchmal auch 120 cm hohen, zu einem arktisch-alpinen Formenkreis gehörenden Zwergstrauches reicht von Grönland über Island, Teile Skandinaviens bis nach Russland. Im südlichen Schweden und Finnland sowie im Baltikum hat die Zwergbirke bereits Reliktcharakter (BACHMAIER 1966). Im Hauptareal wächst sie in Mooren und in der Tundra, in Reliktarealen auf Hoch- und Übergangsmooren sowie vereinzelt in alpinen Zwergstrauch-Heiden (FRANZ 2000). Meist sehr wenige und kleine Vorkommen finden sich in Polen (JADWISZCZAK et al. 2012), Tschechien (SLAVIK

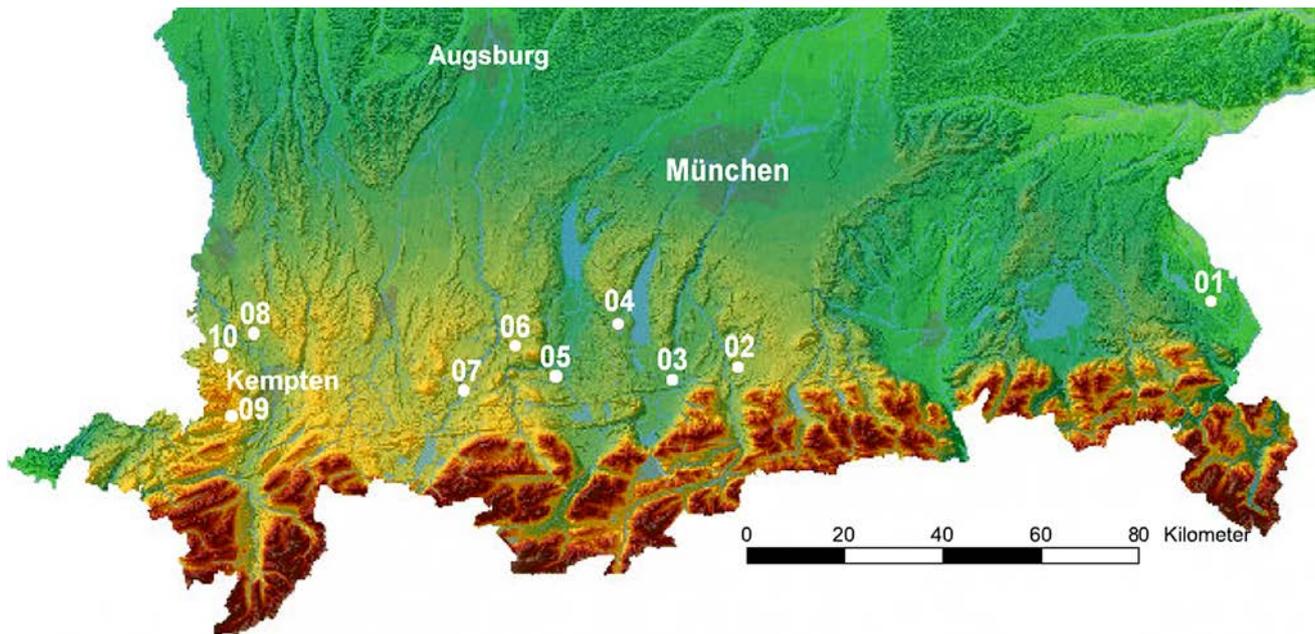


Abb. 2: Lage der 10 untersuchten Wuchsorte der Zwergbirke in Bayern, nummeriert von Ost nach West. Zur Benennung der 10 Wuchsorte vergleiche die unter URL 1 abrufbaren digitalen Zusatzdaten und Tabelle 1 (Geobasisdaten: Bayerische Vermessungsverwaltung).
Fig. 2: Locations of the 10 *Betula nana* populations studied, numbered from east to west. Detailed information can be found in the additional data of URL 1 and table 1.

1990), Österreich (FISCHER et al. 2008), der Schweiz (WELTEN & SUTTER 1982) und Deutschland (HAEUPLER & SCHÖNFELDER 1988). Im Rahmen dieser Untersuchungen konnten in Bayern zehn Wuchsorte der Zwergbirke ausgemacht werden (Abbildung 2).

Nach Abgleich mit der Literatur und allen vorhandenen Datenbanken sowie dem Aufsuchen aller potentieller Wuchsorte und zahlreichen Gesprächen mit Ortskundigen lässt sich sagen, dass die zehn untersuchten Wuchsorte wohl alle bayerischen Vorkommen umfassen, wobei auch nicht ausgeschlossen werden kann, dass an weiteren Orten noch ein sehr kleiner Bestand vorkommt.

Ein mit hoher Wahrscheinlichkeit bestehendes, sehr kleines Vorkommen im Eschenloher Filz (WAGNER & WAGNER 2000) blieb bei der durchgeführten Untersuchung unberücksichtigt. Eventuell handelt es sich dabei um das bei VOLLMANN (1914) und REICHINGER (1981) erwähnte Vorkommen, das auf eine vor mehr als 100 Jahren erfolgte Anpflanzung zurückgeht.

Aktuell und historisch ist die Zwergbirke im Alpenvorland heterogen verbreitet (BERTSCH 1953; BIB 2015); der Schwerpunkt des Vorkommens liegt im Landkreis Weilheim-Schongau (QUINGER 2009).

Die oft ungenauen beziehungsweise veralteten Angaben der Wuchsorte und die Unsicherheit ihrer aktuellen Vorkommen sowie ihrer Gefährdung waren Anlass einer genaueren Untersuchung der Art. Dabei erfolgten biometrische Erhebungen sowie Untersuchungen der spezifischen Blattfläche und der Samen. Letzteres geschah in Kooperation mit der „Genbank Bayern Arche“ (TAUSCH et al. 2015). Um die aktuelle Verbreitung festzustellen

und den Zustand der Populationen in Bayern zu bewerten, standen folgende Themen im Mittelpunkt der Untersuchungen:

Wie sind die vorhandenen Wuchsorte der Zwergbirke hinsichtlich ihrer pflanzensoziologischen Vergesellschaftung (Kapitel 2) und weiterer Standortfaktoren (Bodenverhältnisse Kapitel 3) charakterisiert? Darauf schließt sich eine Bewertung der Populationen hinsichtlich Populationsgröße und Vermehrung (Kapitel 4) sowie des Wuchsverhaltens und der Reaktion auf Beschattung (Kapitel 5) und ihrer Gefährdung (Kapitel 6) an.

2. Vergesellschaftung (Vegetation)

Die Zwergbirke ist in Bayern auf Moore beschränkt. Vegetationsaufnahmen wurden an 10 Wuchsorten, meist an mehreren Stellen, durchgeführt. Die Vegetationsaufnahmen sind als digitale Zusatzdaten abrufbar unter URL 1 (2015).

Bei der Hauptkomponentenanalyse aller Arten, die in mehr als 50 % der Vegetationsaufnahmen vorkommen, zeigen Pfeile, die in entgegengesetzte Richtungen verweisen, eine negative Korrelation auf; Pfeile, die nahezu aufeinander liegen, bedeuten eine positive Korrelation. Es besteht eine positive Korrelation der Deckung der Zwergbirke mit der von Torfmoosen sowie eine negative mit der von Moorkiefern (*Pinus rotundata*; Abbildung 3). Zwergbirken wachsen also verstärkt auf torfmoosreichem Untergrund. Je mehr ein Pfeil senkrecht zu einem anderen steht, desto geringer ist die Korrelation, was darauf hinweist, dass das Spektrum der Zwergbirken-Wuchsorte von *Molinia caerulea*- bis zu *Eriophorum vaginatum*-dominierten Standorten reicht sowie von

Übergangsmooren bis zu Hochmooren (Abbildung 3 und digitale Zusatzdaten unter URL 1).

