

# Moose als Landnutzungsindikatoren in Offenlandbereichen des Bodentals (Kärnten)

Von Jacqueline MÖSSLACHER & Christian BERG

## Zusammenfassung

In dieser Arbeit wurde die Eignung von Moosen als Landnutzungsindikatoren in montanen Offenlandbereichen der Ostalpen überprüft. Das Kärntner Bodental in den Karawanken verfügt über sechs verschiedene Nutzungstypen. Mithilfe eines randomisierten Felddesigns wurden 300 Punkte im Offenland des Bodentals aufgesucht, Standortparameter sowie Gefäßpflanzen und Moose aufgenommen und mittels statistischer Analysen ausgewertet. Die Ergebnisse zeigen, dass Nutzungstypen und Störungen wesentliche Faktoren für die Artzusammensetzung und Bedeckung mit Moosen sind. Moose sind folglich im Bodental durchaus als Indikatoren für Offenland-Nutzung geeignet. Am besten funktioniert die Herausarbeitung von Zeigerarten für Nichtnutzung und Nutzung, auch Forstnutzung (Kahlschlag) und Trittbela stung lässt sich anhand von Moosen nachweisen. Dagegen gelingt eine feinere Unterscheidung beispielsweise zwischen Mähwiese und Weide oder zwischen Schipiste und Wanderwegen rein anhand der Moosdaten nicht. Dies kann aber auch in der Überlagerung dieser Nutzungstypen begründet sein.

## Summary

Are Bryophytes applicable as indicators for land use in open habitats of the Eastern Alps? The Bodental in the Karawanken Mountains in Carinthia/Austria features the conditions for six different kinds of land use. Using a randomized field-design, 300 plots in the open area of the Bodental were investigated; vascular plants, bryophytes and habitat parameters were noticed and statistically analyzed. Land use type and disturbance level are main factors for the occurrence and cover value of bryophytes. Therefor bryophytes in the Bodental area are generally appropriate as land use indicators. Best results provide the difference between used and natural habitats, but also forestry (clear cutting) and trampling damage show a significant response in the bryophyte data. In contrast, a more detailed distinguishes between mowing and pasture or ski slopes and hiking trails are not possible by bryophyte data. But these types of land use are often spatially overlapped, so the differences are less evident.

## 1. Einleitung

Die Alpen unterliegen zunehmenden Nutzungsänderungen, die sich auf die Tier- und Pflanzenwelt auswirken und damit eine Bedeutung für den Naturschutz haben. Einerseits leiden die Gebirgsregionen unter der anthropogenen Belastung z. B. durch den Bau von immer größeren Schigebieten und Forststraßen, andererseits zieht sich die Landwirtschaft mehr und mehr aus der Grünlandnutzung zurück.

Moose eignen sich als ökologische Bioindikatoren, da sie kaum direkt vom Menschen beeinflusst werden und durch ihre teilweise kurzen Lebenszyklen und engen Standortansprüche schnell auf Standort-, Nutzungs- und Klimaänderungen reagieren. So haben sie sich beispielsweise als Indikatoren für Klimawandel (GIGNAC 2001, HOHENWALLNER et al. 2002, FRAHM & KLAUS 1997), Landnutzung (VELLAK & PAAL 1999, ZECHMEISTER et al. 2002), Landschaftszerschneidung (PHAROA & ZARTMAN

## Schlüsselworte

Moose, Bioindikation, Zeigerarten, Schipisten, Trittbela stung, Grünland

## Keywords

Bryophytes, bioindication, indicator species, ski pistes, trampling damage, meadows

2007), für die Bewertung der Wasser- und Luftverschmutzung (FRAHM & ABTS 1993) oder als Schwermetallakkumulatoren (SIEWERS & HERPIN 1998, ZECHMEISTER et al. 2008) bewährt. Ein weiterer Vorteil ist, dass die meisten Moose das ganze Jahr über präsent sind.

Das Bodental weist sechs verschiedene Nutzungstypen auf, allen voran Grünlandnutzung als Weide oder Mähwiese. Nur kleine Flächen nehmen eine Schipiste, eine Langlaufloipe (über Wiesen und Weiden des Talbodens) und Wanderwege ein. Die Wälder werden forstlich genutzt.

Das Ziel dieser Arbeit ist es, anhand der vorkommenden Moosarten die verschiedenen genutzten Offenlandbereiche des Bodentals zu charakterisieren und die Eignung der Moose als Landnutzungssindikatoren im Bodental zu überprüfen.

## **2. Untersuchungsgebiet und Methoden**

### **2.1 Untersuchungsgebiet**

Das Bodental ist ein Hochtal im Karawanken-Hauptkamm, in dem die 2180 m hohe Vertatscha die Grenze zwischen Österreich und Slowenien markiert. Das früher landwirtschaftlich geprägte, 4 km lange Tal ist mittlerweile sowohl im Sommer als auch im Winter ein beliebtes Familien-Freizeitgebiet. Besonderheiten des Tals sind die als „Märchenwiese“ bezeichnete parkähnliche Weidelandschaft auf 1157 m Seehöhe und das Meerauge, ein kreisrundes, türkisfarbenes Quellgewässer.

Dachsteinkalk und Wettersteinkalk umgrenzen das Bodental geologisch, das Tal durchziehen Wurfener Schichten sowie Dachsteinkalk bzw. Schlerndolomit, überlagert vom Hangschutt der Vertatscha (BRENČIČ & POLTNIG 2008).

Die Vegetation des Bodentals besteht aus Forsten, frischen Wiesen und Weiden im Talboden sowie Feuchtwiesen entlang des Bodenbaches. Nach Süden dominieren die größtenteils forstlich genutzten Fichtenwälder, die mit zunehmender Seehöhe in einen Fichten-Buchenwald und einen Lärchen-Fichtenwald übergehen. Im ruhigeren Hangschutt der Vertatscha bilden sich Latschengebüsche und im bewegteren eine Kalkschutt-Flur aus (HARTL et al. 2001).

Ab der sogenannten „Märchenwiese“ beginnt das Naturschutzgebiet Inneres Bodental – Vertatscha. Das Naturschutzgebiet umfasst den Talschluss mit subalpinem Fichtenwald an den angrenzenden Berghängen. Hervorzuheben sind südosteuropäische Florenelemente wie *Anemone trifolia*, *Rhamnus fallax* und *Haquetia epipactis* (BULFON 1993).

Die meisten Offenflächen des Bodentals werden als Grünland, jedoch kaum in intensiver Bewirtschaftung, genutzt. Das Schigebiet des Bodentals ist mit insgesamt 2 km Pistenlänge eher klein. Der erste Schilift wurde im Jänner 1955 eröffnet. 1986 wurde der einzige größere Bewerb, die „Nordischen Winterspiele der Alpenländer“, im Bodental ausgetragen. Jahr für Jahr wird im Talboden über den Feuchtwiesen am Meerauge vorbei bis zur Märchenwiese eine Langlaufloipe gespurt.

