

# Extensive Bekämpfung des Adlerfarns fördert die floristische Vielfalt

Stefan Widmer<sup>1</sup>, Eva S. Frei<sup>2</sup>, Manuel Babbi<sup>1</sup>, Bertil O. Krüsi<sup>1</sup>

*Low-Intensive control of bracken promotes floristic diversity.* In Switzerland, the native bracken (*Pteridium aquilinum*) is threatening local species diversity. In the present study, we investigated the impact of low-intensity bracken control treatments on the floristic diversity of a protected Mesobromion-Type grassland near Chur (Grisons, Switzerland). In 2008, we started a long-term bracken control experiment where bracken was removed once a year by uprooting and mowing, respectively. In 2015, i.e. 8 years after the start of the experiment, bracken was significantly less vital on the treatment plots as compared to the adjacent control plots. Uprooting in early June proved to damage bracken significantly more effectively than mowing. On the treatment plots, the number of vascular plant species per m<sup>2</sup> was significantly greater than on the control plots, and also plant species composition differed significantly between treated and untreated plots. In conclusion, even low-intensity treatments such as uprooting or mowing once a year in early June does both effectively harm bracken and foster species richness in the herb layer. Uprooting is particularly recommended if other vascular plant species should be preserved.

Der einheimische Adlerfarn (*Pteridium aquilinum* [L.] Kuhn) hat sich in der Schweiz seit ca. 1980 stark ausgebreitet. Die sich nur langsam abbauende Streu des Adlerfarns und die Abgabe von chemischen Stoffen verhindern Keimung und Aufkommen anderer Pflanzen in seinem direkten Umfeld (DOLLING et al. 1994). Zudem kann sich der Adlerfarn über unterirdische Rhizome rasch ausbreiten (HOLLOWAY 1994). Aus diesen Gründen wird der Adlerfarn zu den zumindest potentiell invasiven Problempflanzen gezählt. Der Adlerfarn hat sich vor allem entlang von Waldrändern und in nicht mehr genutztem Grünland ausgebreitet, wo er zum Teil die ursprüngliche Vegetation verdrängt und die Artenvielfalt reduziert.

Im Untersuchungsgebiet am Calanda-Massiv in den Schweizer Voralpen Graubündens sind dichte Adlerfarnbestände insbesondere aus zwei Gründen unerwünscht (Abb. 1). Erstens bedroht der Adlerfarn die floristische und faunistische Vielfalt an einem gesetzlich geschützten Trockenstandort von nationaler Bedeutung (TWW). Zweitens stellen überständige, trockene Adlerfarnwedel in einem Gebiet mit Föhnklima ein erhöhtes Brandrisiko dar. Die 2008 begonnenen Bekämpfungsmassnahmen hatten das Ziel, eine für die Naturschutzpraxis kostengünstige und effektive Methode zur Bekämpfung des Adlerfarns zu finden, welche die schutzwürdige Vegetation möglichst wenig beeinträchtigt. Untersucht wurden die Methoden Ausreissen und Mähen jeweils Anfang Juni. Beim Ausreissen wird mitsamt des Farnwedels der oberste Teil des Rhizoms des Adlerfarns entfernt oder zumindest beschädigt, während beim Mähen die Wedel bodennah abgeschnitten werden. Ziel der vorliegenden

## Keywords

bracken control, floristic diversity, invasive plant species, nature conservation, semi-dry grasslands

## Adresse der Autoren

<sup>1</sup> Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW  
Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen IUNR  
Grüntalstrasse 14, Postfach  
8820 Wädenswil / Schweiz

<sup>2</sup> UNESCO Biosphäre Entlebuch  
Biosphärenzentrum  
Chlosterbüel 28  
6170 Schüpfheim / Schweiz

## Kontakt

manuel.babbi@zhaw.ch

Angenommen 23. Februar 2018

## DOI

<https://doi.org/10.12685/bauhinia.1618>



**Abb. 1:** Dichte Adlerfarnflur am Zielhang Calanda bei Chur (GR, Schweiz) ausserhalb der untersuchten Standorte. Foto R. Tenz

Studie war, abzuklären, ob sich die extensive (d. h. nur einmal jährliche und chemikalienfreie) Bekämpfung des Adlerfarns während acht Jahren auf die floristische Vielfalt der Krautschicht positiv ausgewirkt hat.

