

Auswirkungen der Trennung von Wald und Weide auf *Helleborus niger* L. subsp. *niger* auf ausgewählten Flächen des Nationalparks Berchtesgaden

Von D. Röder, Freising, J. Kayser, Freising, J. Mailhammer, Kopenhagen und K. Kiehl, Freising

1 Einleitung

Helleborus niger L. subsp. *niger* – auch Christrose, Schneerose oder Schwarze Nieswurz genannt – ist in den Süd- und Ostalpen verbreitet (WERNER & EBEL 1994). In der Roten Liste Bayerns und Deutschlands wird *Helleborus niger* als „gefährdet“ aufgeführt (SCHEUERER & AHLMER 2003, KORNECK et al. 1996). Die Hauptvorkommen von *Helleborus niger* in Deutschland liegen in den Berchtesgadener Alpen (SCHÖNFELDER & BRESINSKY 1990). Sonst kommt *Helleborus niger* in den deutschen Alpen nur vereinzelt vor.

Schon HOSSEUS (1912) beschrieb *Helleborus niger* als eine der charakteristischsten Pflanzenarten in der Umgebung Berchtesgadens. Auch heute kommt die Art im Nationalpark noch in hoher Abundanz vor. Besonders häufig ist das Vorkommen der giftigen Pflanze auf Waldweideflächen. Die Waldweidenutzung wird in den Berchtesgadener Alpen seit vielen hundert Jahren betrieben. Im Nationalpark Berchtesgaden gab es in der Pflegezone noch vor wenigen Jahren große Waldweidegebiete. Bis in die 80er Jahre standen 34 % der gesamten Waldfläche unter Weideeinfluss (NATIONALPARK BERCHTESGADEN 1981).

Dem Nationalparkgedanken, eine möglichst natürliche Entwicklung des Ökosystems Bergmischwald zu ermöglichen, widerspricht jedoch eine menschliche Nutzung. Auf den genutzten Flächen in der „temporären Pflegezone“ wird von der Nationalparkverwaltung und den Forstbehörden die Ablösung der Waldweide angestrebt. Die Trennung von Wald und Weide wurde 1998 vom bayerischen Landtag beschlossen. Ein Teil der Waldweidegebiete wurde bereits gerodet und wird nun als Lichtweide genutzt, andere Teile wurden der natürlichen Sukzession überlassen und entwickeln sich allmählich zu geschlossenen Waldflächen.

Da die Christrose am besten im Halbschatten auf frischem Boden gedeiht (HOSSEUS 1912; OBERDORFER 2001) – Standortbedingungen, die auf Waldweideflächen zu finden sind – stellte sich die Frage, ob sie auf den Lichtweideflächen und auf den ungenutzten Waldflächen überdauern kann. Möglicherweise wirkt sich die intensivere Lichteinstrahlung negativ auf das Gedeihen der Christrose aus (vgl. HOSSEUS 1912).

In der vorliegenden Arbeit wird die Populationsstruktur der Christrose auf ehemaligen Waldweideflächen (Lichtweide und ungenutzter Wald) im Vergleich zu noch bestehenden Waldweideflächen analysiert. Dabei soll festgestellt werden, ob es Unterschiede in der Struktur der Populationen gibt, die auf die Nutzungsänderung zurückzuführen sind. Die Analyse der Zeigerwerte der vorkommenden Pflanzenarten und einiger aufgenommenen Standortparameter ermöglichen eine genauere Charakterisierung der Standorte.

2 Zur Art *Helleborus niger* L. subsp. *niger*

2.1 Morphologie und Phänologie

Helleborus niger (Ranunculaceae) ist ein ausdauernder Hemikryptophyt mit einem holzigen Wurzelsystem, dessen Wuchshöhe etwa 10–30 cm beträgt (ELLENBERG et al. 1991; OBERDORFER 2001). An einem kräftigen, länglichen Wurzelstock (Rhizom) entspringen zahlreiche fleischige Wurzeln und meh-

rere Luftsprosse. An diesen stehen ein bis drei grundständige, über den Winter ausdauernde Laubblätter (NATURHISTORISCHES MUSEUM MAINZ 1988).

Die klonalen Organe der Christrose sind sehr langsamwüchsig und langlebig (KLIMEŠ et al. 1997). Die Rhizominternodien sind extrem verkürzt. Ihre Länge beträgt nur 0,5–0,9 mm, so dass auf 1 cm Länge etwa zwölf bis zwanzig Blattorgane mit ihren Achselprodukten sowie mehrere Wurzeln kommen (WERNER & EBEL 1994).

Die immergrünen Blätter sind „fußförmig“ gefiedert, in sieben bis neun Segmente zerteilt (bis zu 25 cm lang) und lang gestielt (NATURHISTORISCHES MUSEUM MAINZ 1988). Die einzelnen Fiederblätter sind ledrig, oberseits dunkelgrün, unterseits heller und am Rand gesägt.

Die Pflanze besitzt dicke, fleischige Blütenstängel, die aufrecht wachsen und an ihrem oberen Ende ein bis drei gelblich- bis grünlich-weiße ganzrandige Hochblätter und ein bis drei Blüten tragen (NATURHISTORISCHES MUSEUM MAINZ 1988). Die fünf breit eiförmigen, weiß- oder schwach rosafarbenen Kelchblätter werden bis zu 4,5 cm lang. Die Kronblätter sind ca. 1 cm lang, schlauchförmig und enthalten Nektar.

Die Blütezeit ist abhängig von Lage und Klima des Standortes und kann jährlich je nach Temperatur und Schnee zwischen Dezember und Juni schwanken. Die Blühperiode erstreckt sich über zwei bis drei Monate hinweg. Nach HOSSEUS (1912) bildet sich die zweite Blüte erst, wenn die erste verblüht ist. Die erste ist stets größer als die zweite. Wenn sich die Blüten öffnen, sind die äußeren großen Kelchblätter weiß und heben sich von der dunklen Umgebung ab. So sind sie auffälliger für Insekten. Außerdem locken morphologisch attraktive Honigreservoir (Honigblätter) Insekten an. Nach der Bestäubung werden die Honigblätter und die weiße Farbe der Kronblätter überflüssig; diese färben sich nun grün, seltener rosa (HOSSEUS 1912).