### **2.2 Methoden**

Als Untersuchungsmethode wurde ein randomisiertes Felddesign gewählt, bestehend aus 300 Aufnahmepunkten, die das Offenland des

Untersuchungsgebietes ausreichend abdecken sollten. Als Offenland wurden jene Flächen bezeichnet, die nicht bewaldet sind.

Die Koordinaten der Aufnahmepunkte wurden mithilfe von zwei Zufallszahl-Reihen (digitale Hoch- und Rechtswerte innerhalb des Gebietes) festgelegt. 223 Zufallspunkte fielen auf Offenland unter 1500 m. Diese künstliche 1500-m-Grenze war aus praktischen Erwägungen notwendig, da die steilen Abhänge der Vertatscha ungefähr an dieser Höhenlinie beginnen und höher gelegene Punkte somit kaum erreichbar waren. Oberhalb dieser Linie wählten wir im Gelände insgesamt 44 Punkte aus, die gut zugänglich waren. Weitere 33 Aufnahmepunkte wurden nach augenscheinlichen Kriterien (Moosreichtum, Moosarmut, auf der topografischen Karte 1:50.000 nicht als Offenland erkennbare Bereiche) ausgewählt.

An jedem Standort wurden in einem 1 m<sup>2</sup> großen Quadrat die Präsenz/Absenz-Daten der Moose von 10 jeweils gleich verteilten 1-dm<sup>2</sup>-Feldern aufgenommen. Dazu wurde ein 1 m<sup>2</sup> großer Aufnahmerahmen aus Holz mit einem Gitternetz aus Nylonschnüren versehen, welche die Aufnahmefläche in einhundert 1-dm<sup>2</sup>-Flächen unterteilen.

An jedem Standort wurden folgende Daten erhoben:

- Allgemeine Daten: Datum, GPS-Punkt des Standorts, Fortlaufende Nummer von 1 bis 300, Seehöhe, Exposition, Hangneigung
- Flächennutzung und Beweidung, Mahd, Schipiste, Langlaufloipe, Wanderweg, Keine Nutzung, Sonstiges (z. B. Kahlschlag, Forst)
- Nutzungsintensität: 0 ungenutzte Fläche; 1 Brache oder schwache Nutzung; 2 mittlere Nutzung; 3 starke/intensive Nutzung
- Standortdaten: Bodenfeuchte (trocken, frisch, feucht, nass), Vegetationsdeckung (Gesamtdeckung, Deckung Krautschicht, Deckung Moossschicht, durchschnittliche Vegetationshöhe der Krautschicht), Auflagehumusform (Humusfrei, Roh-Humus, Moder, Mull, Anmoor, Torf)
- Floristische Daten: Blütenpflanzen des gesamten Quadratmeters

Unbekannte Moose wurden gesammelt und mithilfe von Mikroskop und Bestimmungsliteratur bestimmt. Zur Bestimmung wurden FRAHM & FREY (2004) und NEBEL & PHILIPPI (2000, 2001, 2005) verwendet. Die Nomenklatur richtet sich nach KÖCKINGER et al. (2011). Zur Bestimmung der Gefäßpflanzen wurde FISCHER et al. (2005), EGGENBERG & MÖHL (2007) sowie DIETL & JORQUERA (2003) herangezogen. Das gesammelte Material wurde im Kärntner Landesherbar (KL) hinterlegt.

Für die statistischen Auswertungen wurden die Aufnahmen mit der Nutzungsform „Sonstige“ und alle Aufnahmen ohne Moose entfernt, was einen Datensatz von 221 Aufnahmeplots ergab. Nach ersten Zwischenergebnissen stellte sich heraus, dass zwischen den Nutzungstypen „Beweidung“ und „Mahd“ und zwischen „Wanderweg“ und „Langlaufloipe“ nur geringe Unterschiede zu finden waren. Daher wurden die Nutzungsformen Beweidung und Mahd zu „Grünland“ und Wanderweg und Loipe zu „Weg“ zusammengefasst. Aus der Nutzungsform „Sonstige“ wurden Flächen mit Forstbewirtschaftung herausgefiltert und als eigene Nutzungsform eingefügt.

Für die Herausarbeitung von Nutzungs-Zeigerarten wurde ein System benutzt, das bei BERGMEIER et al. (1990) beschrieben ist: Eine Art muss in einem Nutzungstyp mehr als doppelt so häufig vorkommen wie in anderen, um als Zeigerart aussagekräftig zu sein. Da der Datensatz sehr heterogen und die Stetigkeiten demnach sehr niedrig waren, wurden alle Arten berücksichtigt, die zumindest in 5 % der jeweiligen Nutzungstypen auftreten.

Die Daten wurden mit Juice 7.0 (TICHY 2002, für Twinspan-Analyse siehe HILL 1979) und Microsoft Excel 2007 verarbeitet, was auch für die univariate Statistik und die Diagramme genutzt wurde. Für die Korrespondenzanalyse wurde das Programm Canoco für Windows 4.5 verwendet.

### 3. Ergebnisse

#### 3.1 Vegetations-Klassifikation der Aufnahmeplätze

Mit Hilfe des Clusteranalyse-Programms Twinspan (Hill 1979) wurde eine grobe Klassifikation der floristischen Daten vorgenommen. Der größte Teil der Aufnahmequadranten (85 %) sind von der Artenzusammensetzung und auch physiognomisch (Vegetationsbedeckung, Dominanzstruktur, Wuchshöhe) als Wirtschaftsgrünland zu bezeichnen. Hohe Stetigkeiten unter den Phanerogamen erreichen Frischwiesenarten wie *Trifolium repens*, *Achillea millefolium* s. l., *Trifolium pratense*, *Taraxacum* sect. Ruderalia oder *Carum carvi*, aber auch Magerkeitszeiger wie *Thymus praecox* oder *Potentilla erecta*. Innerhalb dieser Grünland-Aufnahmen können 3 Grundtypen unterschieden werden. Die meisten Aufnahmen repräsentieren ein höherwüchsiges, frisches Grünland mit Arten wie *Ranunculus acris*, *Plantago lanceolata*, *Vicia cracca*, *Lathyrus pratensis*, *Prunella vulgaris*, *Alchemilla vulgaris* s. l., *Cruciata glabra*, *Lotus corniculatus* und *Agrostis capillaris*. In der Moosschicht erreichen *Brachythecium rutabulum*, *Thuidium assimile*, *Rhytidadelphus squarrosus*, *Climacium dendroides* und *Rhytidadelphus triquetrus* hohe Stetigkeiten, wobei in intensiver genutzten Varianten die Magerkeitszeiger und die meisten Moose mit Ausnahme von *Brachythecium rutabulum* seltener werden. Der zweite Typ ist ein niedrigeres, relativ lückiges Grünland mit Störzeigern wie *Poa annua* und *Plantago major* und Moosen offener Erdstandorte wie *Oxyrrhynchium hians*, *Barbula unguiculata*, *Dicranella varia*, *Dicranella schreberiana*, *Fissidens taxifolius* oder *Weissia* sp. Der dritte Grünlandtyp wird durch stärkeren Grundwassereinfluss charakterisiert, wodurch Phanerogamen wie *Potentilla anserina* oder *Parnassia palustris* und Moose wie *Campylium stellatum*, *Calliergonella cuspidata*, *Bryum pseudotriquetrum* und *Cratoneuron filicinum* höhere Stetigkeiten erreichen.