An den meisten Wuchsorten herrschen minerotrophe Einflüsse (DIERSSEN 1977), was sich im Vorkommen von Mineralbodenwasserzeigern, wie *Molinia caerulea*, *Carex lasiocarpa*, *Frangula alnus* oder auch *Phragmites australis* und anderen äußert. Entgegen DIERSSEN (1977) meidet die Zwergbirke aber ombrotrophe Moore nicht, was zum Beispiel im Bernrieder Filz und im Rothfilz erkennbar ist. In Letzterem wird sie auf ombotrophen Bereichen sogar größer als auf minerotropen; im Bernrieder Filz ist es umgekehrt. Dies legt nahe, dass der Wasserstand eine wichtige Rolle spielt.

Festzustellen ist, dass die Konkurrenten der Zwergbirke in den letzten Jahrzehnten deutlich in ihren Deckungswerten zunahmten. Neben der Nutzungsaufgabe ehemaliger Streuwiesen (KLEINER 2008) sind Entwässerungen sowie vermutlich der Nährstoffeintrag aus der Luft ursächlich für diese Zunahmen (FRANKL 1996).

Vor allem Lichtmangel stellt eine unmittelbare Bedrohung für die Zwergbirke dar. Durch atmosphärische Nährstoffdepositionen wird die Zwergbirke im Wuchs zwar gefördert (BRET-HARTE et al. 2001), aber auch konkurrierende Arten, was wahrscheinlich den Hauptgrund einer zunehmenden Verbuschung auf Mooren darstellt.

QUINGER (2009) erwähnt besonders das Heidekraut (*Calluna vulgaris*) als mit der Zwergbirke konkurrierende Art. Dies mag im Einzelfall sicher gegeben sein, die Hauptbedrohung geht jedoch nach unseren Untersuchungen von den Beerensträuchern (*Vaccinium uliginosum* und *Vaccinium myrtillus*) sowie von der Moorkiefer (= Spirke, *Pinus rotundata*) aus (digitale Zusatzdaten: URL 1; Abbildung 3). Das Heidekraut wird als „Halblicht- bis Volllichtpflanze“ selbst durch zunehmende Beschattung zurückgedrängt, wohingegen die Rauschbeere als „Halbschatten- bis Halblichtpflanze“ und die Heidelbeere als „Halbschattenpflanze“ (ELLENBERG et al. 2001) den Schatten der Moorkiefern gut ertragen.

Sobald die Beerensträucher Deckungswerte von über 70 % erreichen, ist die Zwergbirke nicht mehr existent, davor ist eine deutliche Zurückdrängung erkennbar. Im Rothfilz kann man eine scharfe Trennlinie zwischen einem lockeren Zwergbirken-Vorkommen mit Moorkiefern, die für *Betula nana* ebenfalls zur Konkurrenz werden können, und einem dichten Rauschbeerenbewuchs erkennen, der keine Zwergbirken mehr enthält.

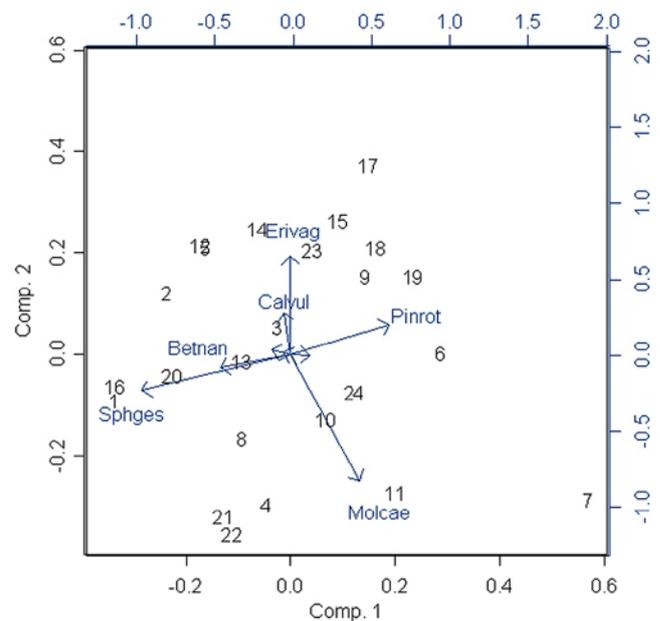


Abb. 3: Hauptkomponentenanalyse auf Grundlage der Arten, die in mehr als 50 % der 24 Vegetationsaufnahmen vorkommen. Die ersten beiden Achsen erklären bereits über 50 % der Varianz des Datensatzes, die ersten 4 Achsen sogar 88 %.

Fig. 3: Principal component analysis of species which occurred in more than 50 % of the vegetation records). The first two axes explain more than 50 % of the variance of the dataset; the first 4 axes, even more than 88 %.

Dargestellt/Displayed: Betnan = *Betula nana*, Calvul = *Calluna vulgaris*, Erivag = *Eriophorum vaginatum*, Molcae = *Molinia caerulea*, Pinrot = *Pinus rotundata*, Sphges = *Sphagnum* – Gesamtdeckung aller *Sphagnum*-Arten/total cover for all *Sphagnum* species; Nummern/numbers = Zahl der Vegetationsaufnahmen/number of vegetation surveys.



Abb. 4: Von schnell wachsenden Moorkiefern überwachsenes Zwergbirken-Vorkommen im Schwarzlaichmoor. Besonders auf trockenen Standorten stürzen Moorkiefern durch den Schneedruck um, was die Bestände aber nicht so stark auflichtet, dass *Betula nana* in derart dichten Spirkenbeständen dauerhaft überleben könnte (alle nicht gekennzeichneten Fotos: Benjamin Schwarz).

Fig. 4: *Betula nana* population overgrown by rapidly growing Pines in the Schwarzlaichmoor. Particularly on dry sites, even where the Pines are knocked over and compressed by heavy snow, the light levels reaching the forest floor are consequently lower, so that populations of *Betula nana* cannot survive there.



Abb. 5: Weitgehend offener Zwergbirken-Standort. So wie aktuell im Schwarzlaichmoor (WM) sahen noch vor 20–30 Jahren die meisten Wuchsorte aus, die jedoch nun zunehmend verbuschen.

Fig. 5: Open *Betula nana* habitat. 20 to 30 years ago most habitats of the remaining *Betula nana* populations looked like this example from the Schwarzlaichmoor (WM), whereas today, these areas are often overgrown by other shrubs.



Abb. 6: Von Moorkiefern freigestelltes Zwergbirken-Vorkommen im Bernrieder Filz. Die trockeneren Bodenverhältnisse sind unter anderem am erhöhten *Calluna vulgaris*-Vorkommen zu erkennen; dennoch wächst und fruktifiziert die Zwergbirke hier gut.

Fig. 6: Habitat cleared of overgrowing Pines in the Bernrieder Filz. The dry soil conditions can be recognized by the high density of *Calluna vulgaris*. After clearing the Pines, the Dwarf Birch can grow and regenerate freely.

DIERSSEN (1977) stellt ein noch vitales Wachstum der Zwergbirken zusammen mit der Rauschbeere fest, erwähnt jedoch auch, dass in Zukunft mit einer Verdrängung der Zwergbirke zu rechnen ist. Genau dies ist mittlerweile eingetreten.

Deckt die Moorkiefer weniger als 70 %, kann die Zwergbirke noch recht gut in deren Halbschatten wachsen, was zu der Annahme verleiten könnte, dass sie eine

Halbschattenart sei und infolgedessen ein Entfernen von Moorkiefern nur eine geringe Verbesserung für die Zwergbirken darstellt. Immerhin wachsen Zwergbirken in ihrem Hauptareal auch in borealen Kiefernwäldern. Allerdings kamen die Zwergbirken fast immer zuerst an den jeweiligen Stellen – häufig etwas trockeneren Bultstandorten – vor und wurden erst in den letzten Jahrzehnten von Moorkiefern überwachsen. Eine deutliche Zunahme der Spirken auf Mooren im Alpenvorland zeigte sich an hier nicht weiter analysierten Luftbildern (KLEINER 2008) und an Jahrringanalysen der Moorkiefern (SCHWARZ 2010). Im Schwarzlaichmoor wird deutlich, dass relativ trockene Torfe einen schnellen und schlanken Wuchs der Moorkiefern verursachen. Dies führt dazu, dass die Bäume ab einer bestimmten Höhe dem Schneedruck nicht mehr standhalten und umkippen (Abbildung 4; SCHWARZ 2010; VON SENGBUSCH 2004).