Im späten Frühjahr bis Frühsommer gehen aus einer Blüte ca. sieben Balgfrüchte hervor, in denen je vier bis acht Samen heranreifen. Nach DÜLL und KUTZELNIGG (1986 in LINDACHER 1995) werden die Samen durch Stomatochorie ausgebreitet. An den Samen befinden sich Elaiosomen, weshalb sie von Insekten verschleppt werden.

2.2 Ökologie

Obwohl die Verbreitung der Christrose bis nach Osteuropa reicht, ist sie nach ELLENBERG et al. (1991) und LANDOLT (1995) als subozeanische Art einzustufen, die Spätfröste und große Temperatur-extreme nicht erträgt. Mit der Temperaturzahl 5 ist *Helleborus niger* ein Mäßigwärmezeiger. Nach WERNER und EBEL (1994) wächst *Helleborus niger* vor allem in der kollinen und montanen Stufe (400–1800 m) und nur selten in der subalpinen Stufe (bis 2300 m).

Die Christrose kommt vor allem in Moränenlandschaften vor, aber auch auf Mergel, der von Gebirgsbächen angeschwemmt wurde (WERNER & EBEL 1994). Sie bevorzugt Hauptdolomit und Keuperkalk, ist aber auch in Alluvionen zu finden, wobei sie an Kalk gebunden ist (SCHMIDT 1911 in HOSSEUS 1912). Als Basenzeiger kommt sie niemals auf stark sauren Böden vor (ELLENBERG 1996, LANDOLT 1995). Ideal für *Helleborus niger* sind frische, humose, lockere Stein- und Lehmböden (NATURHISTORISCHES MUSEUM MAINZ 1988; OBERDORFER 2001). Die Christrose ist ein Humuszeiger und eine Mull- und Moderbodenpflanze; ein Teil der Wurzeln reicht jedoch in den Mineralboden. Sie kommt überwiegend auf feuchten Böden (Feuchtezahl 4) mit mäßigem Nährstoffgehalt (Nährstoffzahl 4) vor (ELLENBERG et al. 1991).

Bezüglich der Lichtbedürfnisse wird die Christrose meist als Halbschattenpflanze bezeichnet, die in vollem Licht weniger häufig anzutreffen ist, meist aber auch nicht unter 10 % relativer Beleuchtungsstärke (HOSSEUS 1912, NATURHISTORISCHES MUSEUM MAINZ 1988, LANDOLT 1995). Nur ELLENBERG (1996) ordnet *Helleborus niger* mit der Lichtzahl 3 als Schattenpflanze ein, die zwar an helleren Stellen vorkommen kann, jedoch meist weniger als 5 % relativer Beleuchtungsstärke erhält. HOSSEUS (1912) machte die Beobachtung, dass die Christrose nicht sehr lange überlebt, wenn Wald gefällt wird.

3 Untersuchungsgebiet

Die Untersuchungsflächen befinden sich auf zwei Almen in der temporären Pflegezone des Nationalparks Berchtesgaden an den Nordabstürzen des Watzmannmassivs. Die Alm am Futterstadl liegt an einem nordexponierten Hang in einem Taleinschnitt auf etwa 1000 m Höhe. Die Kührintalm liegt auf 1400 m Höhe auf einem kleinen nord-ost exponiertem Plateau mit bewegtem Relief. Auf der Alm am

Futterstadl ist die schattseitige Lage zwar stärker ausgeprägt als auf der Kührointalm, aufgrund der tieferen Lage beginnt die Vegetationszeit dort jedoch drei Wochen früher.

Ohne Nutzung würde auf beiden Almen ein montaner Bergmischwald (Potentielle Natürliche Vegetation) stocken, der vorwiegend aus *Fagus sylvatica*, *Abies alba*, *Picea abies* und *Acer pseudoplatanus* gebildet würde (NATIONALPARK BERCHTESGADEN 2002). Auf der höher gelegenen Kührointalm wäre von Natur aus ein etwas höherer Fichtenanteil zu erwarten. Aufgrund der forstlichen und landwirtschaftlichen Nutzung (v. a. Waldweide) ist heute jedoch in beiden Gebieten die Fichte dominierend (NATIONALPARK BERCHTESGADEN 2002). Die Bodenbeschaffenheit beider Almen ist heterogen: direkt nebeneinander befinden sich flache Schotterflächen, dünne Humusauflagen direkt über Stein und tiefgründigere, feinkrümelige Rendzinen. Die Flächen der Alm am Futterstadl sind durchweg etwas feuchter.

Auf der Kührointalm wurden im Rahmen der vorliegenden Arbeit folgende Flächen untersucht: Eine Lichtweidefläche, die durch Rodung aus Waldweideflächen im Jahr 1991 entstanden ist, ein Teil einer noch bestehenden Waldweide und ein Waldstück, das seit mehr als 15 Jahren ungenutzt ist. Beweidungszeit und -intensität auf der Kührointalm schwanken jährlich in Abhängigkeit von Wetterbedingungen und Futterbedarf. Im Jahr 2003 weideten dort 22 Jungtiere von Mitte Juli bis Ende September und zehn Milchkühe (ca. 800 kg Gewicht) ab Anfang August für etwa einen Monat (Neubauer 2003 mündlich). Nach der Rodung wurde die Beweidungsintensität auf der neu geschaffenen Lichtweidefläche wesentlich erhöht, während die auf der Waldweidefläche geringer geworden ist. Auf der Alm am Futterstadl erfolgten nur Untersuchungen auf Waldweide- und Lichtweideflächen. Eine vergleichbare Fläche mit ungenutztem Wald war nicht vorhanden. Die bestehende Lichtweide wurde in den Jahren 1992-94 durch Rodung der südlichen Waldweideflächen erweitert. Der andere Teil der früheren Waldweidefläche wird heute noch genutzt, ist aber für die Rinder schlecht erreichbar. Es ist davon auszugehen, dass diese Fläche noch weniger beweidet wird als die Kühroint-Waldweide. Auf der Alm am Futterstadl weideten im Jahr 2003 ab Mitte Juni sechs Wochen lang 25 Jungtiere.

4 Methode

4.1 Auswahl der Flächen

Im Jahr 2003 wurden 25 Aufnahmeflächen mit einer Größe von 7 x 7 m auf den beschriebenen Almen untersucht.