Abweichend von diesen im weitesten Sinne als Grünland zu charakterisierenden Beständen ähneln 15 % der Flächen eher einem Kalk-Felsrasen oder einer Kalk-Schuttflur. Die Vegetationsbedeckung ist gering, dafür nehmen offenes Felsgestein und Kalkschutt einen großen Teil der Flächen ein. An Phanerogamen treten hier *Dryas octopetala*, *Pinus mugo*, *Adenostylys glabra*, *Rhododendron hirsutum*, *Buphthalmum salicifolium* oder *Campanula scheuchzeri* auf, während Grünlandpflanzen meist komplett fehlen. Die Moosschicht wird von Kalkfelsarten

wie *Tortella tortuosa*, *Ctenidium molluscum*, *Schistidium apocarpum* agg., *Fissidens dubius*, *Ditrichum flexicaule*, *Jungermannia atrovirens* oder *Scapania aequiloba* gebildet.

### 3.2 Aufnahmen ohne Moose

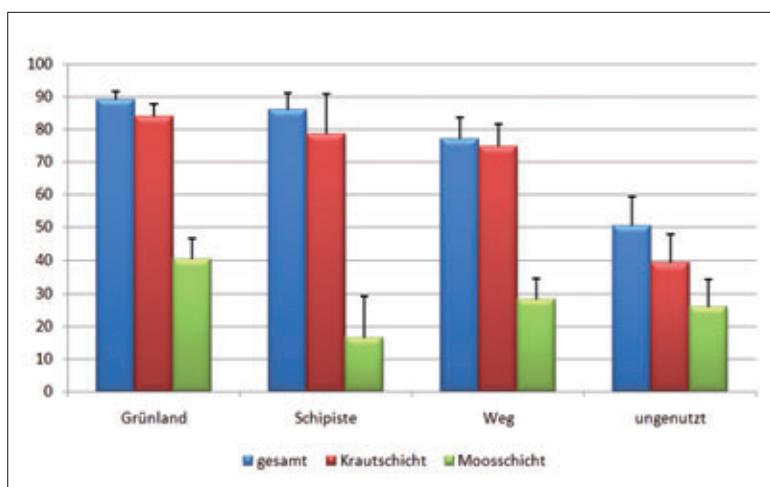
Insgesamt wurden in den 300 Aufnahmeflächen 136 Moosarten festgestellt, 41 Aufnahmeflächen enthielten keine Moose (14 %). Flächen ohne Moose finden sich überwiegend in deutlich größerer Seehöhe, 70 % davon sind ungenutzt. Im Gegensatz zu Standorten mit Moosen ist die Vegetationsbedeckung niedriger. Der Boden ist überwiegend trocken und eine Humusauflage fehlt meistens.

### 3.3 Auswertung nach Nutzungstyp

Es gibt keinen signifikanten Zusammenhang zwischen den erfassten Nutzungstypen und den im Kap. 3.1 unterschiedenen Vegetationstypen. Es musste deshalb nach allgemeinen Zusammenhängen zwischen der jeweiligen Nutzungsart, den Standortbedingungen und der Struktur und Zusammensetzung der Vegetation gesucht werden.

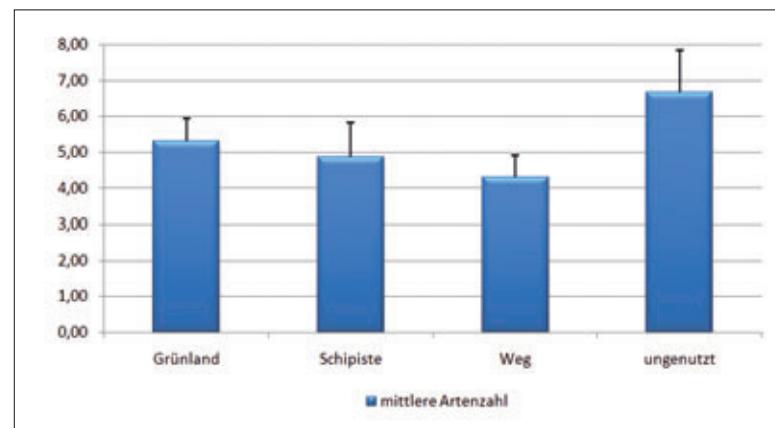
Wiesen und Weiden liegen bis auf einige Almweiden hauptsächlich im Talboden. Die Vegetationsbedeckung ist bei den Gefäßpflanzen auf Wiesen höher als auf Weiden, bei den Moosen ist es umgekehrt. Signifikante Unterschiede in der Artzusammensetzung sind nicht auszumachen, deshalb wurden beide Nutzungstypen zu „Grünland“ zusammengefasst. Die Vegetationsbedeckung sowohl mit Phanerogamen als auch mit Moosen (Abb. 1) und die durchschnittliche Artenzahl der Moose (Abb. 2) liegen über denen anderer Nutzungsformen. Die Böden sind frisch, die Haupthumusform ist Moder oder Mull.

Das Schigebiet besteht aus nur einer Piste mit 160 m Höhendifferenz, die im Sommer beweidet bzw. im unteren Teil gemäht wird. Die Deckung der Moosschicht ist mit nur 16 % im Durchschnitt am geringsten unter allen Nutzungsformen (Abb. 1), dafür sind die Wuchshöhen der Gefäßpflanzen mit über 100 cm am höchsten.



**Abb. 1:**  
Durchschnittliche Vegetationsdeckungen der einzelnen Nutzungstypen Grünland (n = 95), Schipiste (n = 15), Weg (n = 62) und ungenutzt (n = 39), angegeben in %, alpha = 0,05.