Ein Umstürzen von Moorkiefern erfolgt jedoch nur auf besonders trockenen, entwässerten Standorten, wodurch kein dauerhaftes und ausreichend starkes Auflichten gewährleistet ist, sondern vielmehr sogar eine zusätzliche Belastung der Zwergbirke entsteht.

Selbst auf noch relativ nassen Flächen ist die Zwergbirke durch Konkurrenz bedroht. In borealen Kiefernwäldern herrschen lichtere Verhältnisse als in einem dichten Spirkenbestand, sodass die bayerischen Zwergbirken-Vorkommen nicht auf Dauer in Moorkieferwäldern wachsen können. Die Zwergbirke kommt natürlich auf weitgehend offenen bis leicht durch einzelne größere Bäume beschatteten Flächen vor (Abbildung 5).

Damit kann festgehalten werden, dass eine Auflichtung die Zwergbirke sicher fördert. Deutlich sichtbar wird dies im Schwarzlaichmoor und im Bernrieder Filz, wo sich die Zwergbirken nach einer Freistellung deutlich besser entwickeln (Abbildung 6). Zum Teil stellen auch der Faulbaum (im Schönramer Filz) oder Fichten und Weiden (im Reicholzrieder Moor) konkurrierende Arten dar.

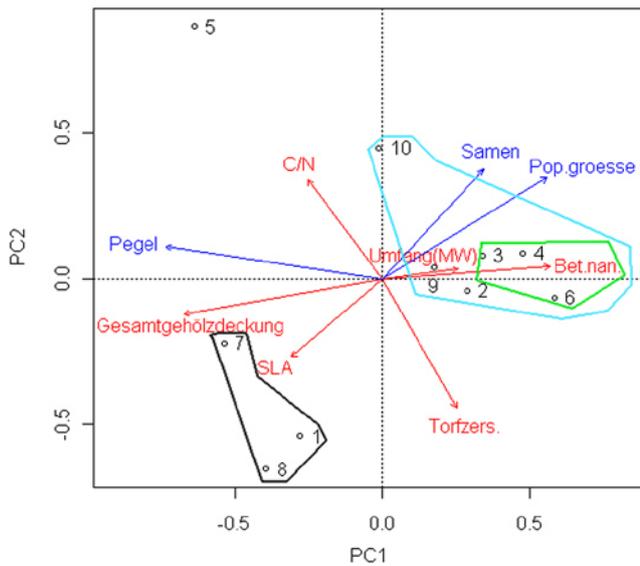


Abb. 7/ Fig. 7: Hauptkomponentenanalyse auf Grundlage folgender eingesetzter Faktoren (rote Pfeile)/Principal component analysis based on the following parameters (red arrows):
 Bet.nan. = Deckung von *Betula nana*/cover of *Betula nana*.
 Gesamtgehölzdeckung ohne *Betula nana*/total cover of wood without *Betula nana*.
 Umfang MW = Mittelwert des Stammumfangs der Zwergbirken/ arithmetic mean of stem circumference of Dwarf Birch.
 SLA = spezifische Blattfläche/specific leaf area.
 C/N-Verhältnis/C/N proportion.
 Torfzers. = Torfzersetzungsgrad nach von Post/degree of peat decomposition according to von Post.
 „Overlays“ (blaue Pfeile), welche im Verhältnis zur Hauptkomponentenanalyse darübergelegt wurden/overlays (blue arrows):
 Pegel = Wasserstände unter Flur/water level below soil surface.
 Samen = Prozentsatz lebendiger Samen/percentage of viable seeds.
 Pop.groesse = Populationsgröße *Betula nana* (Mittelwerte)/ population size of *Betula nana* (average).
 Nummern/numbers = Wuchsorte der Zwergbirke/localities of *Betula nana*

Nr.	Flächenbezeichnung	Wasserstand (Mittelwert der Mediane) [cm unter Flur]	pH des Bodengewässers	pH des Torfes	Leitfähigkeit [µS des Bodengewässers]	C/N-Verhältnis	Torfzersetzung im Wurzelhorizont
01	Schönramer Filz	11,70	4,36	4,02	46,50	23,62	H 7
02	Eilbacher Moor		Keine Messung			18,59	H 6
03	Weid- u. Edenhofer Filz (nass)	7,63	4,18	3,93	28,75	48,28	H 3
03	Weid- u. Edenhofer Filz (trocken)	10,18	4,43	3,77	47,50	27,21	H 6
04	Bernrieder Filz (minerotroph)	4,63	6,27	3,81	131,25	24,14	H 6
04	Bernrieder Filz (ombrotroph)	4,53	3,85	3,73	47,25	33,44	H 3
05	Rothfilz (minerotroph)	9,05	5,48	3,80	87,00	36,43	H 3
05	Rothfilz (ombrotroph)		Keine Messung			57,50	H 2
06	Schwarzlaichmoor (hochwüchsige Zwergbirken, Spirkenbestand wird dichter)	5,58	5,10	4,10	42,75	23,06	H 7
06	Schwarzlaichmoor (kleine Zwergbirken, offene Fläche)		Keine Messung			29,70	H 6
06	Schwarzlaichmoor (freigestellt)	14,85	4,56	4,09	45,50	30,30	H 7
07	Schwefelfilz		Keine Messung			31,12	H 5
08	Reicholzrieder Moor	26,50	5,60	4,55	110,25	22,32	H 7
09	Breitenmoos	12,20	4,96	4,25	43,50	25,30	H 6
10	Altusried	18,23	4,13	4,24	33,50	34,35	H 4

Tab. 1: Wasserstände, pH und Leitfähigkeit des Moorwassers (jeweils Median oder Mittelwert zweier Messreihen aus je 6 Pegelrohren) sowie pH, C/N-Verhältnis und Zersetzungsgrad des Torfes der Untersuchungsflächen.

Tab. 1: Water-level, pH, and conductivity of the bog water (median and mean value of two series of measurements from six gauges per site, respectively) and pH, C/N of the peat and degree of peat decomposition at the study sites.

3. Weitere Standortfaktoren und Vitalität der Populationen

In den folgenden Ausführungen wird auf die Hauptkomponentenanalyse von Abbildung 7 Bezug genommen. Die Ziffern bezeichnen die 10 in Bayern beprobten Zwergbirken-Wuchsorte. Schwarz umrandet sind Flächen mit höchstens 10 % *Betula nana*-Deckung, mehr als 60 % sonstiger Gehölzdeckung und einer Spezifischen

Blattfläche (siehe Kapitel 5) größer als 18 mm²/mg; hellblau markiert bedeutet, dass die sonstige Gehölzdeckung (ohne *Betula nana*) höchstens 12,5 % beträgt (die Zwergbirken-Deckung liegt bei Flächen 2 und 9 bei 30 % und 15 %, bei Gebiet 10 nur bei 6 % aufgrund einer ehemaligen Überschirmung durch Spirken) und grün markierte Flächen haben mindestens 50 % *Betula nana*-Deckung.

In acht der zehn Moore wurden vergleichende Messungen des Pegelstandes durchgeführt, wobei in drei Mooren an jeweils zwei Stellen gemessen wurde:

- Im Weidfilz bei Penzberg auf einem trockeneren und einem nasserem Standort,
- im Bernrieder Filz auf einem ombrotrophen und einem minerotrophen Standort und
- im Schwarzlaichmoor auf einem Standort mit hochwüchsigen Zwergbirken und einem erst zwischen 2006 bis 2010 aufgelichteten und damit kleinwüchsigeren Zwergbirken-Bestand.

An jedem Messpunkt wurden sechs Pegelrohre ausgebracht, um die der Inhomogenität des Torfes geschuldeten Pegelschwankungen auszugleichen (SCHWARZ 2010). Aufgrund der großen geografischen Distanz der Untersuchungsgebiete konnten nur 2 Pegelreihen erfasst werden, eine im Juni und eine Anfang September. Damit ist gewiss keine stichhaltige Aussage möglich, aber zumindest eine Tendenz sichtbar und ein Vergleich der einzelnen Flächen möglich, da eine Messreihe innerhalb von vier Tagen erstellt wurde. Gleichzeitig wurden der pH-Wert, die Leitfähigkeit des Porenwassers und Torfeigenschaften bestimmt. Die Wasser- und Torfanalysen ließen keine eindeutige Differenzierung der Standorte zu, sie spiegeln jedoch das Standort-Spektrum der Zwergbirke von ombrotrophen bis zu leicht minerotrophen Mooren und von schwächer bis zu stärker zersetzten Torfen wider. Auffallend ist, dass die Torfe im Vergleich zum Bodenwasser meist saurer sind (Tabelle 1).