In jeder der im Folgenden genannten Varianten wurden fünf Aufnahmeflächen festgelegt:

Kührointalm:

- Variante 1: Lichtweide, 1991 gerodet
- Variante 2: Waldweide
- Variante 3: Wald

Alm am Futterstadl:

- Variante 1: Lichtweide, 1994 gerodet
- Variante 2: Waldweide

4.2 Standorteigenschaften

Die Messung der photosynthetisch aktiven Strahlung (PAR in $\mu\text{mol}\cdot\text{s}/\text{m}^2$), d.h. der Lichtintensität, erfolgte am 06.06.2003 zwischen 8 und 10 Uhr bei wolkenlosem Himmel. Es wurden pro Aufnahmefläche drei Messungen durchgeführt, aus denen später ein Mittelwert errechnet wurde. Die Bodentiefe wurde mit Hilfe eines Bohrstockes gemessen. Um den pH-Wert des Bodens zu bestimmen, wurde aus den obersten 10 cm des Bodens jeder Aufnahmefläche eine Probe entnommen und für jede Variante eine Mischprobe untersucht.

4.3 Aufnahme der Entwicklungsklassen von *Helleborus niger* sowie weitere populationsbiologischer Parameter

In den 49 m² großen Aufnahmeflächen wurden alle Individuen von *Hellebourus niger* nach Entwicklungsklassen getrennt gezählt. Die Auswahl der Entwicklungsklassen orientierte sich an Untersuchungen von OOSTERMEIJER et al. (1994) (Tabelle 1).

Tabelle 1: Einteilung der Entwicklungsklassen von *Helleborus niger*.

Nicht reproduzierende Individuen			reproduzierende Individuen (Ø Blatt > 15 cm)	
große Individuen Ø Blatt > 15 cm	mittlere Individuen Ø Blatt 5–15 cm	kleine Individuen Ø Blatt < 5 cm	eine Blüte	Mehr als eine Blüte

Zusätzlich wurde die Deckung der Art geschätzt und die Gesamtindividuenzahl pro Fläche errechnet. Die Keimlinge wurden getrennt erfasst aber nicht zur Gesamtindividuenzahl hinzugerechnet, da über die Etablierung dieser und somit ein Ansteigen der Populationsgröße aufgrund des kurzen Zeitraums der Untersuchung keine Aussagen gemacht werden konnten.

4.4 Vegetationserhebung

Die Kartierung der umliegenden Vegetation sollte Aussagen über die mögliche Konkurrenz bzw. positive Einflüsse durch benachbarte Pflanzen liefern. Zudem wird durch die Analyse der Zeigerwerte dieser Arten eine genauere Charakterisierung der Standorte möglich.

Die Aufnahme der Begleitvegetation von *Helleborus niger* erfolgte in der Zeit vom 02. – 06.06.2003. Die Nomenklatur der Phanerogamen richtet sich nach OBERDORFER (2001).

Die Schätzung der Artmächtigkeit erfolgte nach der Londo-Skala (LONDO 1975). Zusätzlich wurde die Deckung der Kraut- und Moosschicht, der Streuauflage, des offenen Bodens sowie der Baumschicht und des Totholzanteils erfasst.

4.5 Statistische Auswertung

Die Standortparameter sowie die Daten der populationsökologischen Untersuchungen wurden zunächst mit Hilfe des Shapiro-Wilks-Test auf Normalverteilung geprüft. Da diese in allen Fällen nicht vorlag, wurde zur Analyse auf signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Varianten das Verfahren des randomisierten Tests angewendet (PILLAR 2004).

Mit Hilfe von Korrelationsanalysen wurde untersucht, ob Zusammenhänge zwischen den Standortparametern und den populationsökologischen Daten vorlagen. Dazu wurde der Rangkorrelationskoeffizient r_s nach Spearman benutzt.

5 Ergebnisse

5.1 Standörtliche Charakterisierung der Almen und der Nutzungsvarianten

Die Photosynthetisch aktive Strahlung (PAR) war auf den Lichtweiden signifikant höher als auf den Waldweiden und im Wald signifikant am niedrigsten (Abbildung 1). Innerhalb eines Nutzungstyps waren die Unterschiede zwischen den beiden Almen nicht signifikant.

Bezüglich des pH-Werts zeigten sich dagegen größere Unterschiede zwischen den Almen als zwischen den Nutzungsvarianten. Auf der Alm am Futterstadl waren die pH-Werte mit durchschnittlich 7,3 deutlich höher als auf der Kührointalm mit durchschnittlich 5,7. Doch auch zwischen den Nutzungsvarianten ließ sich eine Tendenz erkennen. Der Boden der Lichtweiden war geringfügig basischer (pH 7,5 / 6,7) als der Boden der Waldweide- (pH 7,2 / 5,1) und Waldflächen (pH 5,7).

Die Deckung der Streuschicht war auf den unbeweideten Waldflächen der Kührointalm und den wenig beweideten Waldweideflächen der Alm am Futterstadl am höchsten (Abbildung 1). Dort waren auch kaum offene Bodenstellen zu finden (Abbildung 1). Auf der Waldweide Kührointalm gab es dagegen wenig Streu und zahlreiche offene Bodenstellen. Die Deckung der Streuschicht auf der Waldweide Kührointalm war signifikant geringer, der Anteil der offenen Bodenstellen war dagegen signifikant höher als auf den Flächen der Alm am Futterstadl. Die Deckung der Streuschicht und des offenen Bodens waren negativ miteinander korreliert ($r = -0,80$, $P < 0,001$). Die Deckung der Moose war auf der Alm am Futterstadl signifikant höher als auf der Kührointalm (Abbildung 1) und korrelierte ebenfalls negativ