## Methoden

### Untersuchungsgebiet und Sampling Design

Das auf ca. 700 bis 800 m ü. M. gelegene und seit Jahrzehnten extensiv mit Schafen beweidete Untersuchungsgebiet im Churer Rheintal ist südexponiert und weist einen flachgründigen und kalkhaltigen Boden auf. Im Untersuchungsgebiet wurden 2008 zwei Untersuchungsflächen mit insgesamt vier Transekten angelegt. Im steil gelegenen Gebiet im Westen des Zielhangs, welches 2008 einen lockeren Adlerfarnbewuchs von ca. 5 Wedel pro m<sup>2</sup> aufwies, wurde ein Transekt mit der Bekämpfungsmethode Ausreissen und Abführen (A) sowie ein Kontroll-Transekt ohne Bekämpfung (AK) angelegt. Im relativ flachen Gebiet im Osten des Zielhangs, welches 2008 einen dichten Adlerfarnbewuchs von ca. 15 bis 20 Wedel pro m<sup>2</sup> aufwies, wurde ein Transekt mit der Bekämpfungsmethode Mähen und Liegenlassen (M) sowie ein Kontrolltransekt ohne Bekämpfung (MK) angelegt (KRÜSI & TENZ 2009). Die Bekämpfung erfolgte jeweils in der ersten Juni-Woche. Auf jedem der vier 50 m langen Transekte wurden im Abstand von 5 m je zehn 1 m × 1 m grosse Aufnahmequadrate angelegt (Abb. 2).

Beachtet werden muss, dass sich – aufgrund der unterschiedlich dichten Adlerfarnbestände – die Wirkung der beiden Behandlungen Ausreissen und Mähen nicht direkt miteinander vergleichen lassen. Auch ist die Zahl der räumlichen Wiederholungen relativ klein. Durch weitere Aspekte, wie die unterschiedlichen Standortbedingungen und Beweidungsintensitäten, wird die Aussagekraft dieses Langzeitversuchs möglicherweise ebenfalls etwas geschwächt, jedoch nicht widerlegt.



### Feldaufnahmen

In jedem der 40 Aufnahmequadrate wurden zwischen 2008 und 2015 jedes Jahr im Mai die folgenden Adlerfarn-Fitness-Parameter erfasst: Deckungsgrad (%), Mittlere Wuchshöhe (cm), Anzahl Wedel und Länge jedes Wedels (cm). Zusätzlich wurde für jeden Wedel aufgrund der Wedellänge  $x$  in cm das Trockengewicht  $y$  in g mit folgender Formel gemäss FREI & KRÜSI (2015) berechnet:  $y = bx^2 + ax$ , mit  $a = -0.0362$  und  $b = 0.00279$ . Aus den Trockengewichten aller vorhandenen Wedel wurde dann die oberirdische Adlerfarn-Biomasse pro  $m^2$  berechnet. Im Juli 2015 erfolgte ausserdem in jedem der 40 Aufnahmequadrate zusätzlich eine Vegetationsaufnahme nach Braun-Blanquet.

### Statistische Analysen

Der Einfluss der Adlerfarn-Bekämpfung auf den Adlerfarn (Fitness-Parameter), auf die Artenzahl (Gefässpflanzen ohne Adlerfarn) pro  $m^2$  und im Speziellen auf die Anzahl Mesobromion (MB)- und Xerobromion (XB)-Arten gemäss EGGENBERG et al. (2001) pro  $m^2$  wurde wegen der kleinen Gruppengrösse ( $n = 10$ ) mit einem einseitigen, gepaarten Wilcoxon-Test mit R 3.2.2 (R DEVELOPMENT CORE TEAM 2015) untersucht. Wegen der unterschiedlichen Standortbedingungen zwischen den beiden Untersuchungsgebieten erfolgte ein Vergleich nur zwischen A und AK (Ausreissen) sowie zwischen M und MK (Mähen). Mit dem Spearman-Rangkorrelations-Koeffizienten wurde der Zusammenhang zwischen der Anzahl Arten und der Adlerfarndeckung untersucht.

