

Naturnahe Moore im Inneren Salzkammergut Oberösterreichs – Struktur, Vegetation und Umweltfaktoren

Theresa Schamberger, Gerhard Fischer & Jörg Ewald*

Zusammenfassung: Im Forstrevier Rettenbach des Forstbetriebes Inneres Salzkammergut der Österreichischen Bundesforsten wurden zwei Moore, das naturnahe Rossstallmoos und das teilentwässerte, im Jahr 2012 renaturierte Langmoos, auf Transekten von 400 m² hinsichtlich Vegetationszusammensetzung, vertikaler und horizontaler Struktur und Standortfaktoren (Pegelstand, pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit, Strahlung) vergleichend untersucht. In beiden Mooren kommen Latschenfilze und naturnah aufgebaute Moorrand-Fichtenwälder mit hohen Baumaltern und geringer Höhenwuchsleistung vor. Im Langmoos weisen die geringere Torfmoosdeckung und ein dichter Latschenbewuchs drei Jahre nach der Wiederanhebung der Wasserstände auf menschliche Eingriffe hin.

Key Words: raised bog, restoration, mountain pine, Norway spruce, site conditions, vegetation

Summary: Two mires in Upper Austria, the pristine Rossstallmoos and the partially drained and restored Langmoos in the forest district of Rettenbach within the forest enterprise Inneres Salzkammergut of Österreichische Bundesforsten were compared with respect to vegetation composition, vertical and horizontal stand structure and site conditions (water level, pH, electric conductivity, radiation) on 400 m² transects. Both transects are dominated by dwarf pine scrub and natural spruce forests of bog margins with high stand age and slow height growth. In the Langmoos lower *Sphagnum* cover and denser dwarf pine thickets reflect human disturbance three years after restoration of the water level.

Einleitung

Naturnahe Moore üben eine besondere Faszination aus (HUTTER et al. 1997) und sind die einzigen terrestrischen Ökosysteme, die die produzierte Biomasse in dauerhaften Senken ablagern (SUCCOW & JESCHKE 1986). Im Naturschutz kommt Mooren und den darauf stockenden Moorwäldern eine große Bedeutung zu, denn sie sind nicht nur Habitate für selten gewordene Tier- und Pflanzenarten, sondern dienen auch dem Hochwasser- und Klimaschutz (PFADENHAUER 1999, MUELLER-KROEHLING & ZOLLNER 2015). Umgekehrt entweicht aus entwässerten Mooren ein überproportionaler Anteil von klimaschädlichen Gasen in die At-

Anschriften der Autoren: Theresa Schamberger, Prechtelstraße 12, 85354 Freising; Gerhard Fischer, Österreichische Bundesforste AG, Nationalparkbetrieb Kalkalpen, Eisenstraße 75, A-4462 Reichraming, Österreich; Jörg Ewald, Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Fakultät Wald und Forstwirtschaft, Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 3, 85354, E-mail: joerg.ewald@hswt.de

* korrespondierender Autor

mosphäre (DRÖSLER et al. 2012). Deshalb ist es wichtig, die Funktionalität von Renaturierungsmaßnahmen festzustellen und sie stetig zu verbessern, wobei der Vergleich mit Leitbildern aus intakten Ökosystemen unerlässlich ist. Deshalb werden in der vorliegenden Arbeit, die als Bachelorarbeit an der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf entstand (SCHAMBERGER 2016), Vegetationsstruktur, Artenzusammensetzung, Wasserhaushalt und Wasserchemismus in einem nach Entwässerung renaturierten Moor mit einem wenig veränderten Referenzmoor der österreichischen Kalkalpen verglichen.

Untersuchungsgebiet

Charakteristisch für die in Oberösterreich weit nach Norden vorstoßenden Kalk-Voralpen ist das Zusammentreffen der drei Täler von Traun, Ischl und Rettenbach bei Bad Ischl, das von Bergen umgeben ist, die zwar innerhalb des Gemeindegebiets unter 2000 m bleiben, aber zum Teil Hochgebirgscharakter besitzen. Das Gebiet gehört zu den Salzkammergut-Voralpen, welche überwiegend aus Wettersteinkalk, Wettersteindolomit, Hauptdolomit und Plassenkalk aufgebaut sind (NATURRAUMKARTIERUNG OBERÖSTERREICH 2005).