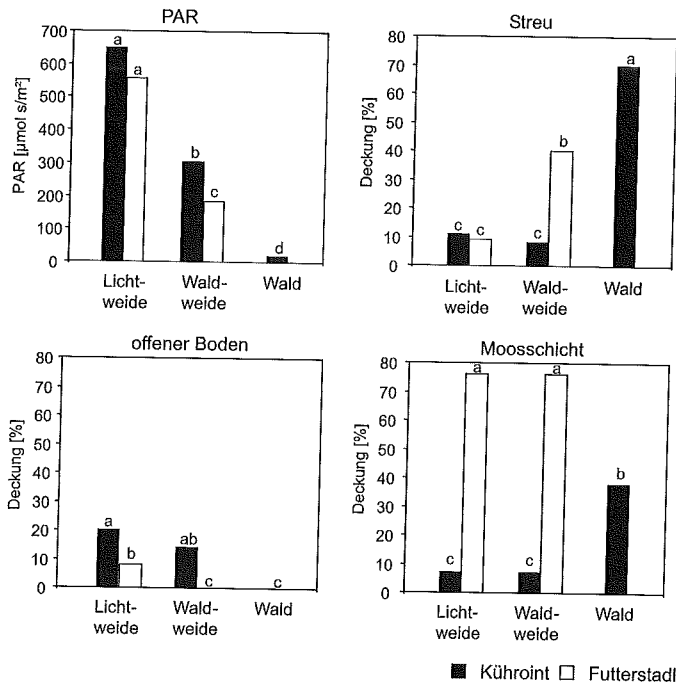


Abbildung 1: Vergleich der Photosynthetisch aktiven Strahlung (PAR), der Deckung der Streuschicht, der Deckung des offenen Bodens und der Deckung der Moosschicht jeweils auf der Kührintalm und der Alm am Futterstadl sowie zwischen Lichtweide, Waldweide und Wald. Unterschiedliche Buchstaben bezeichnen signifikante Unterschiede.

mit dem Anteil offener Bodenstellen ($r = -0,63$, $P 0,001$). Auf der Kührintalm war die Deckung der Moosschicht im Wald signifikant höher als auf den Weiden.

5.2 Auswertung der Zeigerwerte nach Ellenberg et al. (1991).

Lichtzahl: Auf den Lichtweideflächen waren höhere Anteile an Lichtzeigerarten als auf den Waldweideflächen zu finden (Abbildung 2). Halbschattenpflanzen waren besonders auf den Waldweideflächen vertreten. Dennoch waren auf den Lichtweiden auch noch relativ hohe Anteile an Schatten- und Halbschattenpflanzen – wie die Christrose – zu finden (50 % des Artenspektrums), die hier überdauern haben.

Reaktionszahl: Im ungenutzten Wald auf der Kührintalm war der Anteil der Säurezeiger am höchsten (Abbildung 3), Basenzeiger waren im Verhältnis zu den anderen Flächen geringer vertreten. Auf der Kührintalm-Waldweide gab es nur geringfügig höhere Anteile an Säurezeigern als auf der Lichtweide, auf der Alm am Futterstadl war der Anteil von Basen- und Kalkzeigern auf der Waldweidefläche mit fast 70 % besonders hoch.

5.3 Populationsbiologische Untersuchungen

5.3.1 Allgemeine Geländebeobachtungen

Auf den Lichtweiden, besonders aber auf der Alm am Futterstadl, konnten auffällig viele verbrannte und verwelkte Blätter von *Helleborus niger* beobachtet werden. Auch zwei Beobachtungen von HOSSEUS (1912) konnten bestätigt werden. So waren die zweite und weitere Blüten meist kleiner als die erste und je schattiger es war, desto dunkler waren die Blätter der Christrose.

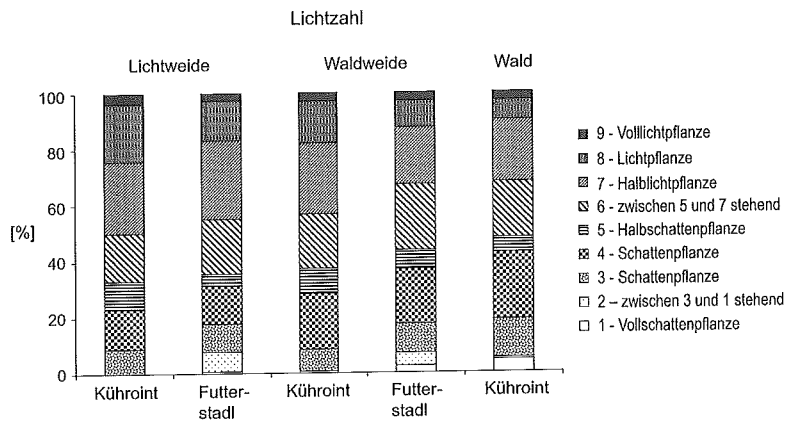


Abbildung 2: Anteile von Pflanzenarten mit unterschiedlicher Lichtzahl an der Artenzahl der Vegetation der Lichtweide, Waldweide und des Waldes auf der Kührointalm und der Alm am Futterstadt.

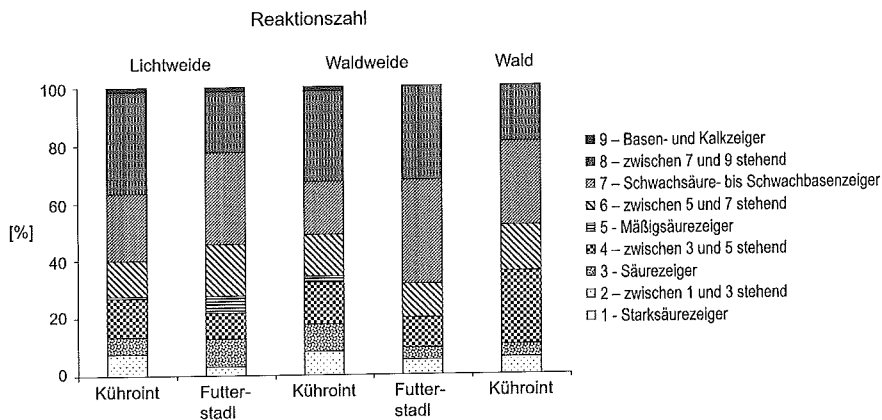


Abbildung 3: Anteile von Pflanzenarten mit unterschiedlicher Reaktionszahl an der Artenzahl der Vegetation der Lichtweide, Waldweide und des Waldes auf der Kührointalm und der Alm am Futterstadt.