**Abb. 2:**  
**Durchschnittliche Artenzahlen auf 10 dm<sup>2</sup> Fläche der unterschiedlichen Nutzungstypen Grünland (n = 95), Schipiste (n = 15), Weg (n = 62) und ungenutzt (n = 39). Aufnahmeplots ohne Moose wurden nicht berücksichtigt, was insbesondere die Säule „ungenutzt“ beeinflusst, alpha = 0,05.**



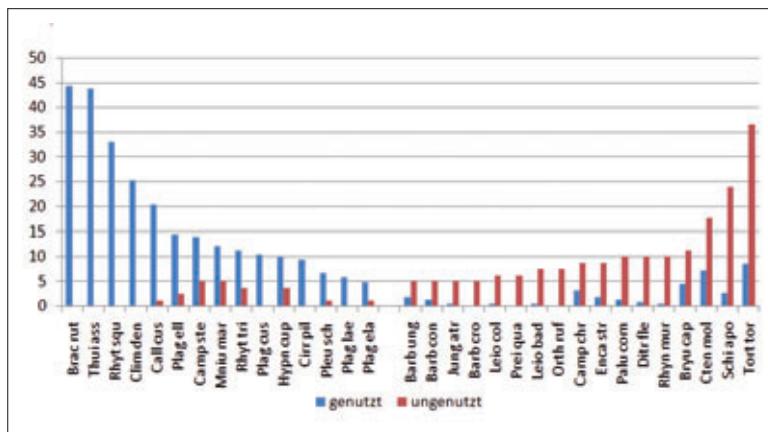
Der Nutzungstyp „Weg“, zu dem Wanderwege, Straßen, Forststraßen und die Langlaufloipe zusammengefasst wurden, hat etwas geringere Bedeckungsgrade (Abb. 1) und Moos-Artenzahlen (Abb. 2) als das Grünland. Gegenüber der Schipiste ist die durchschnittliche Vegetationsbedeckung geringer, die durchschnittliche Bedeckung der Moosschicht aber etwas höher. Die fast durchgehend im Talboden verlaufende Langlaufloipe erreicht ihren höchsten Punkt bei der Märchenwiese. Die Flächen werden im Sommer überwiegend als Grünland genutzt, was einen größeren Einfluss auf die Artzusammensetzung zu haben scheint als die Winternutzung als Langlaufloipe, denn viele dieser Flächen ordnet Twinspan dem Grünland zu, und zwar jedem der im Kap. 3.1 beschriebenen Vegetations-Typen.

Ungenutzte Standorte liegen wie Aufnahmen ohne Moose in größerer Seehöhe in meist nördlicher Ausrichtung, der Wasserhaushalt ist trockener bei geringmächtig bis fehlender Humusauflage. Die Werte für die durchschnittliche Vegetationsbedeckung sind kleiner als bei den meisten Nutzungstypen, lediglich die Schipiste hat geringere Bedeckungsgrade der Moosschicht. Dafür sind die Artenzahlen der Moose hier am höchsten, was ja bei der überwiegenden Nutzungsfeindlichkeit der Moose im Bereich des Erwarteten lag. Allerdings sind die Aufnahmeplots ohne Moose hier nicht berücksichtigt worden.

Die 10 Aufnahmeflächen, die zu Vergleichszwecken in Forsten liegen, haben eine im Vergleich zu den Offenland-Nutzungsformen recht hohe durchschnittliche Neigung von 10° und die Bodenfeuchte ist frisch. Die Deckung der Moose liegt hier mit durchschnittlich 50 % besonders hoch, auch die durchschnittliche Artenzahl von 6.0 Arten liegt höher als die aller untersuchten Nutzungstypen. Die Zeigerwerte sind hier erstmals deutlich unterschiedlich zu den bisherigen Nutzungsformen. Die Lichtzahl und Stickstoffzahl liegt deutlich niedriger als bei den anderen Nutzungsarten.

### 3.4 Zusammenhänge zwischen Moos-Arten und Nutzungstypen

Für die folgende Auswertung wurden nur solche Arten herangezogen, die mehr als doppelt so oft in einem bestimmten Nutzungstyp als in



anderen gefunden wurden und die in mindestens 5 % der Plots des jeweiligen Nutzungstyps vorkommen.

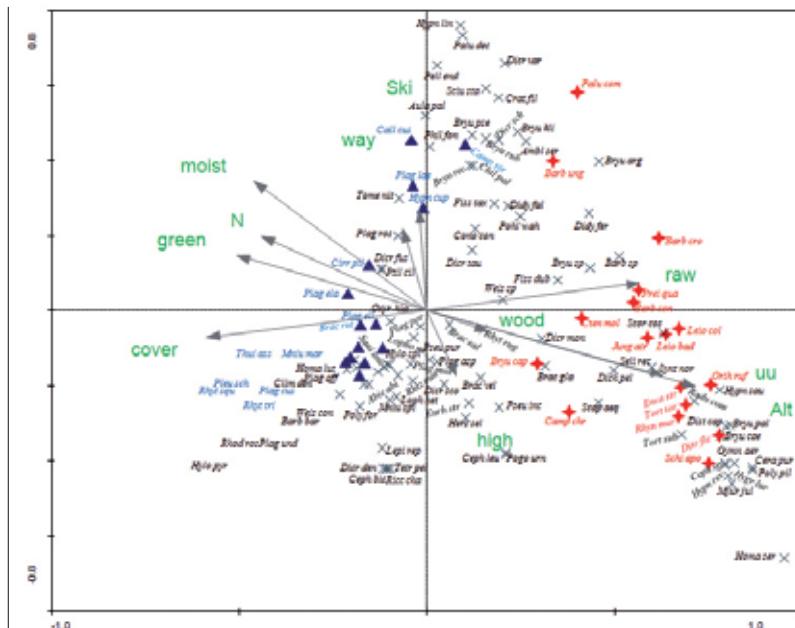
Wenn man nach diesen Kriterien die Moose nach ihrem Vorkommen auf genutzten (alle Nutzungstypen zusammengefasst) und nicht genutzten Flächen aufteilt, ergibt sich das Bild von Abbildung 3. Nutzungsszeiger wären auf der linken Seite demnach *Brachythecium rutabulum*, *Thuidium assimile*, *Rhytidadelphus squarrosus*, *Climacium dendroides*, *Calliergonella cuspidata*, *Plagiomnium ellipticum*, *Campylium stellatum*, *Mnium marginatum*, *Rhytidadelphus triquetrus*, *Plagiomnium cuspidatum*, *Hypnum cupressiforme*, *Cirriphyllum piliferum*, *Pleurozium schreberi*, *Plagiothecium laetum* und *Plagiomnium elatum*. Weiter aufgeteilt besiedeln *Brachythecium rutabulum*, *Thuidium assimile*, *Rhytidadelphus squarrosus*, *Climacium dendroides* und *Calliergonella cuspidata* hauptsächlich Flächen des Nutzungstyps „Grünland“, wogegen *Bryum argenteum*, *Cratoneuron filicinum*, *Dicranella varia*, *Hypnum lindbergii* und *Scapania aequiloba* eher im Nutzungstyp „Weg“ häufiger sind.