Die beiden untersuchten Hochmoore, das Langmoos und das Rosstallmoos (oft auch als Kleines Langmoos bezeichnet, Abb. 1), liegen im oberösterreichischen Salzkammergut im Bezirk Gmunden nahe Bad Ischl. Die Aufnahmetransekte befinden sich im forstlichen Wuchsgebiet 4.1. Nördliche Randalpen nach KILIAN et al. (1994). Die bestandesbildenden Hauptbaumarten sind in diesem Wuchsgebiet Fichte, Tanne und Buche.

Ischltal und nördliches Trauntal weisen einen typischen Alpenvorlands-, Rettenbachtal und südliches Trauntal einen alpinen Klimatyp auf (GEOGRAPHISCHES INSTITUT 1996). So wurden nach NATURRAUMKARTIERUNG OBERÖSTERREICH (2005) in Bad Ischl im langjährigen Mittel 1700 mm Jahresniederschlag, 7,9 °C Jahresmitteltemperatur (Januar -1,2, Juli 16,7 °C), bis zu 2500 mm Jahresniederschlag und zwischen 15.11. und 9.4. 83 Tage mit Schneedecke gemessen. In den Sommermonaten von Juni bis August fällt die größte Niederschlagsmenge oft als sogenannter „Schnürlregen“, aber auch in häufigen Gewittergüssen. Die ganzjährig optimale Wasserversorgung, kühle Temperaturen und das Fehlen von extremen Temperaturschwankungen gelten als wichtige Voraussetzungen für die Entwicklung zahlreicher Moore in der Gegend östlich der Traun.

Das Rosstallmoos (1044 m NN) ist ein hydrologisch ungestörtes, annähernd rundes Hochmoor von 1,4 ha (Abb. 1) und besitzt keinen oberirdischen Vorfluter. Das Langmoos (1055 m NN) ist auf Grund seiner ost-westlichen Streckung oval und liegt in einer flachen Karstmulde, die an beiden Enden Abflüsse aufweist (HASEKE 2013, Abb. 1). Es hat eine Fläche von 2,8 ha und wurde im Zuge der Salinenwirtschaft entwässert. Die Entwässerung erfolgte im 18. Jahrhundert mittels fischgrätenartiger Gräben, die z. T. mit Tonrohren armiert waren. Die Torfmächtigkeit im Langmoos erreicht, wie 2012 im Rahmen der Revitalisierungsmaßnahmen mit einer Lawinensonde erhoben, bis zu 6,3 m. Eine Theorie zur Entwässerung besagt, dass das Wasser abgeleitet wurde, um den darunter liegenden Bergwerksstollen vor dem Einstürzen zu bewahren. Eine andere erklärt die sonst unübliche Verwendung von Tonrohren damit, dass das in dem stark verkarsteten, wasserarmen Gebiet knappe Wasser in einen Salinenstollen geleitet wurde, um mit der entstehenden Sole Salz zu fördern.

Bei den Renaturierungsmaßnahmen im Langmoos wurde versucht im gesamten Latschenhochmoor die Wasserstände anzuheben. Hierzu wurden im Juni 2012 über die Fläche



Abb. 1: Rosstallmoos (oben links) und Langmoos (oben rechts) aus der Vogelperspektive; Einbau der Spundwände im Latschenfilz (unten links) und Spundwandkaskade im Moorrandwald des Langmooses (unten rechts).
Fotos: G. Fischer

verteilt an mehreren Gräben 49 Spundwände (19 davon erst nach Entdeckung des Rohrsystems) eingebaut (Abb. 1 unten). Außerdem wurde das Latschenfilz im Zuge der Maßnahmen auf einer Fläche von 300 m² geschwendet. Die Stauwehre (Nut-Feder-Bretter aus Lärchenholz) wurden auf dreifache Grabenbreite dimensioniert und reichen in den mineralischen Untergrund oder in den dichten Torf, um Vorbeirinnen und Unterspülen zu verhindern. Sie wurden nach jeweils 20 cm Höhenunterschied entsprechend dem Grabengefälle eingebaut (ÖSTERREICHISCHE BUNDESFORSTE AG 2010). 2014 wurden einige abgestorbene Latschen entfernt.