5.3.2 Populationsdichte und Entwicklungsklassen

Auf der Alm am Futterstadt wurde eine signifikant größere Populationsdichte der Christrose ermittelt als auf der Kührointalm. Die Populationsdichte war auf der Waldweide der Alm am Futterstadt mit durchschnittlich 2,18 Individuen pro 1 m² signifikant höher als auf der Lichtweide mit durchschnittlich 0,86 Individuen pro 1 m². Auch auf der Waldweide der Kührointalm war die Populationsdichte mit durchschnittlich 0,6 Individuen pro 1 m² signifikant höher als auf der Lichtweide mit durchschnittlich 0,11 und als im Wald mit durchschnittlich 0,19 Individuen pro 1 m². Auf der Waldweide der Alm am Futterstadt waren Individuen aller Entwicklungsklassen zu finden (Abbildung 4). Die Population verjüngte sich stark mit einer hohen Anzahl an mittelgroßen und kleinen Pflanzen bis hin zu Keimlingen, deren Anzahl hier signifikant am höchsten war. Auch reproduzierende, meist einblütige Pflanzen, waren zahlreich vorhanden. Auf der Lichtweidefläche der Alm am Futterstadt kamen ebenfalls relativ viele Christrosen vor, obwohl hier deutlich weniger Individuen als auf der Waldweidefläche gediehen. Besonders die Anzahl der Keimlinge und kleinen Individuen war geringer. Die Anzahl der

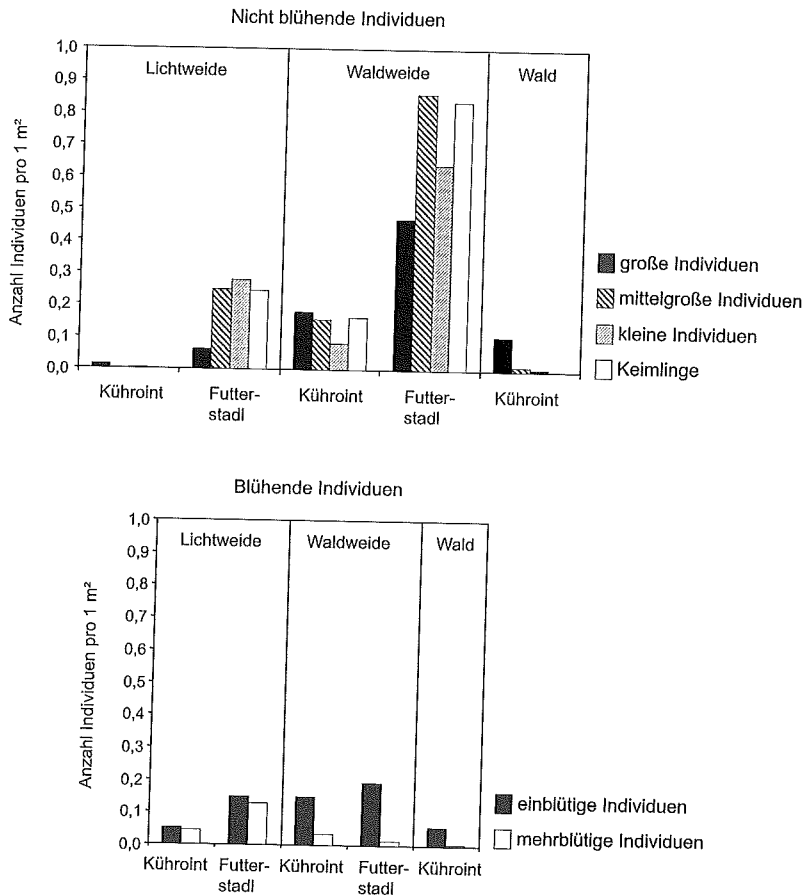


Abbildung 4: Mittlere Anzahl der Individuen von *Helleborus niger* in unterschiedlichen Entwicklungsstadien auf der Alm am Futterstadl und der Kührointalm in Abhängigkeit von der Nutzung.

blühenden Pflanzen war zwar auf der Waldweide und der Lichtweide etwa gleich, auf der Lichtweide kamen jedoch besonders viele mehrblütige Individuen vor.

Bei deutlich geringerer Populationsdichte war der einzige Standort mit einer ausgeglichenen Verteilung der Entwicklungsstadien auf der Kührointalm die Waldweide. Nur dort waren auch Keimlinge zu finden. Alle anderen Entwicklungsstadien waren auf der Kührointalm-Waldweide ähnlich stark vertreten. Die reproduzierenden Pflanzen waren hier meist einblütig. Auf der Kührointalm-Lichtweide blühten die Individuen zwar sehr üppig, häufig auch mehrblütig, doch mittelgroße und kleine Individuen sowie Keimlinge waren nicht vorhanden. Im Wald gab es ebenfalls fast nur große Pflanzen und nur eine sehr geringe Anzahl blühender Individuen.

5.3.3 Korrelationen zwischen Entwicklungsstadien und Standortparametern

Die Gesamtindividuenzahl, die Anzahl der großen und mittelgroßen Individuen sowie der Keimlinge korrelierten auf der Alm am Futterstadl signifikant negativ mit der Deckung der offenen Bodenstellen (Tabelle 2). Im Gegensatz dazu gab es einen positiven Zusammenhang zwischen der Deckung der offenen Bodenstellen und der Anzahl blühender, vor allem mehrblütiger, Individuen. Auf der Kührointalm waren diese Korrelationen wesentlich schwächer oder gar nicht vorhanden. So korrelierte hier die Deckung der offenen Bodenstellen lediglich negativ mit der Anzahl großer Individuen. Ein

Tabelle 2: Spearman-Rangkorrelation der Gesamtindividuedichte, der Anzahl der Keimlinge und der Anzahl der Individuen der einzelnen Entwicklungsklassen auf den Aufnahme­flächen jeweils mit der Deckung des offenen Bodens, der PAR, der Baumschicht und der Streu. Dargestellt ist der Korrelationskoeffizient r_s nach Spearman. Signifikante Korrelationen sind mit * markiert (* $p \leq 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$, n.s. - nicht signifikant)

Alm am Futterstadl

	Individuen	Keimlinge	Mittlere	Große	Mehrblütige	Blühende
offener Boden	-0,73**	-0,70**	-0,72**	-0,78**	0,65*	0,72**
Lichtintensität	-0,66**	-0,80**	-0,79**	-0,62*	0,79**	0,83***
Baumschicht	0,84***	0,70**	0,87***	0,87***	-0,66*	-0,77**

Kührointalm

	Individuen	Keimlinge	Mittlere	Große	Mehrblütige	Blühende
offener Boden	n.s.	n.s.	n.s.	-0,52*	0,69***	0,52*
Lichtintensität	n.s.	n.s.	n.s.	-0,65**	0,64**	0,74***
Baumschicht	n.s.	n.s.	n.s.	0,60**	-0,63**	-0,64**

positiver Zusammenhang zwischen der Anzahl blühender, besonders mehrblütiger, Individuen und der Deckung der offenen Bodenstellen konnte auch auf der Kührointalm gefunden werden.