Die untersuchten Zwergbirken-Standorte reichen von sehr nassen Torfböden (Bernrieder Filz, Schwarzlaichmoor) bis zu deutlich trockeneren Standorten wie im Reicholz-

rieder Moor, wo ein Graben in unmittelbarer Nähe der Bestände liegt, oder im Moor bei Altusried.

Die verhältnismäßig trockeneren Standorte (Tabelle 1: Flächen 08, 10), auf welchen die Wasserstände mehr als 18 cm unter Flur lagen, unterscheiden sich signifikant von den übrigen, nasserem Flächen (Wilcoxon Rangsummentest: $p = 0,0364$); die Flächen, auf denen die Wasserstände mehr als 10 cm unter Flur lagen, unterscheiden sich von den nasserem sogar hoch-signifikant (Wilcoxon Rangsummentest: $p = 0,0043$).

Es zeigt sich, dass ein enger Zusammenhang zwischen Stammumfang und *Betula nana*-Deckung besteht. Beide korrelieren negativ mit der Deckung übriger Gehölzarten sowie dem Pegelstand. Das bedeutet, dass auf verhältnismäßig nasserem Flächen mehr und dickere Zwergbirken wachsen (Abbildung 8).

Die Feststellung, dass die Zwergbirke besonders auf schwach entwässerten Standorten gut gedeiht (DIERSSEN 1977; QUINGER 2009), ist richtig, allerdings handelt es sich dabei um einen schmalen Grat, der durch Konkurrenzverschiebungen schnell dazu führen kann, dass die Zwergbirke verdrängt wird (DE GROOT et al. 1997; QUINGER 2009). Das zunächst widersprüchlich erscheinende Ergebnis, dass Zwergbirken auf nasserem Flächen einen größeren Stammumfang haben (Details siehe Wuchsverhalten) als auf vergleichsweise trockenerem (Tabelle 1; Tabelle 3), ist damit zu erklären, dass sich die nicht zu tief liegenden Wasserstände, etwa im Bernrieder Filz, Schwarzlaichmoor und Rothfilz, in einem Bereich bewegen, welcher der Zwergbirke einen guten Zuwachs ermöglicht und sie konkurrenzfähig bleiben lässt (Abbildung 8).



Abb. 8: Ein noch sehr vitaler Bestand der Zwergbirke im Schwarzlaichmoor, der große Stammumfänge bei relativ feuchtem Untergrund zeigt. Dieser Bestand wird jedoch von Spirken allmählich überwachsen, gefördert vermutlich vor allem durch Nährstoffeinträge aus der Luft (Foto: Hartmut Klonz).

Fig. 8: Healthy population of *Betula nana*, the individuals of which attain larger stem circumferences on moist, boggy ground. This site is, however, threatened by overgrowth from Pines, possibly due to higher atmospheric nutrient depositions.

Auf trockenerem Standorten könnte neben der Konkurrenz auch Trockenstress an heißen Sommertagen die Zwergbirken schwächen. Bei Moorkiefern ist dies auf nasserem Flächen zu beobachten, da dort nur eine maximal 20–30 cm tiefe Wurzelbildung möglich ist und an heißen Sommertagen der Wasserstand unter den Wurzelhorizont sinkt (SCHWARZ 2010). Weil Zwergbirken ohnehin nur bis zirka 25 cm Tiefe wurzeln (KUTSCHERA & SOBOTIK 1997), wäre ein Trockenstress möglich. So kommt das „KLIWA-Projekt“ bei der Auswertung von Niederschlägen von 1931 bis 2010 zu dem Ergebnis, dass die mittleren Niederschläge in Südbayern für das Sommerhalbjahr leicht rückläufig sind, besonders im Messbereich „Isar-Inn“, also auch im Gebiet der bayerischen Zwergbirken-Vorkommen (KLIWA 2011).

Auch wenn aufgrund der wenigen Messtermine mit den Zahlen vorichtig umzugehen ist, kann gefol-

Nr.	Flächen	Bestandsgröße, geschätzt	Samen
01	Schönramer Filz	80	Nur leere Hüllen, ohne Embryo
02	Ellbacher Moor (nur Sprosse eines Klons?)	20–25	Nur leere Hüllen, ohne Embryo
03	Weid- und Edenhofer Filz	600–800	5 % lebendige Samen
04	Bernrieder Filz	> 3.000	13 % lebendige Samen
05	Rothfilz	1.000–1.500	Nur leere Hüllen, ohne Embryo
06	Schwarzlaichmoor	Mehr als 1.500	2 % lebendige Samen
07	Schwefelfilz	30–50	Keine Blütenstände
08	Reicholzrieder Moor	40–60	Keine Blütenstände
09	Breitenmoos	150–200	1 % lebendige Samen
10	Altusried	25	4 % lebendige Samen

Tab. 2: Geschätzte Individuenzahl von *Betula nana* in den bayerischen Mooren sowie Ergebnisse der Samenvitalitäts-Untersuchungen mittels Auszählung und Röntgenanalyse.

Tab. 2: Estimated number of *Betula nana* individuals in the Bavarian bogs, as well as seed vitality counts made by X-ray analyses.

gert werden, dass Flächen mit einem mittleren Wasserstand von maximal 10 bis 15 cm unter Flur gute Voraussetzungen für eine dauerhafte Besiedelung durch die Zwergbirke bieten.

Wenngleich Entwässerungen auf Mooren in Bayern nicht selten noch immer deutliche Auswirkungen haben, sind die Zwergbirken-Wuchsorte aktuell meist nur bedingt davon betroffen. Vermutlich sind auf stärker entwässerten Stellen die *Betula nana*-Vorkommen bereits erloschen. Im Reicholzrieder Moor, wo direkt am verbliebenen Zwergbirken-Bestand ein Graben verläuft, droht das Verschwinden in naher Zukunft.

4. Populationsgröße und Vermehrung

Die Bestände sind sehr unterschiedlich groß. Der mit Abstand größte Bestand mit mehr als 3.000 Individuen und einer Sprosszahl von über 10.000 Trieben liegt im Bernrieder Filz (QUINGER 2008). Wenngleich eine sichere Ansprache als Individuum ohne genetische Untersuchungen oder ein Ausgraben der Zwergbirken aufgrund ihrer Polykormon-Bildung nicht möglich ist, lassen sich durch einen Zwischenraum von etwa 3 m „potentielle Individuen“ abgrenzen. Im Ellbacher Moor war dies nicht möglich; dort stehen die Sprosse zu dicht, sodass dort ein einziger Klon recht vital eine Fläche von 7–10 m² bewachsen könnte. Für diesen Bestand wird wegen des punktuellen Vorkommens eine Ansalbung vermutet.

Besonders gering ist die Individuenzahl in den schon lange bekannten und als autochthon anzusehenden Populationen im Schönramer Filz, im Schwefelfilz, Reicholzrieder Moor und in einem Moor bei Altusried (Tabelle 2).

Auch wenn die Zwergbirke bereits vor 1945 in Bayern nicht häufig war, gingen seither, vor allem in den letzten 20 bis 30 Jahren, mehrere Wuchsorte verloren (BACHMAIER 1966; REICHINGER 1981; VOLLMANN 1914). Anzumerken ist, dass die Karte der „Bayernflora“ (BIB 2015) zu überarbeiten wäre, da dort aktuelle Wuchsorte fehlen, während darin noch verzeichnete bereits erloschen sind.

Im Herbst wurden maximal 20 % der vorhandenen Samen besammelt, um mittels Röntgenanalyse den Anteil lebensfähiger Samen zu bestimmen und diese in der Genbank einzulagern.