Eine Hauptkomponentenanalyse (Principal Component Analysis, PCA) mit dem gesamten Datensatz zeigt die Auswirkungen von Mähen und Ausreissen auf die floristische Zusammensetzung der Krautschicht (ohne Adlerfarn). Für die Teildatensätze «Ausreissen (A & AK)» resp. «Mähen (M & MK)» wurde eine eingeschränkte Ordination (Redundanzanalyse,

**Abb. 2:** Zielhang Calanda bei Chur (GR, Schweiz) mit den beiden Untersuchungsgebieten der Adlerfarnbekämpfungsversuche. Lage der Transekte: A = Ausreissen, AK = Ausreissen Kontrolle, M = Mähen und MK = Mähen Kontrolle.

RDA) verwendet. In der RDA wurde der Adlerfarn als passive Variable behandelt, die Behandlungsmethode (A & AK bzw. M & MK) jeweils als erklärende Variable. Ergänzende Variablen wie Anzahl Gefässpflanzenarten, Adlerfarn-Fitness-Parameter sowie einige gewichtete mittlere Zeigerwerte nach LANDOLT et al. (2010) wurden als Interpretationshilfe in die Ordinationsdiagramme eingeblendet. Die Signifikanz der Effekte Ausreissen (A) resp. Mähen (M) wurde auf allen Achsen mit Pseudo-F-Tests und 5000 Permutationen getestet. Es wurden lineare Ordinationsmethoden gewählt, weil der Gradient der Artenzusammensetzung  $<2.5$  Standardabweichungen lang war. Die Braun-Blanquet-Dekungsgrade wurden gemäss ŠMILAUER & LEPŠ (2014) umgewandelt ( $r = 1, + = 2, \dots, 5 = 7$ ). Sämtliche multivariaten Analysen erfolgten mit der Software CANOCO 5.04 (TER BRAAK & ŠMILAUER 2014).

## Resultate

### Mähen bzw. Ausreissen schwächt Adlerfarn deutlich

Auf den Flächen mit einer Adlerfarnbekämpfung waren – mit Ausnahme der Anzahl Wedel beim Mähen – alle untersuchten Adlerfarn-Fitness-Parameter im Juli 2015 signifikant kleiner als in den zugehörigen Kontrollflächen (Tab. 1).

### Extensive Bekämpfung des Adlerfarns fördert die floristische Vielfalt

Einmal jährliche Bekämpfung des Adlerfarns durch Mähen (und Liegenlassen des Mähguts) mit anschliessender extensiver Schafbeweidung von 2008 bis 2015 hat sich sowohl auf die Anzahl Gefässpflanzenarten (ohne Adlerfarn) pro  $1\text{ m}^2$  (Median: 20.5 vs. 15.5;  $p=0.012$ ) als auch auf die Anzahl Mesobromion-(MB)- und Xerobromion-(XB)-Arten (Median: 11.5 vs. 8.5;  $p=0.037$ ) positiv ausgewirkt. Die Anzahl der Gefässpflanzenarten ( $r = -0.611$ ;  $p=0.004$ ) sowie der MB- und XB-Arten pro  $\text{m}^2$  ( $r = -0.883$ ;  $p<0.0001$ ) korrelierte zudem signifikant negativ mit dem Deckungsgrad des Adlerfarns. Keinen signifikanten

**Tabelle 1:** Mediane der Adlerfarn-Fitness-Parameter im Juli 2015 auf den durch Ausreissen (A) und Mähen (M) behandelten sowie unbehandelten (AK und MK) Versuchsflächen (TS=Trockensubstanz). Mit Ausnahme der Anzahl Wedel pro  $1\text{ m}^2$  zwischen M und MK waren alle Unterschiede signifikant ( $p < 0.05$ ).