Die Anzahl großer und mittelgroßer Individuen sowie der Keimlinge stieg auf der Alm am Futterstadl mit abnehmender Lichtintensität und zunehmender Deckung der Baumschicht erst an und fiel dann wieder. Auf der Kührointalm konnte diese Korrelation wiederum nur für die Anzahl der großen Individuen gefunden werden. Sowohl die Anzahl mehrblütiger Individuen als auch die Anzahl blühender Individuen insgesamt waren auf beiden Almen mit der Lichtintensität positiv und mit der Baumdeckung negativ korreliert (Tabelle 2).

5.3.3 Korrelationen zwischen den Entwicklungsklassen

Auf der Alm am Futterstadl war eine starke negative Korrelation der Anzahl mehrblütiger und blühender Individuen insgesamt mit der der Anzahl der kleinen Individuen und der Keimlinge festzustellen (Tabelle 3). Dagegen korrelierte auf der Kührointalm die Anzahl einblütiger Individuen positiv mit der Anzahl kleiner Individuen und Keimlinge.

6 Diskussion

6.1 Vergleich der Standortbedingungen zwischen den Almen und zwischen den einzelnen Nutzungsvarianten.

Aus den Ergebnissen geht hervor, dass auf den Lichtweiden und auf lichten Waldweidestellen die Deckung der Krautschicht besonders hoch war und gleichzeitig mehr offene Bodenstellen zu finden waren. Offensichtlich nutzten die Rinder das gute Futterangebot der besonnten Flächen und weideten dort mehr. Die Werte der Lichtmessungen stimmten mit dem Anteil der Lichtzeiger in der Vegetation überein. So gab es aufgrund der abnehmenden Deckung der Baumschicht einen steigenden Gradienten der Lichtintensität vom Wald über die Waldweiden hin zur Lichtweide. Die Lichtzeigerwerte der Arten zeigten, dass an den jeweiligen Standort (Lichtweide, Waldweide bzw. Wald) angepasste Arten in der Überzahl waren und sich der Großteil der Vegetation schnell dem Wandel von Waldweide in Lichtweide anpasste.

Die hohe Deckung der Moose auf der Alm am Futterstadl lässt sich vermutlich durch eine erhöhte Feuchtigkeit durch abfließendes Hangwasser erklären. Der höhere Streuanteil im Wald der Kühroint-

Tabelle 3: Spearman-Rangkorrelation der Gesamtindividuedichte, der Anzahl der Keimlinge und der Anzahl der kleinen, mittelgroßen und großen Individuen mit der Anzahl einblütiger, mehrblütiger und blühender Individuen insgesamt. Dargestellt ist der Korrelationskoeffizient r_s nach Spearman. Signifikante Korrelationen sind mit * markiert (* $p \leq 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$, n.s. – nicht signifikant)

Alm am Futterstadl

	Individuen insgesamt	Keimlinge	kleine Individuen	mittelgroße Individuen	große Individuen
einblütige	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
mehrblütige	-0,63*	-0,96***	-0,67**	-0,71**	-0,62*
blühende insgesamt	-0,81***	-0,97***	-0,81***	-0,79**	-0,71**

Kührointalm

	Individuen insgesamt	Keimlinge	kleine Individuen	mittelgroße Individuen	große Individuen
einblütige	0,71***	0,60**	n.s.	0,53*	n.s.
mehrblütige	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
blühende insgesamt	n.s.	n.s.	-0,51*	-0,61**	-0,78***

alm ist vorrangig auf die Nadelstreu der Bäume zurück zu führen, aber auch auf den geringeren Beweidungsdruck. Nach EWALD (2000) kann der pH-Wert in beweideten Nadelwäldern höher sein als in unbeweideten, da das Zertreten der Streu durch die Weidetiere die Zersetzung der Nadelstreu beschleunigt, so dass sich weniger saure Bodenaufträge bilden kann. Dies trifft auf die Untersuchungsflächen jedoch nicht zu; im Wald lag der pH-Wert geringfügig höher als auf der Waldweide. Ein niedrigerer pH-Wert kann also kein Grund für das schlechtere Gedeihen von *Helleborus niger* (Basenzeiger) im Wald sein. Durch das Fehlen der Nadelstreu und eine vermutlich schnellere Mineralisation aufgrund höherer Einstrahlung war der pH-Wert auf den Lichtweiden etwas höher. Auf der Kührointalm waren die pH-Werte insgesamt niedriger als auf der Alm am Futterstadl, da die Nadelstreu aufgrund der etwas trockeneren und kälteren Bedingungen vermutlich langsamer zersetzt wurde. Dies spiegelt sich auch darin wider, dass auf der Kührointalm mehr Pflanzenarten mit niedrigen Reaktionszahlen zu finden waren als auf der Alm am Futterstadl.