*Tortella tortuosa*, *Schistidium apocarpum*, *Ctenidium molluscum*, *Bryum capillare*, *Rhynchostegium murale*, *Ditrichum flexicaule*, *Palustriella commutata*, *Campylium chrysophyllum*, *Encalypta streptocarpa*, *Orthothecium rufescens*, *Leiocolea badensis*, *Preissia quadrata*, *Leiocolea collaris*, *Barbula crocea*, *Jungermannia atrovirens* und *Barbula unguiculata* bilden auf der rechten Seite der Abb. 3 eine Artengruppe, die in ungenutzten Flächen mindestens doppelt so häufig ist wie in genutzten. Diese Natürlichkeitszeiger kommen in größeren Seehöhen und auf steileren sowie trockeneren und nährstoffärmeren Böden vor als Nutzungsszeiger.

Nicht in die Auswertung der Abb. 3 einbezogen wurde die Nutzungstype „Forst“, für die sich u. a. *Atrichum undulatum*, *Blepharostoma trichophyllum*, *Dichodontium pellucidum*, *Dicranum scoparium*, *Euryhynchium angustirete*, *Polytrichum formosum*, *Radula complanata* und *Rhytidadelphus loreus* als diagnostische Arten aus dem Datensatz ergeben.

**Abb. 3:**  
Verteilung der Moos-Arten ab 5 % Frequenzanteil (Y-Achse) am jeweiligen Nutzungstyp nach Nutzung bzw. Nichtnutzung innerhalb der 1-m<sup>2</sup>-Plots. Links (getrennt durch ein leeres Feld) die Arten, die mehr als doppelt so oft auf genutzten Flächen vorkommen als auf ungenutzten, rechts mehr als doppelt so oft in ungenutzten Flächen. Artnamen eindeutig abgekürzt (siehe auch Text).

**Abb. 4:**  
**Verteilung der**  
**Moosarten in einer**  
**Korrespondenzana-**  
**lyse von 221**  
**Aufnahmeplots.**  
**blaue Dreiecke:**  
**Nutzungszeiger,**  
**rote Sterne:**  
**Natürlichkeitzei-**  
**ger. Umwelt-**  
**parameter wurde**  
**als Zusatzinfor-**  
**mation sekundär**  
**eingefügt. Abkür-**  
**zungen: Alt = See-**  
**höhe, cover = Vege-**  
**tationsdeckung,**  
**green = Grünland,**  
**high = Vegeta-**  
**tionshöhe, moist =**  
**Bodenfeuchte,**  
**N = mittlere Stick-**  
**stoffzahl, raw =**  
**Rohhumus, Ski**  
**= Schipiste, uu =**  
**ungenutzte Flächen,**  
**way = Weg, wood =**  
**Forst. Moosnamen**  
**sind eindeutig**  
**abgekürzt; x =**  
**Ubiquisten und sel-**  
**tene Arten. Eigen-**  
**wert der ersten und**  
**zweiten Achse 0.764**  
**und 0.551, Summe**  
**der kanonischen**  
**Eigenwerte 2.668.**



Für die Korrespondenzanalyse (CA) in Abb. 4 wurden die Standortparameter Seehöhe, Vegetationshöhe, Vegetationsdeckung, Stickstoffzahl von ELLENBERG et al. (1991), Bodenfeuchte und Rohhumus in das Diagramm als Zusatzinformation eingefügt. An der 1. Achse ordnen sich recht deutlich links die Nutzungszeiger und rechts die Natürlichkeitszeiger. Damit korrespondiert diese Achse mit dem Nutzungsgrad, mit dem auch die Vegetationsbedeckung und die mittlere Stickstoffzahl positiv und die Seehöhe negativ korreliert ist. Die 2. Achse kann als Störungsachse interpretiert werden, mit Weg und Schipiste in positiver und Vegetationshöhe in negativer Korrelation. Damit sind Nutzung und Störung offensichtlich sehr wesentliche Faktoren für die Varianz unseres Datensatzes.

#### 4. Diskussion

## 4.1 Der Zusammenhang zwischen mooslosen und ungenutzten Standorten

Das Fehlen von Moosen in bestimmten Aufnahmequadraten im Bodental steht nicht im Zusammenhang mit zu intensiver Bewirtschaftung, wie dies als Ausgangshypothese nach den Arbeiten von ZECHMEISTER & MOSER (2001) oder ZECHMEISTER et al. (2003) zu vermuten war. Der größte Anteil der mooslosen Standorte ist ungenutzt und liegt in den nicht bewirtschaftbaren Schuttfeldern der Vertatscha, wo der Hang steil und ständig in Bewegung, die Wasserverfügbarkeit schlecht ist und die Schneedecke bis in den Hochsommer liegen bleibt. Ab ca. 1500 m Seehöhe beginnen die steilen Wände der Vertatscha. Von dort rollen immer wieder Felstrümmer und Steinlawinen in die Tiefe. Dies und die Frostwechselvorgänge lassen den Schuttkegel nicht zur Ruhe kommen.

Erst wenn Felsblöcke längere Zeit liegen bleiben, werden sie trotz extremer Trockenheit früher oder später von Moosen besiedelt, die zur Anreicherung von Humus beitragen (GRIMS 1982). Kalk ist im Allgemeinen sehr wasserundurchlässig, dementsprechend trocken und humusarm sind die meisten der ungenutzten Standorte. Im Talbereich liegen dagegen nur wenige ungenutzte Standorte an schlecht zugänglichen oder kaum bewirtschaftbaren Flächen wie Bachrändern und Flachmooren. Die wenigen Aufnahmeflächen im Talboden, die keine Moose enthalten, zeichnen sich durch eine sehr hohe Bedeckung der Krautschicht aus, was die Entwicklung von Bryophyten beeinträchtigt (GOLDBERG & WERNER 1983, RAMBO & MUIR 1998, RINCÓN 1993, LÖBEL et al. 2006).

Der hohe Anteil ungenutzter Flächen innerhalb der mooslosen Aufnahmeflächen steht in deutlichem Widerspruch zu den Ergebnissen von Abb. 2, wonach die ungenutzten Standorte besonders hohe mittlere Artenzahlen aufweisen. Man muss das Fehlen von Moosen in diesen Aufnahmeflächen als „Sonderbedingung“ des Gebirges verstehen, die einen Vergleich dieser Flächen mit weniger geneigten Flächen des Talbodens und der Almen nicht erlaubt. Wir haben deshalb die Auswertung ohne diese Flächen durchgeführt. Unter diese Sonderbedingungen fällt wohl auch, dass die natürliche Dynamik mancher ungenutzter Gebirgshänge Pionierarten wie *Barbula unguiculata* begünstigt, die in Mitteleuropa viel häufiger auf anthropogenen gestörten Flächen zu finden sind. In unserem Datensatz fungieren sie aber als „Natürlichkeitszeiger“. Diese Arten scheinen hier ihren natürlichen Lebensraum zu haben.