Methoden

Ziel der Bachelorarbeit war es, die Zonation des entwässerten und des natürlichen Moores an Hand von Struktur, Vegetation und Standortbedingungen zu vergleichen und den Fortschritt der Renaturierung zu dokumentieren. Hierzu wurden mittels Kompass, Maßband und Fluchtstäben Transekte mit vier zusammenhängenden Probequadraten von 100 m² abgesteckt, die sich jeweils von der offenen Moorweite (Fläche x-1) über ein Latschenfilz (x-2) in den Fichten-Moorrandwald des unteren Randgehänges (x-3 und 4) erstrecken. Das Lagg der Randmulde, das in beiden Mooren großen Teils mit Schwarzerlen bestockt ist, wird in dieser Arbeit nicht behandelt.

In jedem Quadrat wurde eine Vegetationsaufnahme mit allen bodenbewohnenden Pflanzenarten, ihre prozentuale Deckung nach Schichten (herrschende Baumschicht B1, beherrschte Baumschicht B2, Strauchschicht S 1-6 m, Krautschicht, Moosschicht) erfasst. Die gemeinsame Deckung aller Torfmoose wurde als wichtiges Kriterium für Moorstandorte separat geschätzt. Im Feld nicht bestimmbar Pflanzenarten wurden herbarisiert und anhand von Bestimmungsliteratur (HÖLZER 2010, FISCHER et al. 2008, NEBEL & PHILIPPI 2001, 2005) zugeordnet. Torfmoose wurden anhand von Blattquerschnitten unter dem Lichtmikroskop nachbestimmt. Die Vegetationsdaten wurden mittels der TurboVeg Datenbank (HENNEKENS 1998-2013) analysiert. Als Referenzartenliste wurde die GermanSL (JANSEN & DENGLER 2008) verwendet, was die Berechnung der mittleren ökologischen Zeigerwerte für Licht, Feuchte und Reaktion nach ELLENBERG et al. (1991) erlaubte. Durch Sortierung von Trennarten wurde eine nach Mooren und Transektabschnitten differenzierte Vegetationstabelle erstellt.

Als wesentliche Standortvariable wurde der Wasserstand unter Flur an einem Pegel in Mitte jedes Probequadrats gemessen. Dafür wurden acht, gleichmäßig mit einem 6-mm-Bohrer perforierte HT-Rohre mit 6 cm Durchmesser und 1,30 m Länge, nach Vorbohren mit einem Moorbohrer eingebaut. Die Pegelmessungen wurden dreimal im Zeitraum von Anfang August bis Ende September mit einem Meterstab durchgeführt.

Die Messung von pH-Wert und elektrischer Leitfähigkeit des Moorwassers erfolgte an mit einem Schlauch aus den Pegelrohren entnommenen Proben vor Ort mit Voltcraft pH-Messstick PHT-01 ATC und Voltcraft Leitwertmessstick LWT-01.

Die Belichtung wurde in der Mitte jeder Aufnahme fläche einen Meter über dem Boden anhand von hemisphärischen Fotos bei bedecktem Himmel mit einer genordeten und nivellierten Spiegelreflexkamera Canon EOS 50d und Fischaugenobjektiv (Brennweite 8 mm) erfasst. Die Bilder wurden mit der Software Gap Light Analyzer 2.0 (FRAZER et al. 1999) ausgewertet. Dabei wurden an einer genordeten Arbeitskopie Kreisradius und Schwellenwert (Threshold: 140) festgelegt und die Funktionen „Transmitted Gap Light“ und „Canopy“ angewendet, um Werte für „%Canopy Openness“ (Baumkronenöffnung), „%Trans Direct“ (direkte Strahlung), „%Trans Diffuse“ (diffuse Strahlung) und „%Trans Total“ (gesamte Strahlung) zu erhalten.

Zur Dokumentation der Bestandesstruktur wurde mit Hilfe von Maßbändern jedem Baum in den Transekten eine Stammfußkoordinate zugeordnet. Zusätzlich wurden an jedem Individuum > 4 cm Brusthöhendurchmesser (BHD, gemessen in 1,30m Höhe) Baumart, BHD, Höhe, Kronenansatzhöhe (Ultraschall-Baumhöhenmesser Vertex IV / M 60°) und Kronenradien (tangente Hochblickmethode nach Preuhsler) erfasst. Alle Messwerte wurden von Hand in Aufsicht- und Aufrissdiagramme im Maßstab 1:250 übertragen, die auch Gefälle und Wölbung der Bodenoberfläche zeigen.