6.2 Einfluss der Umwandlung von Waldweide zu Lichtweide auf das Vorkommen von *Helleborus niger*

Zehn Jahre nach Rodung der Waldweideflächen war die Christrose in unserer Untersuchung trotz ihrer Eigenschaft als Schattenpflanze bzw. Halbschattenpflanze immer noch auf den offenen Lichtweiden zu finden. Die Behauptung von HOSSEUS (1912), dass die Christrose nach einer Rodung nicht lange überlebt, muss also relativiert werden. Unsere Ergebnisse bestätigen jedoch, dass die Christrose im Halbschatten die besten Bedingungen zum langfristigen Gedeihen hat. Nach LARCHER (1994) erleiden Pflanzen des Waldunterwuchses nach plötzlicher Freistellung einen Starklichtschock: die Assimulationsleistung wird verringert oder es werden Photosynthese-Pigmente zerstört. Dies trifft vermutlich auch auf die Christrose zu. Obwohl ihre dicken, ledrigen Blätter wie eine Anpassung an hohe Lichtintensität wirken, verbrennen sie in der vollen Sonne und bekommen dunkle, trockene Flecken (Geländebeobachtung). Durch die erhöhte Verdunstung nimmt ihr Turgordruck ab und sie werden welk. Dies wirkt sich besonders stark auf die jungen Pflanzen der Christrose aus. Die Untersuchung der Populationsstruktur an Hand von Altersentwicklungsstadien zeigte zudem, dass die Teilpopulation der Lichtweide auf der Kührointalm überaltert war. Auf der Lichtweide blühte die überwiegende Zahl der Individuen reichlich, was auf eine Stimulation der Blütenbildung durch hohe Einstrahlung hinweist. Trotzdem konnten

aber keine jungen Pflanzen gefunden werden. Dies legt die Vermutung nahe, dass geeignete Stellen zum Keimen und Etablieren (vor allem Schutz vor Verbrennung und Austrocknung) fehlten. Aber auch die Population des Waldes war überaltert. Hier fanden sich hauptsächlich große nichtblühende sowie einige einblütige Individuen, was auf den hier vorherrschenden Lichtmangel zurückgeführt werden kann. Daher scheint hier eher der Mangel an Samen für die ausbleibende Verjüngung verantwortlich zu sein. Auf der Waldweide auf der Kührointalm fand sich dagegen ein ausgeglichenes Bild der einzelnen Altersentwicklungsklassen mit blühenden Pflanzen und Keimlingen.

Ähnlich sind die Ergebnisse für die Flächen der Alm am Futterstadl. Die Teilpopulation auf der Lichtweide konnte sich zwar verjüngen, das Verhältnis von blühenden Pflanzen zu Keimlingen war jedoch im Vergleich zur Waldweide unausgeglichener, was ebenso wie auf der Lichtweide der Kührointalm auf ein Fehlen geeigneter Stellen zum Keimen und Etablieren hinweist.

Nach CRAWLEY (1990) wird die Reproduktion einer Pflanzenpopulation durch das Fehlen geeigneter Stellen zur Keimung und Etablierung limitiert (microsite limitation) und nicht durch fehlende Samen (seed limitation). Dabei seien Arten des Waldes mehr durch microsite limitation beeinflusst als Arten des Offenlandes. ERIKSSON und EHRLÉN (1992) fanden dagegen, dass in vielen Fällen das Fehlen von Samen der limitierende Faktor ist. In unserer Untersuchung liegt die Vermutung nahe, dass die *Helleborus niger*-Teilpopulationen der Lichtweiden durch fehlende Schutzstellen und die Teilpopulation des Waldes durch ein geringes Samenangebot limitiert sind. Auf der Waldweide der Alm am Futterstadl scheint die Reproduktion der Population dem Optimum zu entsprechen, so dass weder von einer Samen- noch von einer Schutzstellen-Limitierung gesprochen werden kann. Folgende Umweltfaktoren könnten zu einem Fehlen von geeigneten Stellen zur Keimung und Etablierung der Art auf den Lichtweiden führen: Als Mäßigwärmezeiger und subozeanische Art benötigt *Helleborus niger* im Vergleich zum Großteil der auf den Flächen wachsenden Arten ein eher mildes, ausgeglichenes Klima. Keimlinge sind im Allgemeinen besonders empfindlich gegenüber extremen Temperaturen und intensiver Einstrahlung, da bei ihnen die Wandverdickung der Epidermis noch nicht so ausgeprägt ist wie bei adulten Pflanzen (vgl. LARCHER 1994). So können die Faktoren Frost und/oder Hitze, denen die Pflanzen ohne den Schutz der Baumkronen extremer ausgesetzt sind, die Keimlinge beeinträchtigen.

Durch die starke Reduzierung der Weideflächengröße beim Wandel von Wald- zu Lichtweide nehmen der Beweidungsdruck und die lokale Trittbelastung erheblich zu. Als giftige Pflanze hat *Helleborus niger* zwar einen Beweidungsschutz und wird nicht gefressen, nach einer mechanischen Beschädigung kann sich die Christrose jedoch nur sehr langsam in der nächsten Vegetationsperiode aus ihrem Rhizom regenerieren (KLIMEŠ et al. 1997). Vermutlich wirkt sich die deutlich höhere Trittbelastung der Lichtweiden auch negativ auf das Überleben der Keimlinge aus (vgl. STAMMEL 2004).

WERNER und EBEL (1994) weisen daraufhin, dass *Helleborus niger* ein relativ hohes Alter erreichen kann. Nach CRAWLEY (1990) kann durch das hohe Alter der Einzelpflanzen ein ausbleibendes Keimen von Samen oder eine erfolglose Etablierungen von Keimlingen eine Zeit lang abgepuffert werden. Dies ist vermutlich im Wald und auf der Lichtweide Kühroint der Fall, wo hauptsächlich große, d.h. ältere, Pflanzen gefunden wurden. Langfristig kann die Christrose trotz ihrer Langlebigkeit ohne ausreichende Reproduktion auf diesen Flächen jedoch nicht existieren.

6.3 Fazit

Die Untersuchungen haben ergeben, dass *Helleborus niger* auf den Waldweideflächen besser gedeiht als auf Lichtweiden und Waldflächen. Das drückt sich nicht nur in Individuenzahlen, sondern auch in der Populationsstruktur aus. Das Zurückgehen der Christrose auf Lichtweide- und Waldflächen beruht vor allem auf den schlechteren Bedingungen zur Keimung und Etablierung der Pflanzen sowie dem Mangel an Samen. Die Beeinträchtigung bereits etablierter Pflanzen, beispielsweise durch Verbrennungen, ist dagegen vermutlich zweitrangig. Ältere Individuen können auch unter suboptimalen Bedingungen lange überdauern. Als Gründe für die fehlende Verjüngung der Populationen in Lichtweiden und im Wald können mehrere Faktoren in Betracht gezogen werden. Auf den Lichtweiden sind dies Strahlungsüberschuss, extremere Temperaturschwankungen, starker Tritt durch intensivere Beweidung. Im Wald wirkt sich Lichtmangel negativ auf die Reproduktionsfähigkeit der Christrose aus.