Lebensfähige Samen (mit ausgebildetem Embryo) fanden sich vor allem in den größeren Populationen wie im Bernrieder Filz, wogegen im recht großen Bestand des Rothfilzes keine lebensfähigen Samen vorhanden waren und bei Altusried ein sehr kleiner Bestand einen verhältnismäßig hohen Prozentsatz an lebensfähigen Samen besaß (Tabelle 2).

Die Konkurrenzschwäche von *Betula nana* wird außerdem durch die oft geringe Samenproduktion oder leere Fruchthüllen, die keinen Embryo enthalten, verstärkt (Tabelle 2; WIEGERS 1985). Eine vergleichbar geringe Fertilität von Samen stellt POSCHLOD (1990) für die verwandte *Betula pubescens* fest, die bisweilen auch Hybride mit *Betula nana* bildet. Die sexuelle Vermehrung spielt bei der Zwergbirke eine untergeordnete Rolle (ALSOS et al. 2003; DE GROOT et al. 1997). Dies wäre auch eine Erklärung für die Tatsache, dass die Zwergbirke auf vielen Mooren sehr begrenzt vorkommt und nur einige Meter entfernte potentielle Habitate nicht besiedelt werden.

5. Wuchsverhalten

Als morphologische Merkmale wurden Höhe und Stammumfang gemessen. Als ein Parameter für die Reaktion auf Beschattung wurde die spezifische Blattfläche (SLA = specific leaf area) bestimmt, die sich aus dem Quotienten der Blattfläche und des Trockengewichts errechnet. Dazu wurden von 20 Individuen jeder Population jeweils 20 Blättchen untersucht, welche zufällig aus möglichst weit entfernt voneinander stehenden Exemplaren gesammelt wurden.

Die Höhen-Umfang-Verteilung, welche durch nicht-lineare Regressionskurven analysiert wurde, zeigt deutliche Unterschiede in der Korrelation von Höhe und Umfang. Die Populationen im Schwefelfilz und Reicholzrieder Moor zeigen keine Korrelation der Höhen mit den Stammumfängen der Zwergbirken, wogegen diese im Schwarzlaichmoor und im Bernrieder Filz sehr wohl gegeben ist.

Dass in Beständen, in denen die Zwergbirke noch gut gedeiht, eine Korrelation von Höhe und Umfang besteht, während sie in hochgradig durch Konkurrenz gefährdeten Populationen fehlt, kann damit erklärt werden, dass unter guten Standortbedingungen der Wuchs einer Sättigungskurve folgt, sie also mit zunehmendem Umfang auch an Höhe gewinnen, ehe eine Höhengrenze erreicht wird. Dies konnte auch bei Moorkiefern be-

Nr.	Flächen	SLA (Median) [mm ² /mg]	Stammumfang (Mittelwert) [cm]	Maximaler Stammumfang [cm]
01	Schönramer Filz	18,00	1,7	2,5
02	Ellbacher Moor	10,97	1,8	3,1
03	Weid- und Edenhofer Filz	12,31	1,6	2,6
04	Bernrieder Filz	11,31	2,0	3,8
05	Rothfilz	12,75	1,6	3,6
06	Schwarzlaichmoor	11,13	2,4	3,7
07	Schwefelfilz	19,92	1,2	1,5
08	Reicholzrieder Moor	19,88	1,4	2,1
09	Breitenmoos	11,50	1,9	3,4
10	Altusried	12,46	1,6	2,5

Tab. 3: Spezifische Blattfläche (SLA = Median von Blattfläche/Trockengewicht), Mittelwerte und Maximalwerte der Stammumfänge der Zwergbirken auf den jeweiligen Flächen.

Tab. 3: Specific leaf area (SLA = surface area/dry weight, median), mean and maximum values for stem circumferences of the Dwarf Birches on the study sites.

obachtet werden (SCHWARZ 2010). Unter weniger guten Standortbedingungen zeigen sie bei einem bestimmten Stammumfangswert deutlich unterschiedliche Höhen, wofür die Lichtverhältnisse der Hauptgrund sein dürften.

Eine Korrelation der maximalen Höhe der Zwergbirken mit den Pegelwerten existiert nicht (Spearman Rangkorrelationskoeffizient = $r_{SP} = -0,57$); dagegen gibt es eine negative Korrelation der maximalen Umfänge mit den Pegelwerten ($r_{SP} = -0,910$). Wie bereits bei den Pegelwerten erwähnt, sind die Stammumfänge auf nasseren Flächen dicker. Auf den Flächen, auf welchen an zwei Stellen der Pegelstand gemessen wurde, befanden sich die Exemplare mit dem maximalen Stammumfang jeweils auf der nasseren Fläche.

Es gibt keine Korrelation der Höhen mit den Deckungswerten der Zwergbirken ($r_{SP} = 0,10$), sodass die Wuchshöhe wenig über die Vitalität aussagt. Die Vitalität und die Gefährdung der Zwergbirke können durch Einbezug der Pegelstände und Stammumfänge besser abgeschätzt werden.

Der Stammumfang und die Deckung der Zwergbirken sind positiv korreliert ($r_{SP} = 0,875$). Die gemessenen Stammumfänge ergaben signifikante Unterschiede zwischen Populationen, die unter Konkurrenz wachsen oder wuchsen, und den übrigen Populationen. Ebenso unterscheiden sich die Flächen, auf welchen der maximale Stammumfang höchstens 2,5 cm beträgt, signifikant von solchen, wo er größer ist. Die Zwergbirken bei Altusried werden zwar aktuell kaum durch Konkurrenz bedroht, hier resultiert der geringe Stammumfang vermutlich aus einer Zeit, bevor Schutzmaßnahmen – wie Freistellung und Einzäunung – durchgeführt wurden.

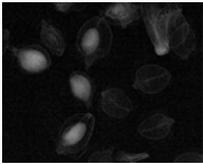
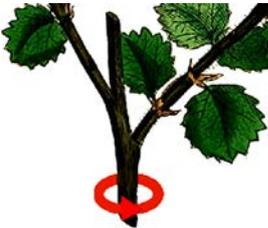
Die spezifische Blattfläche (SLA) ist umso größer, je stärker der Lichtmangel ist (POORTER et al. 2009), was besonders bei den Zwergbirken im Schönramer Filz, Schwefelfilz und Reicholzrieder Moor deutlich wird (Tabelle 3), deren SLA-Werte sich signifikant von den übrigen Werten unterscheiden (Wilcoxon-Rangsummentest: $p = 0,017$).

Die Blätter sind dort verhältnismäßig größer und dünner. Die größere Blattfläche soll dem Lichtmangel entgegenwirken, die verhältnismäßig geringe Masse kommt durch ein dünneres fotosynthetisch aktives Gewebe zustande. Diese Strategie funktioniert jedoch nur so lange, bis der Lichtmangel zu groß wird und die Zwergbirke abstirbt. Auch die Spezifische Blattfläche erwies sich als ein geeigneter Parameter, um die Vitalität und damit die Gefährdung der Zwergbirkenbestände zu beurteilen.



Abb. 9: Zusammenfassende Darstellung bedeutender untersuchter Parameter für die Beurteilung des Gefährdungszustandes der Zwergbirken-Populationen in Bayern (die blau gezeichneten Parameter eignen sich nur in Kombination mit grün und rot dargestellten Indikatoren).

Fig. 9: Summary of the significant abiotic and species trait parameters evaluated for the assessment of the risk status of Dwarf Birch populations in Bavaria (the blue parameters are only to be considered in combination with the parameters in green and red).

	Kategorie 1	Kategorie 2	Kategorie 3
 Gesamt-Gehölzdeckung	Gering: Weniger als 15 %	Indifferent	Sehr hoch: 65 % und mehr
 Bestandesdichte (<i>Betula nana</i>)	Meist mehrere hundert Individuen und/oder hohe Deckung, oft deutlich über 40 %	Bestandesgröße unter 100 Individuen	Gering, nur noch wenige Individuen, oft vereinzelt stehend und gering beblättert
 Lebendige Samen	Meist vorhanden	Indifferent	Nein
 Spezifische Blattfläche (SLA)	Relativ geringer SLA-Wert, das heißt kein großer Lichtmangel, höchstens lokal	Indifferent	Sehr hoher SLA-Wert, großer Lichtmangel
 Stammumfang von <i>Betula nana</i>	Mittlerer Stammumfang mindestens 1,6 cm, meist deutlich mehr; maximaler Stammumfang mindestens 2,5 cm	Mittlerer Stammumfang relativ groß: Über 1,5 cm; Maximaler Stammumfang: 2,5 cm	Mittlerer Stammumfang gering: Deutlich unter 1,5 cm; keine Korrelation der Höhen-Umfang-Verteilung, das heißt kein kontinuierliches Wachstum, sondern stark von jeweiliger Beschattung abhängiges Wuchsverhalten
Zugeordnete Wuchsorte	04, 06, 05, 03, 09, 02	01, 10	07, 08

Tab. 4: Bewertungskriterien, anhand derer die Wuchsorte in drei Gefährdungskategorien aufgeteilt werden können.