## 4.2 Auswirkungen anthropogener Einflüsse

### 4.2.1 Grünland als prägendes Element des Bodentals

Grünlandnutzung in Form von Mahd, Beweidung oder Mähweide ist die häufigste Nutzungsform des Offenlandes im Bodental. Mehrheitlich werden die Flächen nicht sehr intensiv genutzt. Die Unterscheidung von Wiesen und Weiden über die Artenzusammensetzung erwies sich als nicht möglich. Weiden sind etwas artenreicher als Mähwiesen, letztere haben eine höhere Vegetationsdeckung, was oft eine geringe Moosdeckung zur Folge hat (RAMBO & MUIR 1998), im Gegensatz zu häufig gemähten Bereichen wie Straßenrändern und Zierrasen, die viel Licht durchlassen, oder extensiv genutzten Feuchtwiesen mit geringerer Gefäßpflanzenbedeckung. Die Grünlandnutzung war im Bodental die Nutzungsform mit der höchsten durchschnittlichen Zahl an Moosen pro Fläche. Eine Untersuchung von MAAG et al. (2001) zeigt, dass im Berggebiet extensiv bewirtschaftete Flächen die höchste floristische Diversität aufweisen. Weidetiere schaffen und erhalten eine Strukturvielfalt der Weidefläche mit kleinflächigen Nischen (ROOK et al. 2003, SCHMID 2003, WALLIS DE VRIES et al. 1998) und fördern die Artenvielfalt (HOCHBERG 2005). Nach den Studien von VANDERPOORTEN et al. (2004) und VANDERPOORTEN & ENGELS (2002) hängt die Bryophytendiversität einerseits von der strukturellen Diversität als auch von der Waldbedeckung ab, außerdem nimmt sie mit abnehmender Nutzungsintensität zu (ZECHMEISTER & MOSER 2001). Unsere Ergebnisse, obwohl vom Artenreichtum, den geologisch-geomorphologischen Verhältnissen und der Höhenlage des Untersuchungsgebietes sehr speziell, reihen sich hier ein.

### 4.2.2 Pistenpräparierung – ein Problem für Moose

Schipisten werden durch die Kompression des (Kunst-)Schnees, die darauffolgende Bildung von Eisschichten und mechanische Schädigung des Bodens massiv beeinträchtigt (PRICE 1985). Das bis zu vier Wochen spätere und dann sehr schnelle Ausapern der Pisten beeinflusst die Vegetationsentwicklung. Außerhalb des Winters werden diese Flächen dann „normal“ als Grünland genutzt, so dass eine Unterscheidung anhand der Vegetation kaum möglich ist. Trotzdem macht sich in unserem Datensatz die Nutzung als Schipiste in einer niedrigen Bedeckung der Moossschicht und niedrigeren mittleren Artenzahlen pro Fläche bemerkbar. Diverse Arbeiten zeigen, dass durch Pistenpräparation die Vegetationsdeckung verringert (FELIX & RAYNOLDS 1989) und die Artzusammensetzung verändert wird (BAIDERIN 1980, EMERS et al. 1995, GRABHERR 1995, PIGNATTI 1993). Durch die Beschneiung zusätzlich eingebrachte Ionen haben einen Düngeffekt, was sich auf die Artzusammensetzung und Diversität auswirkt (RIXEN et al. 2003). Dies zeigt sich in unseren Daten an einer höherwüchsigen Krautschicht. Nach den Studien von EMERS et al. (1995) und FORBES (1992) leiden besonders Kryptogamen und immergrüne Sträucher unter der mechanischen Schädigung durch die Pistengeräte, ersichtlich an der geringen Moosdeckung und geringeren Artenzahlen auf der Schipiste des Bodentals.

### 4.2.3 Störfaktor Trittbelastung

Wege sind sehr hohen Belastungen ausgesetzt. Durch die ständige Störung durch Betritt oder Befahren sowie die Bodenverdichtung und die geringere Wasserverfügbarkeit wird die Vegetation beeinträchtigt, Pflanzen können sich auf stark betretenen Flächen nur sehr langsam erholen (BAYFIELD 1979). Die Auswirkungen dieser Belastung zeigen sich in der im Vergleich zu anderen Nutzungstypen durchschnittlich geringeren Vegetationsbedeckung und Vegetationshöhe. Gerade Flechten und Moose werden aufgrund ihres langsamem Wachstums besonders beeinträchtigt (GRABHERR 1982, TÖRN et al. 2006), wie auch in den Ergebnissen dieser Arbeit durch die durchschnittlich eher niedrige Moosdeckung und niedrige durchschnittliche Moos-Artenzahlen gezeigt werden kann.

Allerdings spielt auch beim Faktor „Tritt“ die Intensität des Einflusses eine wichtige Rolle. Wie auch bei der Grünlandnutzung steigt die Artenzahl bei schwachem Tritt erst einmal an, weil dieser konkurrenzschwachen und lichtliebenden Arten eine Besiedlung oft erst ermöglicht, wie dies WESTHOFF (1967) als erster herausarbeitete. Es wundert deshalb nicht, dass unter den auf Wegen besonders häufigen „Nutzungszeigern“ auch solche Arten wie *Cratoneuron filicinum* und *Scapania aequiloba* zu finden sind, die man eher in ungenutzten Lebensräumen erwarten würde.

## 4.3 Moose als Landnutzungsindikatoren?

Der vorgelegte Datensatz mit Offenlandflächen des Bodentals enthält Arten, die überwiegend auf ungenutzten, als auch andere, die überwiegend auf genutzten Flächen vorkommen. Diese können jeweils als Natürlichkeits- oder Nutzungszeiger verwendet werden.

Die Gruppe der Natürlichkeitzeiger, angeführt von den auf ungenutzten Flächen häufigsten Arten *Tortella tortuosa*, *Schistidium apocarpum* agg. und *Ctenidium molluscum*, sind Fels- bzw. Kalkarten, welche hauptsächlich das Geröllfeld und die Latschenbestände der Vertatscha-Abhänge in größeren Höhen besiedeln. Auf der anderen Seite gibt es eindeutige Nutzungzeiger, die auf ungenutzten Flächen unseres Datensatzes überhaupt nicht vorkommen. Dazu gehören *Brachythecium rutabulum*, *Thuidium assimile*, *Rhytidadelphus squarrosus*, *Climacium dendroides* und *Calliergonella cuspidata*.