Die Überlebenswahrscheinlichkeit von *Helleborus niger* auf der Kührointalm-Lichtweide ist auf Dauer als gering einzuschätzen, denn die Keimlinge sind der extremen Witterung auf der hochmontanen Alm und einer intensivierten Beweidung ausgesetzt.

Die Teilpopulation auf der Lichtweide der Alm am Futterstadl ist im Gegensatz dazu weniger bedroht: hier herrschen klimatisch günstigere Bedingungen. Vermutlich ist auch die Trittbelastung auf der Alm am Futterstadl geringer als auf der Kührintalm, da sich die Beweidungszeit auf sechs Wochen beschränkt und nur Jungtiere, aber keine schweren Milchkühe, dort weiden.

Im Wald der Kührintalm kann *Helleborus niger* langfristig vermutlich nur an lichten Stellen weiter existieren. Fraglich ist, ob eine zunehmende, saure Nadelstreu die kalkliebende Art zusätzlich zum Lichtmangel beeinträchtigt.

Um die Art *Helleborus niger* im Nationalpark Berchtesgaden zu schützen, empfiehlt es sich, die Nutzung der Waldweide an Wuchsorten der Christrose stellenweise fortzuführen oder zumindest den lichten Charakter der Wälder zu erhalten. Generell wäre zu prüfen, ob überlebensfähige Populationen von *Helleborus niger* im Nationalpark auch in lichten Wäldern vorkommen, die nicht von Rindern beweidet sind und aufgrund anderer Bedingungen (z.B. Flachgründigkeit, Steillage, Dominanz der Lärche, Beweidung durch Wild) dauerhaft einen lockeren Aufbau aufweisen.

7 Literatur

- CRAWLEY, M. J. (1990): The population dynamics of plants. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B.* 330: 125-140. – EWALD, J. (2000): Long-term impact of forest pasture on the understory of mountain forests in the Tegernsee Alps (Bavaria). *Z. Ökologie und Naturschutz* 9: 161-171. – ELLENBERG, H. (1996): Die Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart, 1095 S. – ELLENBERG, H., WEBER, H., DÜLL, R., WIRTH, V., WERNER, W. & PAUL IBEN, D. (1991): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. *Scripta Geobotanica*, Bd. 9, Göttingen, 248 S. – ERIKSSON, O. & EHRLÉN, J. (1992): Seed and microsite limitation of recruitment in plant populations. *Oecologia* 91: 360-364. – HOSSEUS, C. C. (1912): *Helleborus niger* dans les Environs de Berchtesgaden (Bavière). *Bulletin de géographie botanique*, 12 S. – KLIMEŠOVÁ J.R.H. & VAN GROENENDAEL J. (1997): Clonal plant architectures: a comparative analysis of form and function. In: H. de Kroon & J. van Groenendael: The ecology and evolution of clonal plants. Backhuys Publishers, Leiden, Niederlande: 1-29. – KORNECK, D., SCHNITTLER, M. & VOLLMER, I. (1996): Rote Liste der Farn- und Blütenpflanzen (Pteridophyta et Spermatophyta) Deutschlands. *Schriftenreihe für Vegetationskunde* 28, 21-187. – LANDOLT, E. (1977): Ökologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora. Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes der ETH, Stiftung Rübel, Zürich, Band 64, 1-208. – LARCHER, W. (2001): Ökophysiologie der Pflanzen. 5. Auflage, Ulmer Verlag, Stuttgart, 408 S. – LINDACHER, R. (1995): PHANART Datenbank der Gefäßpflanzen Mitteleuropas - Erklärung der Kennzahlen, Aufbau und Inhalt. Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes der ETH, Stiftung Rübel, Zürich, Band 125, 1-436. – LONDO, G. (1975): Dezimalskala für vegetationskundliche Aufnahmen von Dauerquadraten. In: Schmidt, W. (Hrsg.), Sukzessionsforschung. Vaduz: 613-617. – NATIONALPARK BERCHTESGADEN (Hrsg.) (1981): Landschaftsanalyse Alpenpark Berchtesgaden. Nationalparkverwaltung Berchtesgaden, im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen. – NATIONALPARK BERCHTESGADEN (Hrsg.) (2002): Die Vegetation im Nationalpark Berchtesgaden: Die montane Stufe ist durch einen Bergmischwald gekennzeichnet. (07.03.02) In: URL: <http://www.nationalpark.berchtesgaden.de/html/pflanzenvegetation.html#montaneStufe> (09.09.2003). – NATURHISTORISCHES MUSEUM MAINZ (HRSG.) (1988): Christrose, *Helleborus niger*. Monatsblätter. – OBERDORFER, E. (2001): Pflanzensoziologische Exkursionsflora. 8. Auflage, Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart, 1050 S. – OOSTERMEIJER, J., VAN EIJCK, M. & DEN NIJS, J. (1994): Offspring fitness in relation to population size and genetic variation in the rare perennial plant species *Gentiana pneumonanthe* (Gentianaceae). *Oecologia* 97: 289-296. – PILLAR, V. D. (2004): Accuracy and power of randomization tests in multivariate analysis of variance. Unpublished manuscript – SCHEUERER, M. & AHLMER, W. (2003): Rote Liste gefährdeter Gefäßpflanzen Bayerns mit regionalisierter Florenliste. *Schriftenreihe Bayerisches Landesamt für Umweltschutz* 165, 372 S. – SCHÖNFELDER, P. & BRESINSKY, A. (1990): Verbreitungsatlas der Farn- und Blütenpflanzen Bayerns. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart, 752 S. – STAMMEL, B. (2004): Impact of grazing on vegetation and on selected plant species of calcareous fens. Dissertation TU München. – WERNER, K. & EBEL, F. (1994): Zur Lebensgeschichte der Gattung *Helleborus niger* L. (Ranunculaceae). *Flora* 189, 97-130.

Daniela RÖDER, Julia KAYSER, Julia MAILHAMMER und Kathrin KIEHL
 Lehrstuhl für Vegetationsökologie
 Am Hochanger 6
 85350 Freising
 roederd@wzw.tum.de
 jule.kayser@web.de
 julia.mailhammer@gmx.de
 kiehl@wzw.tum.de