Adlerfarn-Fitness-Parameter	Ausreissen			Mähen		
	Bekämpfung (A)	Kontrolle (AK)	p-Wert	Bekämpfung (M)	Kontrolle (MK)	p-Wert
Deckungsgrad Adlerfarn (%)	0.2	10.0	0.005	9.0	22.5	0.025
Adlerfarn-Biomasse (g TS pro $\text{m}^2$ )	0.2	27.8	0.005	17.8	69.2	0.007
Mittlere Wuchshöhe (cm)	8.0	45.0	0.005	30.3	45.0	0.016
Mittlere Wedellänge (cm)	10.0	27.8	0.006	36.1	50.2	0.005
Anzahl Wedel pro $\text{m}^2$	0.5	5.0	0.004	7.5	12.5	0.091



Einfluss hatte die Bekämpfung des Adlerfarns durch Mähen hingegen auf die Gesamtartenzahl pro Transekt, d. h. auf 10 mal 1 m<sup>2</sup> (alle Gefässpflanzen M 48 vs. MK 50; MB- und XB-Arten: M 20 vs. MK 21).

Einmal jährliche Bekämpfung des Adlerfarns durch Ausreissen und Abführen von 2008 bis 2015 hatte keinen signifikanten Einfluss auf die Anzahl Gefässpflanzenarten pro m<sup>2</sup> (Median: A 18.5 vs. AK 16;  $p = 0.241$ ) und auf die Anzahl MB- und XB-Arten (Median: A 7.5 vs. AK 8.5;  $p = 0.836$ ) (Abb. 3). Auf die Gesamtartenzahl pro Transekt, d. h. auf 10 mal 1 m<sup>2</sup>, scheint sich die Bekämpfung des Adlerfarns durch Ausreissen leicht positiv ausgewirkt zu haben (A 50 vs. AK 44), während der Effekt auf die MB- und XB-Arten leicht negativ war (A 17 vs. AK 19). Die Artenzahlen pro 1 m<sup>2</sup> der Gefässpflanzen ( $r = -0.022$ ;  $p = 0.925$ ) und die Anzahl MB- und XB-Arten ( $r = 0.124$ ;  $p = 0.602$ ) korrelierten nicht mit dem Deckungsgrad des Adlerfarns.

### Bekämpfung beeinflusst die floristische Zusammensetzung der Krautschicht

Im Juli 2015, d. h. acht Jahre nach Versuchsbeginn, war die floristische Zusammensetzung der Krautschicht (ohne Adlerfarn) auf den behandelten Flächen A bzw. M signifikant anders als jene der zugehörigen unbehandelten Kontrollflächen AK bzw. MK (A: pseudo- $F = 3.0$ ;  $p < 0.001$ ; M: pseudo- $F = 2.8$ ,  $p < 0.001$ ) (Abb. 4). Wie zu erwarten, war die mittlere gewichtete Lichtzahl nach LANDOLT et al. (2010) in den Flächen mit einer Behandlung jeweils tendenziell etwas grösser als in den Kontrollflächen (Abb. 5–6).