Arten, die ausschließlich einem einzigen Nutzungstyp zuzuordnen sind, sind besonders für die Forstnutzung zu finden. Hier dominieren auch auf älteren Kahlschlagflächen noch immer die Waldboden-Arten und Holzbewohner. Die übrigen untersuchten Nutzungstypen überlagern sich sehr oft zeitlich, ihre Artengarnitur ist daher weniger spezifisch und der Datensatz vergleichsweise heterogen. Auf Wegen kommen durch die Trittbela stung und geringe Vegetationsbedeckung einige Arten offener Pionierstandorte besonders häufig vor, wie *Dicranella schreberiana*, *Bryum argenteum* oder *Dicranella varia*. Diese Arten besiedeln aber auch Störstellen der Schipiste. Hinzu kommt, dass Schipisten, Langlaufloipen und Wanderwege nicht nach Vegetationskriterien angelegt werden, sondern sowohl trockene Kalk-Schuttfluren als auch sickernasse Quellstandorte einbeziehen können. So fallen auch solche Arten wie *Cratoneuron filicinum*, *Hypnum lindbergii* oder *Scapania aequiloba* in unserem Datensatz unter die Nutzungszeiger. Die Heterogenität des Datensatzes könnte auch mit dem gewählten „random sampling design“ zusammenhängen. Bei einer im Gelände durchgeführten Auswahl von Aufnahmeplots („preferential sampling design“) hätte man die Nutzungstypen sicher schärfer trennen können. Für die Moose spricht auch, dass sie erheblich schneller als Gefäßpflanzen auf Nutzungsänderungen reagieren und deshalb auch auf beginnende und leichte Nutzungsänderungen reagieren.

Insgesamt kann für das Untersuchungsgebiet aber ein deutlicher Zusammenhang zwischen Moosflora und Nutzung festgestellt werden. Zum einen nimmt die Diversität der in ihrer Gesamtheit überwiegend nutzungsfeindlichen Moose bei zunehmender Nutzungsintensität ab, zum anderen gibt es Indikatorarten zur Unterscheidung zwischen genutzten und nicht genutzten Standorten und für die Trittbela stung (Schipisten, Wanderwege). So eignen sich Moose auch als Indikatoren für die tourismusbedingten Vegetationsveränderungen in den Alpen.

## Dank

Die Autoren danken dem Land Kärnten für die Erlaubnis zum Sammeln von Moosen im Naturschutzgebiet „Inneres Bodental/Vertatscha“ sowie den freundlichen Grundbesitzern im Bodental, die den Zutritt auf ihre Grundstücke gewährt haben. Herrn Mag. Klaus Krainer, Geschäftsführer der Arge NATUR-SCHUTZ, und Dr. Roland Eberwein, Leiter des Botanikzentrums des Landes Kärnten, danken wir für ihre Unterstützung und Bereitstellung diverser Unterlagen. Herrn Mag. Heribert Köckinger und Herrn Dr. Anton Drescher danken wir herzlich für kritische Hinweise zu einer früheren Manuskriptfassung.

## LITERATUR

- BAIDERIN, V. V. (1980): Experimental modelling of ecological consequences of winter recreations. – *Soviet Journal of Ecology* 11 (3): 140–146.
- BAYFIELD, N. G. (1979): Recovery of four montane heath communities on Cairngorm, Scotland, from disturbance by trampling. – *Biological Conservation* 15: 165–179.
- BERGMEIER, E., HÄRDLE, W., MIERWALD, U., NOWAK, B. & PEPPLER, C. (1990): Vorschläge zur syntaxonomischen Arbeitsweise in der Pflanzensoziologie. – *Kiel. Not. Pflanzenkd. Schleswig-Holstein Hamb.* 20: 92–110.
- BRENCIĆ, M. & POLTNIG, W. (2008): Grundwasser der Karawanken – Versteckter Schatz. – Vehling Medienservice und Verlag GmbH, Ljubljana, Graz, 82+83 S.
- BULFON, A. (1993): Naturschutzgebiete Österreichs. – 4 Bd., 69–72 S., Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie, Wien.
- DIETL, W. & JORQUERA, M. (2003): Wiesen- und Alpenpflanzen. Erkennen an den Blättern – Freuen an den Blüten. – Österreichischer Agrarverlag, Leopoldsdorf.
- ELLENBERG, H. & WEBER, H. E., DÜLL, R., WIRTH, V., WERNER, W. & PAULISSEN, D. (1991): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. – *Scripta Geobotanica* 18, Verlag Erich Goltze KG, Göttingen.
- EGGENBERG, S. & MÖHL, A. (2007): *Flora Vegetativa – Ein Bestimmungsbuch für Pflanzen der Schweiz im blütenlosen Zustand*. – Haupt Verlag, Bern, Stuttgart, Wien.
- EMERS, M., JORGENSEN, J. C. & RAYNOLDS, M. K. (1995): Response of arctic tundra plant communities to winter vehicle disturbance. – *Canadian Journal of Botany* 73: 905–917.
- FELIX, N. A. & RAYNOLDS, M. K. (1989): The effects of winter seismic trails on tundra vegetation in NE Alaska, USA. – *Arctic and Alpine Research* 21 (2): 188–202.
- FISCHER, M., ADLER, W. & OSWALD, K. (2005): Exkursionsflora für Österreich, Liechtenstein und Südtirol. – Land Oberösterreich, Biologiezentrum der OÖ Landesmuseen, Linz.
- FORBES, B. C. (1992): Tundra disturbance studies. I: long term effects of vehicles on species richness and biomass. – *Environmental Conservation* 19 (1): 48–58.
- FRAHM, J.-P. & ABTS, U. W. (1993): Veränderungen in der Wassermoosflora des Niederrheins 1972–1992. – *Limnologica* 23: 123–130.
- FRAHM, J.-P. & FREY, W. (2004): Moosflora, 4. Auflage. – Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart.
- FRAHM, J.-P. & KLAUS, D. (1997): Moose als Indikatoren von Klimafluktuationen. – *Erdkunde* 51: 181–190.
- GIGNAC, L. D. (2001): Bryophytes as indicators of climate change. – *Bryologist* 104, 410–420.
- GOLDBERG, D. E. & WERNER, P. A. (1983): The effects of size of opening in vegetation and litter cover on seedling establishment of goldenrods (*Solidago spp.*). – *Oecologia* 60: 149–155.
- GRABHERR, G. (1982): The impact of trampling by tourists on a high altitude grassland in the Tyrolean Alps, Austria. – *Vegetatio* 48: 209–217.
- GRABHERR, G. (1985): Damage to vegetation by recreation in the Austrian and German Alps. 100–111 S. In: Bayfield, N. G., Barrow, G. C. (1995): The ecological impacts of outdoor recreation on mountain areas in Europe and North America. – *Recreational Ecology Research Group Report*, Wye College, Ashford (England).
- GRIMS, F. (1982): Über die Besiedelung der Vorfelder einiger Dachsteingletscher (Oberösterreich). – *Stapfia* 10: 203–233