Ergebnisse

Vegetation

Aus den Schichtdeckungen in Tab. 1 wird ersichtlich, dass im Rossstallmoos der Bestockungsgrad deutlich höher ist als im Langmoos. Die wichtigste Mischbaumart im Fichtenmoorrandwald stellt die Tanne (*Abies alba*) dar, die am Rossstallmoos in der Strauchschicht bereits mit höheren Deckungsgraden vorhanden ist, als die in Baumschicht 1 dominierende Fichte (*Picea abies*).

Tab. 1: Differenzierte Vegetationstabelle der untersuchten Moor-Transekte; Anordnung der Aufnahmen nach Transektposition; grau hinterlegt: Roststallmoos (RSM, natürlich), hell: Langmoos (LM, entwässert/renaturiert).

Transektposition		1	1	2	2	3	3	4	4
Moor		RSM	LM	RSM	LM	RSM	LM	RSM	LM
Gesamtdeckungen %									
Baumschicht 1		0	0	0	0	75	50	60	10
Baumschicht 2		0	0	5	1	35	10	5	2
Strauchschicht		75	95	60	70	10	5	25	2
Krautschicht		92	73	92	75	75	58	75	81
Moose		100	100	100	91	96	80	100	100
Torfmoose		100	99	96	70	74	35	59	36
Baumarten									
<i>Pinus mugo</i>	S	75	90	50	60	.	.	.	.
<i>Pinus mugo</i>	K	.	.	3	5	.	.	.	.
<i>Picea abies</i>	BS 1	.	.	.	.	55	35	60	10
<i>Picea abies</i>	BS 2	.	.	5	1	25	10	5	.
<i>Picea abies</i>	S	.	5	8	10	2	.	2	.
<i>Picea abies</i>	K	.	0.5	1	1	2	1	0.5	4
<i>Abies alba</i>	BS 1	.	.	.	.	20	15	.	.
<i>Abies alba</i>	BS 2	.	.	.	.	10	.	.	2
<i>Abies alba</i>	S	.	.	2	.	8	5	20	.
<i>Abies alba</i>	K	.	.	.	2	3	2	1	3
<i>Sorbus aucuparia</i>	S	.	.	.	.	.	.	3	2
<i>Sorbus aucuparia</i>	K	.	.	.	.	.	.	.	1
<i>Acer pseudoplatanus</i>	K	.	.	.	.	.	.	0.5	.
d1									
<i>Eriophorum vaginatum</i>	K	6	1	25	.	.	.	.	.
<i>Vaccinium oxycoccos</i>	K	2	0.5	.	.	.	.	.	.
<i>Sphagnum angustifolium</i>	M	30	.	.	.	.	.	.	.
<i>Carex limosa</i>	K	25	.	.	.	.	.	.	.
<i>Trichophorum cespitosum</i>	K	2	.	.	.	.	.	.	.
<i>Andromeda polifolia</i>	K	1	.	.	.	.	.	.	.
d1-2									
<i>Calluna vulgaris</i>	K	8	3	.	1	.	.	.	.
<i>Vaccinium uliginosum</i>	K	5	5	3	.	.	.	.	.
d2-4									
<i>Pleurozium schreberi</i>	M	.	1	1	6	3	10	0.5	8
<i>Bazzania trilobata</i>	M	.	.	3	6	15	5	25	10
<i>Polytrichum commune</i>	M	.	.	.	8	2	25	10	24
<i>Sphagnum papillosum</i>	M	.	.	11	.	5	.	15	.
<i>Sphagnum girgensohnii</i>	M	.	.	10	.	5	.	.	8
<i>Lycopodium annotinum</i>	K	.	.	.	.	5	5	5	20
<i>Deschampsia flexuosa</i>	.	.	.	.	.	1	.	.	.
d3-4									
<i>Dicranodontium denudatum</i>	M	.	.	.	1	1	.	1	1
<i>Hylocomium splendens</i>	M	.	.	.	.	0.5	.	3	1
<i>Agrostis stolonifera</i>	K	.	2	.	.	0.5	.	2	.
<i>Leucobryum glaucum</i>	M	.	.	.	.	0.5	.	.	.
<i>Eurhynchium striatum</i>	M	.	.	.	.	.	5	.	20
<i>Rubus fruticosus</i> agg.	K	.	.	.	.	.	1	.	1
<i>Luzula sylvatica</i>	K	.	.	.	.	.	0.5	.	5
<i>Juncus effusus</i>	K	.	.	.	.	.	0.5	.	5
<i>Lysimachia nemorum</i>	K	.	.	.	.	.	0.5	.	1