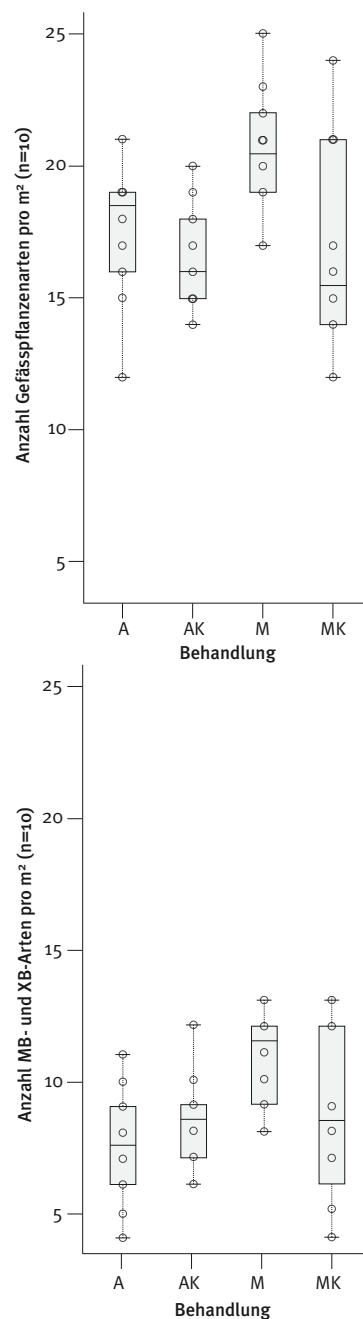
## Diskussion

### Mähen bzw. Ausreissen schwächt Adlerfarn deutlich

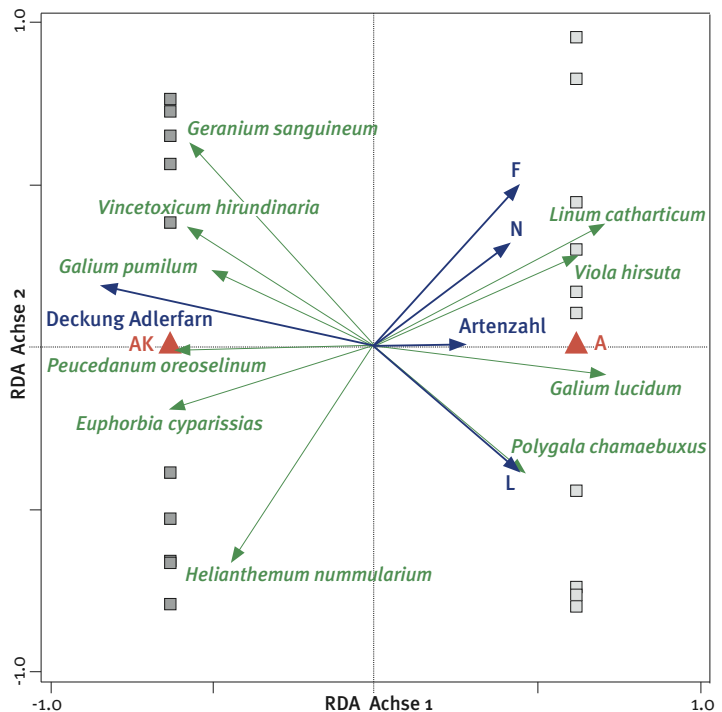
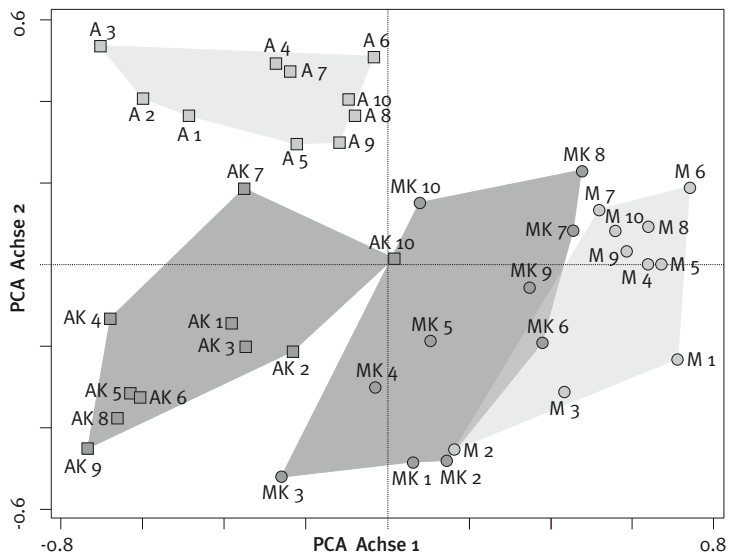
Die im Juli 2015 auf den behandelten Flächen festgestellte deutliche Schwächung des Adlerfarns bestätigt die Resultate aus früheren Jahren (KRÜSI & TENZ 2009). Auf der gemähten, flacheren und standörtlich frischeren Fläche war die Schwächung des Adlerfarns aber markant kleiner als auf der steileren und trockeneren Ausreiss-Fläche. Zum Teil dürfte dieser Unterschied aber auch darauf zurückzuführen sein, dass beim Ausreissen 13–25% mehr Adlerfarn-Biomasse entfernt wird als beim Mähen, da beim Ausreissen immer auch ein Teil des Rhizoms mitentfernt wird.