Tab. 4: Assessment criteria, which allowed the classification of the populations into three risk categories.

Zusammenfassend zeigt Abbildung 9, anhand welcher Parameter der Zustand der Zwergbirken-Populationen in Bayern bewertet werden kann. Die in entgegengesetzte Richtungen weisenden Pfeile zeigen negative Korrelationen an.

6. Gefährdung von *Betula nana* auf den verbliebenen Wuchsorten

Aus den Untersuchungen lassen sich bei gemeinsamer Betrachtung mehrerer Parameter (Tabelle 4) die Wuchsorte von *Betula nana* in drei Gefährdungs-Kategorien einteilen:

- Kategorie 1: Weitgehend stabiler Bestand, an einzelnen Stellen durch Konkurrenz bedrängt.
- Kategorie 2: Gesamtbestand gefährdet, derzeit noch einigermaßen stabil.

- Kategorie 3: Stark gefährdeter Bestand, der in den nächsten Jahren zu erlöschen droht.

Im Folgenden werden die Wuchsorte in abnehmender Populationsgröße nach Gefährdung eingestuft und schlagwortartig mit Empfehlungen zur Erhaltung versehen, wobei der für Zwergbirken prinzipiell positive Effekt von Wiedervernässungen von Mooren neben der unmittelbaren Offenhaltung von Flächen besonders betont sei.

6.1 Weitgehend stabile Bestände (Kategorie 1)

In Abbildung 7 liegen weitgehend stabile Bestände vor allem in der hellblau umrandeten Fläche. Ausnahme ist Fläche 10 mit zwar geringer Gesamtgehölz-Deckung, aber sehr kleinem autochtonen Bestand, die in Kategorie 2 eingestuft wird. Auf Fläche 05 wachsen im Osten in den letzten drei Jahrzehnten (KLONZ, mündlich) Spirken-

Bestände dicht auf (weshalb die Fläche nicht hellblau umrandet ist), der Gesamtbestand ist aber stabil, da noch viele offene Flächen vorhanden sind. Auf den Flächen 03, 04, 06 (in Abbildung 7 grün umrandet) ist die Zwergbirken-Deckung über 50 %.

Bernrieder Filz (Fläche 04)

Betula nana-Vorkommen auf Hochmooren und in Übergangsmooren. Vorentwässert (DIERSSEN 1977; PAUL & RUOFF 1932), Gräben wuchsen schon in den 1930er-Jahren zu; in den 1980er-Jahren Staumaßnahmen durch den Bund Naturschutz. QUINGER (2008) beschreibt einen Rückgang durch Verheidung im nördlichen Drittel. Nach BACHMAIER (1966) wuchs die Zwergbirke auch im „fast latschenfreien Südwestteil“, wo sie heute gänzlich verschwunden ist.

Die Entbuschung durch den Bund Naturschutz im Osten des Moores zeigt Wirkung; dort ist ein sehr gutes Wachstum an Wuchshöhe, Stammumfang, Sprosszahl, lebendigen Samen und niedrigem SLA-Wert erkennbar. Wenngleich die Population als stabil zu betrachten ist, sollte der Bewaldung durch Kontrolle der Gräben und eventuelle Nachbesserung der Grabenschließung sowie durch Auflichtung entgegengewirkt werden. Teilbestände sind bereits erloschen.

Schwarzlaichmoor (Fläche 06)

Rückgang erkennbar, bei gleichzeitiger Zunahme von *Pinus rotundata*. PAUL & RUOFF (1932) fanden Zwergbirken noch in den „Süßen Flecken“ weiter nördlich, wo sie heute verschwunden sind.

Die Staumaßnahmen der letzten Jahre sollten beobachtet und weitere Spirken, wie vom Bund Naturschutz geplant, entfernt werden.

Rothfilz (Fläche 05)

Laut DIERSSEN (1977) noch waldfrei, was auch der früheren Streuwiesennutzung geschuldet ist, heute jedoch zunehmende Verbuschung. Entbuschung vor allem im östlichen, ombrotrophen Bereich empfehlenswert.

Weid- und Edenhofer Filz (Penzberg; Fläche 03)

Teilweise vorentwässert, mittlerweile aber regeneriert (KAULE 1974). Kein akuter Handlungsbedarf jedoch Verbuschung zu beobachten.

Breitenmoos (Fläche 09)

Umfangreiche Wiedervernässung in der Vergangenheit; Zwergbirke wächst aber vor allem auf der ehemals nicht abgetorften Fläche. Derzeit kein Handlungsbedarf.

Eilbacher Moor (Fläche 02)

Vermutlich Ansalbung, da Zwergbirke nur an einer einzigen Stelle, dort jedoch stabiles Vorkommen.

6.2 Gefährdete Wuchsorte (Kategorie 2)

In Abbildung 7 eine intermediäre Anordnung (bezüglich der PC1-Achse); auf PC2-Achse größere Distanz, da stärker unterschiedliche Werte bei SLA, Gesamtgehölzde-

ckung und bei der Torfzersetzung. Diese Kategorie ist damit begründet, dass die Bestände dieser Flächen aktuell gerade noch stabil sind, jedoch tendieren sie zu Kategorie 3, vor allem Fläche 01. Fläche 10 weist durch Freistellungsaktion zum Teil bessere Werte auf (so sind Gesamtgehölzdeckung und SLA indifferent), aber die Individuenzahl gibt Anlass zur Zuteilung in diese Kategorie.

Schönramer Filz (Fläche 01)

PAUL & RUOFF (1927) sprechen noch von größeren Mengen an Zwergbirken östlich des Wölfelsberges. Heute existiert nur noch ein kleiner Restbestand westlich des Wölfelsberges. Der sehr dichte Bestand von *Frangula alnus* und *Betula pubescens* sollte entfernt werden.

Moor bei Altusried (Fläche 10)

Umzäunter und freigestellter, derzeit stabiler Bestand, der regelmäßig beobachtet werden sollte.

6.3 Stark gefährdete Bestände (Kategorie 3)

Schwarz umrandete Flächen in Abbildung 7, außer Fläche 01: Dort Beschattung und Gesamtgehölzdeckung derzeit noch etwas geringer, aber starke Tendenz zu Kategorie 3.

Schwefelfilz (Fläche 07)

Laut KRAUS (mündlich) war Bestand vor 10 Jahren noch deutlich größer. Dringend Wuchsort freistellen und Spirken entfernen.

Reicholzrieder Moor (Fläche 08)

Einst zahlreich von Zwergbirke bewachsen, auch in Torfstichen ehemals gutes Wachstum (PAUL & RUOFF 1927). Davon ist heute nichts mehr zu sehen, nur noch ein paar Individuen wachsen innerhalb eines Zaunes. Auch die bei STROHWASSER (1992–2003) noch erwähnten Vorkommen außerhalb des Zaunes sind erloschen. Derzeit entwickelt sich an der Stelle des verbliebenen Bestandes ein Bruchwald. Längerfristige Erhaltung erscheint fragwürdig; eine Auflichtung würde zumindest die Lichtverhältnisse verbessern.

7. Ausblick

Ein regelmäßiges Monitoring der bestehenden Populationen ist dringend angeraten, zumal selbst innerhalb von 10 Jahren bedeutende Änderungen auftreten können (wie beispielsweise im Schwefelfilz und Reicholzrieder Moor).