Tab. 1: Fortsetzung

d4									
<i>Dryopteris carthusiana</i>	K	.	.	.	.	.	.	2	1
<i>Maianthemum bifolium</i>	K	.	.	.	.	.	.	1	0.5
<i>Sphagnum quinquefarium</i>	M	.	.	.	.	.	.	15	.
<i>Sphagnum squarrosum</i>	M	.	.	10	.	.	.	5	.
<i>Carex rostrata</i>	K	.	.	.	.	.	.	2	.
<i>Deschampsia cespitosa</i>	K	.	.	.	.	.	.	2	.
<i>Dicranum scoparium</i>	M	.	.	.	.	.	.	1	.
<i>Thuidium tamariscinum</i>	M	.	.	.	.	.	.	1	.
<i>Blechnum spicant</i>	K	.	.	.	.	.	.	0.5	.
<i>Oxalis acetosella</i>	K	.	.	.	.	.	.	.	1
<i>Rubus idaeus</i>	K	.	.	.	.	.	.	.	1
<i>Carex echinata</i>	K	.	.	.	.	.	.	.	0.5
<i>Homogyne alpina</i>	K	.	.	.	.	.	.	.	0.5
<i>Luzula multiflora</i>	K	.	.	.	.	.	.	.	0.5
Sonstige Arten									
<i>Vaccinium myrtillus</i>	K	30	55	45	58	58	45	55	40
<i>Sphagnum capillifolium</i>	M	40	70	15	60	17	15	4	13
<i>Sphagnum magellanicum</i>	M	30	29	50	10	47	20	20	15
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	K	8	5	5	8	5	2	3	.
<i>Molinia caerulea</i>	K	.	1	5	.	10	.	0.5	.

Auffällig ist außerdem die Korrelation der Baumbestockung mit der Bodenvegetation: In beiden Mooren ist die Artenvielfalt der krautigen Vegetation und der Moose im Fichtenmoorrandwald größer als in der offenen Moorweite oder unter dem Latschenfilz. Die Torfmoose sind dagegen mit größeren Deckungen in den offeneren Bereichen zu finden.

Es gibt zwei dominierende Torfmoosarten in den Untersuchungsgebieten. Im Langmoos ist *Sphagnum capillifolium*, im Rossstallmoos *Sphagnum magellanicum* vorherrschend. Besondere Torfmoos-Vorkommen sind mit *Sphagnum squarrosum* und *Sphagnum papillosum* im Rossstallmoos zu verzeichnen. Auch das Pfeifengras (*Molinia caerulea*) kommt nur im Rossstallmoos vor.

Differenziert man nach Transektposition, so werden *Eriophorum vaginatum* und *Vaccinium oxycoccos* (im Rossstallmoos begleitet von *Sphagnum angustifolium*, *Carex limosa*, *Trichophorum cespitosum* und *Andromeda polifolia*) als diagnostische Arten des offenen Moores (d1), *Vaccinium uliginosum* und *Calluna vulgaris* als gemeinsame Trennarten der offenen Moorweite und des Latschenfilzes (d1-2) ersichtlich. *Picea abies* und *Abies alba* finden sich nur vereinzelt in kümmerlichen Exemplaren in der Strauch- und Krautschicht. Im Langmoos ist die Vegetation der Hochmoorweite deutlich an typischen Hochmoorarten verarmt.

In der Krautschicht sind über alle Probequadratrate beider Transekte hinweg *Vaccinium myrtillus* und *Vaccinium vitis-idaea* zu finden. An Moosen sind neben den oben genannten dominierenden Torfmoosen auch *Pleurozium schreberi*, *Bazzania trilobata* und *Polytrichum commune* sowohl im äußeren Latschenfilz als auch im Moorrand-Fichtenwald vertreten (d2-4).