### Extensive Bekämpfung des Adlerfarns fördert die floristische Vielfalt

Auf den Flächen, auf denen der Adlerfarn während acht Jahren bekämpft wurde, war die kleinräumige (1 m<sup>2</sup>) floristische Vielfalt in der Krautschicht grösser als auf den zugehörigen unbehandelten Kontrollflächen. Dass der Einfluss auf die Anzahl Gefässpflanzenarten resp. die Anzahl Arten des Mesobromion und Xerobromion pro m<sup>2</sup> nur bei der Methode Mähen

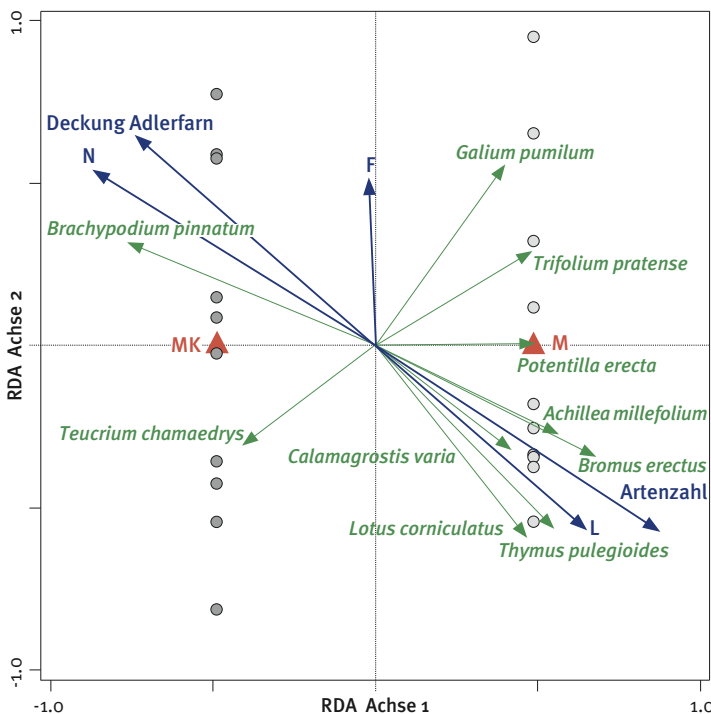


**Abb. 3:** Einfluss von Ausreissen (A) und Mähen (M) des Adlerfarns während acht Jahren (2008–2015) auf die Anzahl Gefässpflanzenarten (ohne Adlerfarn) (oben) sowie auf die Anzahl Gefässpflanzenarten des Mesobromion (MB) und Xerobromion (XB) (unten) gemäss EGGENBERG et al. (2001) pro m<sup>2</sup>. AK = Ausreissen Kontrolle und MK = Mähen Kontrolle (n = 10).



signifikant war, könnte darauf hindeuten, dass sich erst eine Adlerfarndeckung von 20% oder mehr negativ auf die floristische Vielfalt auswirkt. In Bezug auf die Gesamtartenzahl in allen zehn pro Transekt untersuchten 1 m<sup>2</sup> Flächen hatte hingegen nur Ausreissen einen positiven Effekt.