Naturschutzfachlich könnte auch eine genetische Analyse der bayerischen Zwergbirken-Vorkommen deren Reliktstatus untersuchen und möglicherweise ein weiteres Argument für den Schutz von Reliktpopulationen liefern. Refugialräume gelten inzwischen als Hotspots der genetischen Vielfalt (MÉDAIL & DIADEMA 2009; PETIT et al. 2003; zusammenfassend in SCHÖNSWETTER et al. 2005). Auch die Untersuchung weiterer Eiszeitrelikte, die in weitgehend intakten Mooren offenbar überlebensfähig sind, wäre wünschenswert. Die Zwergbirke könnte

nicht zuletzt als ein „Denkmal“ der nacheiszeitlichen Vegetationsgeschichte betrachtet werden (POSCHLOD 2015).

Danksagung

Unser Dank gilt Prof. Dr. Christoph Reisch, Martin Leipold, Josef Simmel und Sergey Rosbakh für technische Instruktionen, Simone Tausch für die Untersuchung der gesammelten Zwergbirken-Samen sowie Prof. Dr. Giselher Kaule, Dr. Alfred und Ingrid Wagner, Joachim Kaschek, Hartmut Klonz, Andreas Kraus, Burkhard Quinger und Ralf Strohwasser für die Mithilfe, die Wuchsorte aufzufinden. Nicht zuletzt danken wir auch den Regierungen von Oberbayern und Schwaben für die erteilten Ausnahmegenehmigungen und die gute Zusammenarbeit sowie Lotte Fabicz und Dr. Andreas Zehm für die redaktionelle Unterstützung.

Literatur

(Online-Ressourcen zuletzt aufgerufen am 23.01.2015)

- ALSOS, I. G., SPJELKAVIK, S. & ENGELSKJØN, T. (2003): Seed bank size and composition of *Betula nana*, *Vaccinium uliginosum* and *Campanula rotundifolia* habitats in Svalbard and northern Norway. – *Can. J. Bot.* 81: 220–231.
- BACHMAIER, F. (1966): Die Zwergbirke (*Betula nana* L.) – ein Glazialrelikt unserer Flora und Untersuchungen über ihre Insektenfauna. – *Jahrb. Ver. z. Schutz d. Alpenpflanzen und -tiere* 31: 138–151.
- ARCHE (= BAYERNARCHE 2015): Vielfalt der Natur erhalten; www.arche.bayern.de.
- BIB (= BOTANISCHER INFORMATIONSNOTEN BAYERN, 2015): www.bayernflora.de.
- BERTSCH, K. (1953): Geschichte des deutschen Waldes. – 4. Aufl., Gustav Fischer, Jena.
- BRET-HARTE, M. S., SHAVER, G. R., ZOERNER, J. P., JOHNSTONE, J. F., WAGNER, J. L., CHAVEZ, A. S., GUNKELMAN, R. F., LIPPERT, S. C. & LAUNDRE, J. A. (2001): Developmental plasticity allows *Betula nana* to dominate tundra subjected to an altered environment. – *Ecology* 82(1): 18–32.
- DE GROOT, W. J., THOMAS, P. A. & WEIN, R. W. (1997): *Betula nana* L. and *Betula glandulosa* Michx. – *J. Ecol.* 85(2): 241–264.
- DIERSSEN, K. (1977): Zur Synökologie von *Betula nana* in Mitteleuropa. – *Phytocoenologia* 4: 180–205.
- ELLENBERG, H., WEBER, H. E., DÜLL, R., WIRTH, V. & WERNER, W. (2001): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. – 3. Aufl., Scripta Geobot., 18, Göttingen.
- FISCHER, M. A., OSWALD, K. & ADLER, W. (2008): Exkursionsflora für Österreich, Liechtenstein und Südtirol. – 3. Aufl., Biologiezentrum d. oberösterreich. Landesmuseen, Linz.
- FRANKL, R. (1996): Zur Vegetationsentwicklung in den Rottauer Filzen (südliche Chiemseemoore) im Zeitraum von 1957 bis 1992. – *Bayreuther Forum Ökol.* 37: 1–222.
- FRANZ, W. R. (2000): Die Gesellschaft der Starren Segge und der Alpenazalee (*Carici bigelowii-Loiseleurietum procumbentis* ass. nov.) – eine Zwergstrauch-Reliktgesellschaft der Saualpe und der Seetaler Alpen (Kärnten/Steiermark). – *Wulfenia* 7: 57–81.
- HAEUPLER, H. & SCHÖNFELDER, P. (1988): Atlas der Farn- und Blütenpflanzen der Bundesrepublik Deutschland. – Eugen Ulmer, Stuttgart.
- HAMPE, A. & JUMP, A. S. (2011): Climate relicts: past, present, future. – *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 42: 313–333.
- JADWISZCZAK, K. A., DRZYMULSKA, D., BANASZEK, A. & JADWISZCZAK, P. (2012): Population history, genetic variation and conservation status of the endangered birch species *Betula nana* L. in Poland. – *Silva Fennica* 46(4): 465–477.
- KAULE, G. (1974): Die Übergangs- und Hochmoore Süddeutschlands und der Vogesen. Landschaftsökologische Untersuchungen mit besonderer Berücksichtigung der Ziele der Raumordnung und des Naturschutzes. – Diss. Bot., 27, Cramer, Leutershausen.
- KLEINER, M. (2008): Landschaftsdynamik im Murnauer Moos anhand eines Luftbildvergleichs aus den Jahren 1945, 1976 und 1999. – Unveröff. Gutachten i. A. Landkr. Garmisch-Partenkirchen.
- KLIWA, BAYERISCHES LANDESAMT F. UMWELT (2011): Klimawandel in Süddeutschland – Veränderungen von meteorologischen und hydrologischen Kenngrößen Klimamonitoring im Rahmen des Kooperationsvorhabens KLIWA. – Monitoringber. 2011; www.kliwa.de/download/KLIWA_Monitoringbericht_2011.pdf.
- KLONZ, Hartmut (mündl.), Peißenberg, Bund Naturschutz Kreisgruppe Weilheim-Schongau.
- KRAUS, Andreas (mündl.), Peiting.
- KUTSCHERA, L. & SOBOTIK, M. (1997): Bewurzelung von Pflanzen in den verschiedenen Lebensräumen. – Band 5 d. Wurzelatlasreihe. Landesmus. Oberösterreich, Linz.
- MÉDAIL, F. & DIADEMA, K. (2009): Glacial refugia influence plant diversity patterns in the Mediterranean Basin. – *J. Biogeogr.* 36: 1333–1345.
- PAUL, H. & RUOFF, S. (1927): Pollenstatistische und stratigraphische Mooruntersuchungen im südlichen Bayern. Teil 1. – *Ber. Bayer. Bot. Ges.* 19: 1–84, München.
- PAUL, H. & RUOFF, S. (1932): Pollenstatistische und stratigraphische Mooruntersuchungen im südlichen Bayern. Teil 2. – *Ber. Bayer. Bot. Ges.* 20: 1–264, München.
- PETIT, R. J. et al. (2003): Glacial refugia: hotspots but not melting pots of genetic diversity. – *Science* 300: 1563–1565.
- POORTER, H., NIINEMETS, Ü., POORTER, L., WRIGHT, I. J. & WILLAR, R. (2009): Causes and consequences of variation in leaf mass per area (LMA): a meta-analysis. – *New Phytologist* 182: 565–588.
- POSCHLOD, P. (1990): Vegetationsentwicklung in abgetorften Hochmooren des bayerischen Alpenvorlandes unter besonderer Berücksichtigung standortkundlicher und populationsbiologischer Faktoren. – Diss. Bot. 152: 1–331.
- POSCHLOD, P. (2015): Geschichte der Kulturlandschaft. – Eugen Ulmer, Stuttgart.
- QUINGER, B. (2008): Bestandesanalysen und Schutzkonzeptionen zu einigen stark bedrohten Blütenpflanzen in Oberbayern mit besonderer Berücksichtigung des Ammer-Loisach-Vorlands. – Unveröff. Ber. f. d. Bayer. LfU, Augsburg.
- QUINGER, B. (2009): Merkblatt Artenschutz 23: Zwerg-Birke *Betula nana* L. – Bayer. LfU, Augsburg.
- REICHINGER, K. H. (1981): *Betula nana* L. – In: CONERT, H. J. et al. (Hrsg.): HEGI, G., Illustrierte Flora von Mitteleuropa. III(1). – 3. Aufl., Carl Hanser, München: 158–163.
- SCHUEERER, M. & AHLMER, W. (2003): Rote Liste gefährdeter Gefäßpflanzen Bayerns mit regionalisierter Florenliste. – Bayer. LfU, Beitr. z. Artenschutz 24.