Fast ausschließlich im Fichtenwald kommen *Dicranodontium denudatum* und *Hylocomium splendens* vor (d3-4). *Dryopteris carthusiana* und *Maianthemum bifolium* sowie eine größere Gruppe von jeweils nur in einem der beiden Moore vorkommenden Begleitarten kommen nur im äußeren Fichtenmoorrandwald vor (d4).

Tab. 2: Mittlere Zeigerwerte nach ELLENBERG et al. (2001) und Ergebnisse ökologischer Messungen von pH-Wert, elektrischer Leitfähigkeit und potentieller Strahlung

Transektposition	1	1	2	2	3	3	4	4
Moor	RSM	LM	RSM	LM	RSM	LM	RSM	LM
mR	1,5	1,5	1,5	1,9	1,8	2,3	2,3	2,9
mF	5,2	3,5	4,5	4,4	4,4	4,6	4,8	4,8
mL	6,3	5,2	5,7	4,2	5,4	5,1	5,5	5
pH-Wert	5,1	4,8	5,1	4,9	5	5,1	5,9	4,6
Leitfähigkeit $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	40	55	40	50	40	45	50	60
mittlerer Pegelstand cm	-5,8	-35	-30	-24	-34	-28	-42	-47
Pegelstand 29.9.15 cm	-5	-28	-23	-18	-21	-21	-27	-34
%Canopy Openness	50	31	38	19	18	22	19	20
%Trans Direct	83	46	75	9,6	30	28	34	48
%Trans Diffuse	73	46	55	31	24	31	26	32
%Trans Total	78	46	65	20	27	29	30	40

Standortfaktoren

Ökologische Zeigerwerte und gemessene Standortkennwerte sind in Tab. 2 dargestellt.

Die Reaktionszahlen schwanken in den beiden Untersuchungsgebieten zwischen 1,46 im Moorzentrum und 2,88 am Rand des Langmooses (Tab. 2), was hochmoortypischen, stark sauren Verhältnissen entspricht. Die Reaktionszahl steigt vom Zentrum zum Randgehänge hin an. Die Feuchtezahlen bewegen sich zwischen 3,54 im Inneren des Langmooses und 5,16 im Zentrum des Rössstallmooses. Im naturbelassenen Moor nimmt die Feuchtezahl von der offenen Moorweite zum Fichtenmoorrandwald ab, wohingegen sie im Langmoos in derselben Richtung ansteigt. In beiden Transekten kommen Feuchte-, Frische- und sogar einzelne Trockenzeiger vor. Die Lichtzahlen weisen eine Streuung zwischen 4,20 im Latschenfilz des Langmooses und 6,28 auf der Moorweite des Rössstallmooses auf und besagen, dass Halbschatt- bis Halblichtpflanzen vorkommen. Während im Moorzentrum die Werte höher liegen und Arten vorkommen, die lichtliebender sind, nehmen diese Arten im Fichtenmoorrandwald ab. Die meisten Artzeigerwerte liegen zwischen 5 und 7, diese Pflanzen kommen nach ELLENBERG et al. (2001) selten bei weniger als 20% relativer Belichtungsstärke vor.

Die gemessenen pH-Werte sind im Rössstallmoos mit 5,0-5,9 deutlich höher als im Langmoos (4,6-5,1). Dies gilt nicht für die Leitfähigkeit, welche mit 45-60 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ im Langmoos sogar etwas höhere Werte erreicht als im Rössstallmoos (40-50 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$).

Der Moorwasserspiegel befand sich zu Beginn der Beobachtung, also mitten in der markanten Trockenperiode des Sommers 2015, zwischen 8,5 cm (Zentrum) und 65 cm unter Flur (Randwald des Rössstallmooses) und stieg mit dem Einsetzen von Niederschlägen (Abb. 2, 3) auf Werte zwischen 5 und 34 cm an. Abb. 4 belegt die Ausnahmestellung der Messperiode im August 2015, wo nur knapp die Hälfte der normalen Niederschlagsmenge anfiel. Laut ZENTRALANSTALT FÜR METEOROLOGIE UND GEODYNAMIK (2015) gab es in Oberösterreich im Jahr 2015 um 22-40% weniger Niederschlag als in durchschnittlichen Jahren der Normalperiode.

Bei Betrachtung des für normale Jahre am ehesten repräsentativen Messwertes vom 29.9.2015 fällt auf, dass die beiden Moore auf den beiden mittleren Transektpositionen sehr ähnliche Pegelstände von ca. 20 cm unter Flur aufwiesen. Dagegen waren zu diesem Zeitpunkt die Pegelstände im Langmoos im Moorzentrum um 23 cm sowie am äußeren Moorrand um 7 cm niedriger als im Rössstallmoos.