Die leicht grössere mittlere Artenzahl pro m<sup>2</sup> bei der Bekämpfung durch Mähen im Vergleich zur Bekämpfung durch Ausreissen (Median: M = 20.5 vs. A = 18.5) passt zur Erfahrung, dass die kleinräumige Artenvielfalt auf gemähten (und anschliessend extensiv beweideten) Flächen grösser ist als auf ausschliesslich beweideten oder nicht bewirtschafteten. Überraschend war jedoch, dass die Gesamtartenzahl pro 10 m<sup>2</sup> auf der relativ mageren und trockenen Fläche, wo der Adlerfarn während acht Jahren ausgerissen worden war und 2015 nur noch eine mittlere Deckung von 1% aufwies, nicht markant grösser war als auf der relativ nährstoffreichen und frischen Fläche, wo der Adlerfarn trotz Mähens noch 10% deckte (A 50 vs. M 50). Möglicherweise ist es für die Anzahl Gefässpflanzenarten in der Krautschicht nicht relevant, ob der Adlerfarn 10% oder 1% deckt oder der erwartete Unterschied zeigt sich erst, wenn deutlich grössere Flächen betrachtet werden oder wenn die Vegetation mehr Zeit hat, auf die neue Situation zu reagieren.



**Abb. 6:** Eingeschränkte Ordination (RDA) der je 10 Vegetationsaufnahmen vom Juli 2015. M = Mähen und MK = Mähen Kontrolle. Die erste Achse erklärt 13.48%, die zweite Achse 18.06% der Varianz der Daten. Die Dreiecke entsprechen den Zentroiden der beiden Aufnahmegruppen. Eingezeichnet sind die zehn Gefässpflanzenarten, welche am meisten der auf Achse 1 abgebildeten Varianz erklären. Die hellgrauen Punkte entsprechen den Aufnahmen auf den behandelten Flächen, die dunkelgrauen jenen auf den unbehandelten Kontrollflächen. Zusätzlich dargestellt sind die Zeigerwerte F = Feuchtezahl, N = Nährstoffzahl und L = Lichtzahl.

### Bekämpfung beeinflusst die floristische Zusammensetzung der Krautschicht

Beide Bekämpfungsmethoden hatten einen signifikanten Effekt auf die Artenzusammensetzung der Gefässpflanzen. Wie erwartet, wurden sowohl durch Mähen als auch durch Ausreissen des Adlerfarns lichtliebende, niedrigwüchsige Pflanzenarten wie Glänzendes Labkraut (*Galium lucidum* ALL.), Gewöhnlicher Hornklee (*Lotus corniculatus* L.) und Arznei-Feld-Thymian (*Thymus pulegioides* L.) gefördert. Von der Bekämpfung des Adlerfarns – insbesondere vom Mähen (M) – profitierte die Aufrechte Trespe (*Bromus erectus* HUDS.), eine Charakterart der Halbtrockenrasen. Charakteristisch für die unbehandelte Kontrollfläche Mähen (MK) war hingegen die aus Naturschutzsicht unerwünschte Fiederzwenke (*Brachypodium pinnatum* aggr.), ein typischer Brachezeiger mit geringer Mahdverträglichkeit (MV=2 gemäss LANDOLT et al. 2010). Der Adlerfarn ist für das Vieh giftig und wird gemieden. Die Schafe bevorzugten dementsprechend die Beweidung der behandelten Flächen, was wiederum Weideunkräutern wie Stängellose Kratzdistel (*Cirsium acaule* SCOP.) zu Gute kam. Naturschützerisch wertvolle Arten, wie die relativ hochwüchsigen Saumarten Blutroter Storchschnabel (*Geranium sanguineum* L.), Berg-Haarstrang (*Peucedanum oreoselinum* (L.) MOENCH) oder Schwalbenwurz (*Vincetoxicum hirundinaria* MEDIK.) scheinen im Gegenzug dazu unter den vergleichsweise sanften Bekämpfungsmassnahmen und/oder der anschliessend wieder stärkeren Beweidung gelitten zu haben. Die in der Ausreiss-Fläche (A) beobachteten leicht grösseren mittleren gewichteten Nährstoff- und Feuchtezahlen nach LANDOLT et al. (2010) könnten eventuell darauf zurückzuführen sein, dass an diesem relativ trockenen Standort nach der Schwächung des Adlerfarns für die anderen Pflanzenarten mehr Wasser und damit auch mehr Nährstoffe zur Verfügung standen.