- SCHÖNSWETTER, P., STEHLIK, I., HOLDEREGGER, R. & TRIBSCH, A. (2005): Molecular evidence for glacial refugia of mountain plants in the European Alps. – *Mol. Ecol.* 14: 3547–3555.
- SCHÜTT, P. & LANG, U. M. (1996): *Betula nana*. In: SCHÜTT, P. et al. (1994): Enzyklopädie der Holzgewächse. – Einzelbl.-Pub., Wiley-VCH, Weinheim.
- SCHWARZ, B. (2010): Gehölldynamik auf Hochmooren im Murnauer Moos – unter besonderer Berücksichtigung der Moorkiefer (*Pinus rotundata* LINK). – Dipl., Inst. Biologie II, Univ. Freiburg i. Br.; www.freidok.uni-freiburg.de/volltexte/7545/.
- SLAVIK, B. (1990): Fytokartografické syntézy ČR. – Band 2 Botanický ústav ČSAV, Pruhonice.
- STROHWASSER, R. (1992–2003): Berichte zum Artenhilfsprogramm für endemische und stark bedrohte Pflanzenarten. – Unveröffentl. Ber. f. d. Bayer. LfU, Augsburg.
- TAUSCH, S., LEIPOLD, M., REISCH, C. & POSCHLOD, P. (2015): Genbank Bayern Arche – ein Beitrag zum dauerhaften Schutz gefährdeter Pflanzenarten in Bayern. – ANLiegen Natur 37/1, im Druck.
- URL 1 (2015): Digitale Zusatzdaten zu: POSCHLOD, P. & SCHWARZ, B. (2015): Das Eiszeitrelikt Zwergbirke (*Betula nana* L.). – ANLiegen Natur 37/1; www.anl.bayern.de/publikationen/anliegen/additional_data/poschlod_schwarz_2015_zusatzdaten_vegetation.pdf.
- VOLLMANN, F. (1914): Flora von Bayern. – Ulmer, Stuttgart.
- VON POST (Skala) – ARBEITSGEMEINSCHAFT BODEN (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung. – 5. Aufl., Bundesanst. f. Geowiss. u. Rohstoffe, Hannover.
- VON SENGBUSCH, P. (2004): Untersuchungen zur Ökologie von *Pinus rotundata* LINK (Moor-Kiefer) im Südschwarzwald. – Diss. Bot. 388, Cramer, Berlin, Stuttgart.
- WAGNER, A. & WAGNER, I. (2000) – In: WAGNER, A. et al. (2000): Pflege- und Entwicklungsplan Murnauer Moos, Moore westlich des Staffelsees und Umgebung. – Unveröff. Gutachten i. A. d. Landkr. Garmisch-Partenkirchen.
- WALTER, H. & STRAKA, H. (1970): Arealkunde. Floristisch-historische Geobotanik. – 2. Aufl., Eugen Ulmer, Stuttgart.
- WELTEN, M. & SUTTER, R. (1982): Verbreitungsatlas der Farn- und Blütenpflanzen der Schweiz. – Band 1 & 2, Birkhäuser, Basel.
- WIEGERS, J. (1985): Succession in fen woodland ecosystems in the Dutch haf district with special reference to *Betula pubescens* Ehrh. – Diss. Bot. 86: 1–152.

Autoren



Benjamin U. Schwarz,

Jahrgang 1984.

Herr Schwarz studierte Biologie und Kath. Theologie in Freiburg i. Breisgau, Wien und Innsbruck. Er promoviert an der Universität Regensburg in Theologie über Begründungen des Artenschutzes und deren Relevanz für eine christliche Ethik und kirchliche Praxis. Daneben ist er für Artenschutzprojekte des Lehrstuhls für Ökologie und Naturschutzbiologie der Universität Regensburg tätig.

Walchenseestraße 32
82438 Eschenlohe
benjamin.schwarz@ur.de
+ 49 8824 8407



Prof. Dr. Peter Poschlod,

Jahrgang 1958.

Prof. Poschlod studierte Biologie in Ulm. Er promovierte an der TUM-Weihenstephan und habilitierte an der Universität Hohenheim. Von 1994 bis 2001 war er Professor für Wissenschaftlichen Naturschutz der Philipps-Universität Marburg, seit 2001 ist er Inhaber des Lehrstuhls für Ökologie und Naturschutzbiologie (früher Botanik) der

Universität Regensburg. Forschungsschwerpunkte sind natur- beziehungsweise artenschutzrelevante vegetations- und pflanzenökologische sowie populationsbiologische Fragestellungen, insbesondere in Offenlandökosystemen (unter anderem in Mooren). Weitere Schwerpunkte sind die Biologie und Ökologie der Samen und Früchte sowie die historische Ökologie.

Institut für Botanik
Universitätsstraße 31
93053 Regensburg
peter.poschlod@ur.de
+49 941 943-3108

Zitiervorschlag

SCHWARZ, B. U. & POSCHLOD, P. (2015): Die Letzten ihrer Art in Bayern – Das Eiszeitrelikt Zwergbirke (*Betula nana* L.). Eine Bestandsanalyse mit biologisch-ökologischen Untersuchungen. – ANLiegen Natur 37(1): 19–30, Laufen; www.anl.bayern.de/publikationen.

Impressum

ANLIEGEN NATUR

Zeitschrift für Naturschutz
und angewandte
Landschaftsökologie
Heft 37(1), 2015
ISSN 1864-0729
ISBN 978-3-944219-14-1

Die Publikation ist Fachzeitschrift und Diskussionsforum für den Geschäftsbereich des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt und Verbraucherschutz und die im Natur- und Umweltschutz Aktiven in Bayern. Für die Einzelbeiträge zeichnen die jeweiligen Verfasserinnen und Verfasser verantwortlich. Die mit Verfassernamen gekennzeichneten Beiträge geben nicht in jedem Fall die Meinung des Herausgebers, der Naturschutzverwaltung oder der Schriftleitung wieder.

Herausgeber und Verlag

Bayerische Akademie für Naturschutz
und Landschaftspflege (ANL)

Seethalerstraße 6
83410 Laufen an der Salzach
poststelle@anl.bayern.de
www.anl.bayern.de

Schriftleitung und Redaktion

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

Bearbeitung: Dr. Andreas Zehm (AZ), Lotte Fabsicz,
Paul-Bastian Nagel (PBN)
Mark Sixsmith und Sara Crockett
(englische Textpassagen)

Fotos: Quellen siehe Bildunterschriften
Satz und Bildbearbeitung: Hans Bleicher sowie
Johann Feil (Artikel Arnika)

Druck: Kössinger AG, 84069 Schierling
Stand: Mai 2015

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

Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Bayerischen Staatsregierung herausgegeben. Sie darf weder von den Parteien noch von Wahlwerbenden 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 Informa-

tionsständen 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 notwendig und die Übersendung eines Belegexemplars erbeten. Alle Teile des Werkes sind 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

Bezug

Bestellungen der gedruckten Ausgabe sind über www.bestellen.bayern.de möglich.

Die Zeitschrift ist digital als pdf-Datei kostenfrei zu beziehen. Das vollständige Heft ist über den Bestellshop der Bayerischen Staatsregierung unter www.bestellen.bayern.de erhältlich. Alle Beiträge sind auf der Seite der Bayerischen Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL) digital als pdf-Dateien unter www.anl.bayern.de/publikationen/anliegen abrufbar.

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 oder Publikation. Wertsendungen (und analoges Bildmaterial) bitte nur nach vorheriger Absprache mit der Schriftleitung schicken.

Beabsichtigen Sie einen längeren Beitrag zu veröffentlichen, bitten wir Sie mit der Schriftleitung Kontakt aufzunehmen. Hierzu weisen wir auf die Richtlinien für Autoren, in welchen Sie auch Hinweise zum Urheberrecht finden.

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.