- HARTL, H. & STERN, R., SEGER, M. (2001): Karte der aktuellen Vegetation von Kärnten. – Verlag des Naturwissenschaftlichen Vereins für Kärnten, Klagenfurt. 80 S.
- HILL, M. O. (1979): TWINSPLAN – A FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of the individuals and attributes. – 90 S., Cornell Univ., Ithaca (New York).
- HOHENWALLNER, D., ZECHMEISTER, H. G., GOTTFRIED, M., PAULI, P., REITER, K. & GRABHERR, G. (2002): Bryophyten und ihre Eignung als Indikatoren für den Klimawandel im Hochgebirge – erste Ergebnisse. BAL-Bericht über die 10. Österreichische Botanikertagung. 30. 5.–1. 6. 2002. Irdning. BAL, Gumpenstein. 19–21 S.
- HOCHBERG, H. (2005): Was kann extensive Weidewirtschaft für den Arten- und Biotopschutz auf Grünland beitragen? – Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau 2005, Band 7.
- KÖCKINGER, H., SCHRÖCK, C., KRISAI, R. & ZECHMEISTER, H. G. (2011): Checkliste der Moose Österreichs. Unter <http://131.130.59.133/projekte/moose/> (2. 9. 2011).
- KÖCKINGER, H., SUANJAK, M., SCHRIEBL, A. & SCHRÖCK, C. (2008): Die Moose Kärtents. – Sonderreihe Natur Kärnten, Band 4., Verlag des Naturwissenschaftlichen Vereins für Kärnten, Klagenfurt. 319 S.
- LÖBEL, S., DENGLER, J. & HOBOHM, C. (2006): Species Richness of vascular plants, bryophytes and lichens in dry grassland: The effects of environment, landscape structure and competition. – *Folia Geobotanica* 41: 377–393.
- MAAG, S., NÖSBERGER, J. & LÜSCHER, A. (2001): Mögliche Folgen einer Bewirtschaftungsaufgabe von Wiesen und Weiden im Berggebiet. – Zürich.
- NEBEL, M. & PHILIPPI, G. (2000): Die Moose Baden-Württembergs – Bd. 1., Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart.
- NEBEL, M. & PHILIPPI, G. (2001): Die Moose Baden-Württembergs – Bd. 2., Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart.
- NEBEL, M. & PHILIPPI, G. (2005): Die Moose Baden-Württembergs – Bd. 3., Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart.
- PHAROA, E. J. & ZARTMAN, C. E. (2007): Bryophytes in a changing landscape: The hierarchical effects of habitat fragmentation on ecological and evolutionary processes. – *Biological Conservation* 135, 315–325.
- PIGNATTI, S. (1993): Impact of tourism on the mountain landscape of central Italy. – *Landscape and Urban Planning* 24: 49–53.
- PRICE, M. F. (1985): Impacts of recreational activities on alpine vegetation in Western North America. – *Mountain Research and Development* 5: 263–277.
- RAMBO, T. R. & MUIR, P. S. (1998): Forest floor bryophytes of *Pseudotsuga menziesii* – *Pseudotsuga heterophylla* – Stands in Oregon: Influences of substrate and over-story. – *The Bryologist* 101: 116–130.
- RINCÓN, E. (1993): Growth responses of six bryophyte species to different light intensities. – *Canadian Journal of Botany* 71: 661–665.
- RIXEN, C., STOECKLI, V. & AMMANN, W. (2003): Does artificial snow production affect soil and vegetation of ski pistes? A review. – *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 5: 219–230.
- ROOK, A. J., DUMONT, B., ISSELSTEIN, J., OSORO, K., WALLIS DE VRIES, M. F., PARENTE, G. & MILLS, J. (2003): Matching type of livestock to desired biodiversity outcomes in pastures – a review. – *Biological Conservation* 119: 137–150.
- SCHMID, W. (2003): Themenbericht extensive Weiden. – *Praxis und Forschung für Natur und Landschaft, Schinznach-Dorf*.

- SIEWERS, U. & HERPIN, U. (1998): Moos-Monitoring 1995/1996. Schwermetalleinträge in Deutschland. – *Geologisches Jahrbuch Sonderheft D2/2000*: 12–21.
- TICHY, L. (2002): JUICE, software for vegetation classification. *J. Veg. Sci.* 13: 451–453.
- TÖRN, A., RAUTIO, J., NOROKORPI, Y. & TOLVANEN, A. (2006): Revegetation after short-term trampling at subalpine heath vegetation. – *Ann. Bot. Fennici* 43: 129–138.
- VANDERPOORTEN, A., SOTIAUX, A. & ENGELS, P. (2004): A GIS-based survey for the conservation of bryophytes at the landscape scale. – *Biological Conservation* 121: 189–194.
- VANDERPOORTEN, A. & ENGELS, P. (2002): Patterns of bryophyte diversity and rarity at a regional scale. – *Biodiversity and Conservation* 12: 545–553, Kluwer Academic Publishers.
- VELLAK, K. & PAAL, J. (1999): Diversity of bryophyte vegetation in some forest types in Estonia: a comparison of old unmanaged and managed forests. – *Biodiversity and Conservation* 8: 1595–1620.
- WALLIS DE VRIES, M. F., BAKKER, J. P., VAN WIEREN, S. E. (1998): *Grazing and Conservation Management*. – Kluwer Academic Publishers.
- WESTHOFF, V. (1967): The ecological impact of pedestrian, equestrian, and vehicular traffic on flora and vegetation. *Proceedings of the IUCN, N. S.*, 7: 218–223.
- ZECHMEISTER, H. G. & MOSER, D. (2001): The influence of agricultural land-use intensity on bryophyte species richness. – *Biodiversity and Conservation* 10: 1609–1625, Kluwer Academic Publishers.
- ZECHMEISTER, H. G., HOHENWALLNER, D., HANUS-ILLNAR, A., HAGENDORFER, H., RÖDER, I. & RISS, A. (2008): Temporal patterns of metal deposition at various scales in Austria during the last two decades. *Atmospheric Environment*, 42, 1301–1309.
- ZECHMEISTER, H. G., TRIBSCH, A., MOSER, D. & WRBKA, T. (2002): Distribution of endangered bryophytes in Austrian agricultural landscapes. – *Biological Conservation* 103, 173–182.
- ZECHMEISTER, H. G., SCHMITZBERGER, I., STEURER, B., PETERSEIL, J. & WRBKA, T. (2003): The influence of land-use practices and economics on plant species richness in meadows. – *Biological Conservation* 114: 165–177.

**Anschrift  
der AutorInnen**

Mag. rer. nat.  
Jacqueline  
Mösslacher,  
Dr. Christian Berg,  
Karl-Franzens-  
Universität Graz,  
Institut für Pflanzen-  
wissenschaften.  
Holteigasse 6,  
A-8010 Graz.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Carinthia II](#)

Jahr/Year: 2012

Band/Volume: [202\\_122](#)

Autor(en)/Author(s): Mösslacher Jacqueline, Berg Christian

Artikel/Article: [Moose als Landnutzungsindikatoren in Offenlandbereichen des Bodentals \(Kärnten\) 419-432](#)