### Fazit

Die Resultate stützen die Vermutung, dass der Adlerfarn die Artenvielfalt der Gefässpflanzen in der Krautschicht reduziert und – in Kombination mit der Präsenz des Adlerfarns verbundenen extensiveren Landnutzung – die Artenzusammensetzung verändert. Die Studie hat ausserdem gezeigt, dass auch eine extensive Bekämpfung des Adlerfarns (ein Eingriff pro Jahr) während acht Jahren den Adlerfarn deutlich schwächt und – zusammen mit der vermutlich nachfolgenden intensiveren Beweidung – die kleinräumige floristische Vielfalt der Krautschicht fördert. Für die gemäss der Trockenwiesenverordnung (TwwV, SR 451.37) erforderliche ungeschmälerte Erhaltung des Objekts und Erhaltung und Förderung der spezifischen Pflanzenwelt am Zielhang Calanda, ist die Bekämpfung des Adlerfarns sicher entscheidend. Es ist allerdings darauf zu achten, dass eine auf die Bekämpfung folgende intensivere Weidenutzung die aus der Sicht des Naturschutzes positiven Effekte der Adlerfarnbekämpfung nicht schmälert oder zunichtemacht. Relevant sind unsere



Ergebnisse insbesondere für naturschützerisch wertvolle Gebiete, in denen der Adlerfarn aus Rücksicht auf die übrigen Arten nur mechanisch und nur extensiv, d.h. mit nur einem Eingriff pro Jahr und ohne Chemikalien, bekämpft werden kann.

## Dank

Wir danken Dr. David Külling vom Eidgenössischen Departement für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport, der unsere Studien am Calanda ermöglicht und finanziell unterstützt hat. Dank gebührt auch den Vertretern der Schweizer Armee, insbesondere den Herren Hans Gredig und Helmut Rintsche, für die freundliche und tatkräftige Unterstützung beim Ausreissen der Adlerfarnwedel und dem Landwirt Marco Camastral für die jährliche Mahd. Den Gutachtern Dr. Sibyl Rometsch und Christian Hedinger danken wir für die ausführlichen und hilfreichen Kommentare und Anregungen.

## Literatur

- DOLLING A, ZACKRISSON O & NILSSON MC (1994) Seasonal variation in phytotoxicity of bracken (*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn). *Journal of Chemical Ecology* 20: 3163–3172
- EGGENBERG S, DALANG T, DIPNER M & MAYER C (2001) Kartierung und Bewertung der Trockenwiesen und -weiden von nationaler Bedeutung. Technischer Bericht. Schriftenreihe Umwelt Nr. 325. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL, Bern
- FREI ES & KRÜSI BO (2015) Zielhang Calanda: Bekämpfung des Adlerfarns 2008–2014. Zwischenbericht. Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW, Wädenswil
- HOLLOWAY SM (1994) The control of bracken on the North York Moors National Park with specific reference to the rhizome system. *International Bracken Group Special Publication* 2: 148–154
- KRÜSI BO & TENZ R (2009) Bekämpfung des Adlerfarns (*Pteridium aquilinum*) am Calanda 2008–2011. Zwischenbericht. Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW, Wädenswil
- LANDOLT E, URMI E, VUST M, THEURILLAT JP, HEGG O, KLÖTZLI F, ERHARDT A, RUDMANN-MAURER K, SCHWEINGRUBER F, WOHLGEMUTH T, NOBIS M, BÄUMLER B & LÄMMLER W (2010) Flora indicativa: Ökologische Zeigerwerte und biologische Kennzeichen zur Flora der Schweiz und der Alpen. Haupt, Bern
- R DEVELOPMENT CORE TEAM (2015) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <https://www.r-project.org>
- ŠMILAUER P & LEPŠ J (2014) Multivariate Analysis of Ecological Data using CANOCO 5. Cambridge University Press, Cambridge
- TER BRAAK CJF & ŠMILAUER P (2014) CANOCO reference manual and user's guide: software for canonical community ordination (v. 5.04). Microcomputer Power, Ithaca