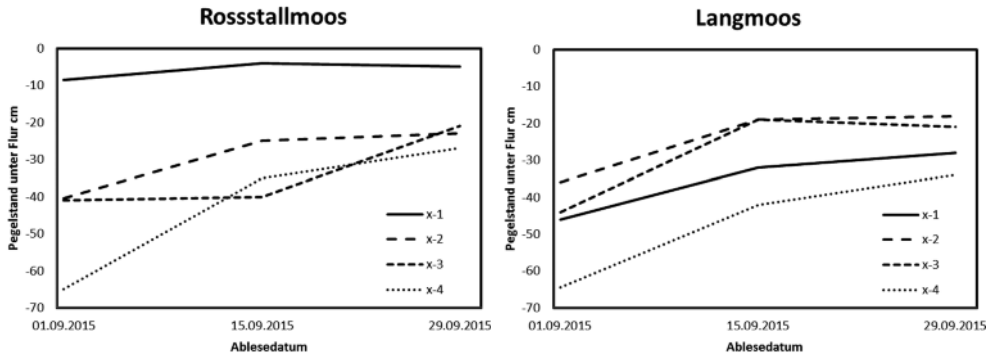


Abb. 2: Wasserpegelmessungen - Rosstallmoos (links), Langmoos (rechts)

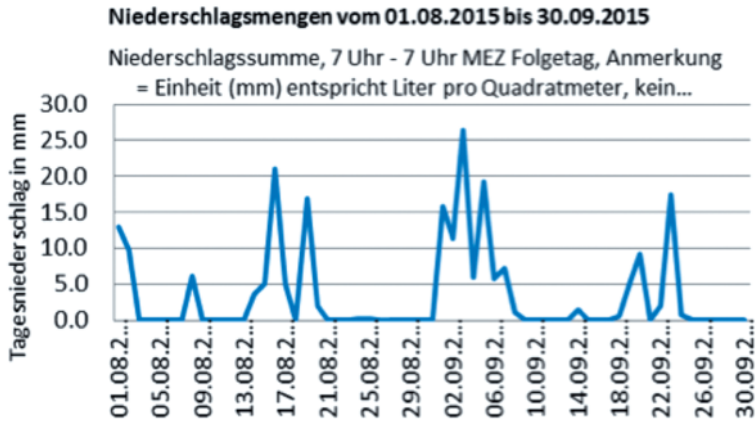


Abb. 3: Niederschlagsmengen (Datenquelle: Mag. Josef Haslhofer, ZENTRALANSTALT FÜR METEOROLOGIE UND GEODYNAMIK)

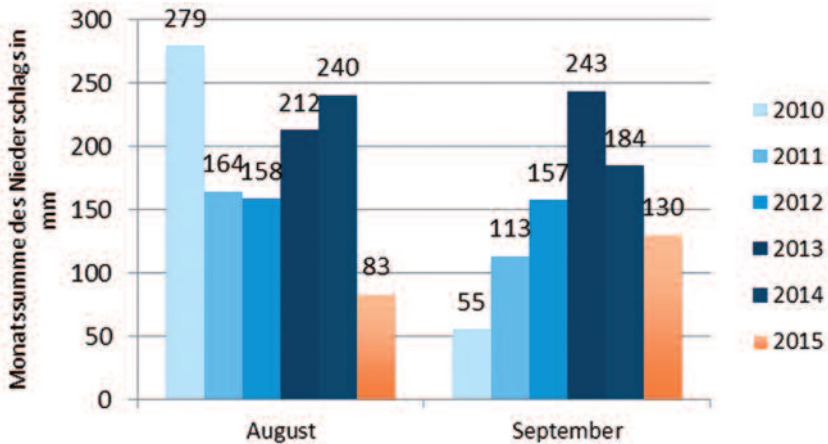


Abb. 4: Monatssummen der Niederschläge in August und September von 2010 bis 2015 (ZENTRALANSTALT FÜR METEOROLOGIE UND GEODYNAMIK 2016)

Der Strahlungseinstrom der Bodenvegetation nimmt in beiden Transekten von der Moorweite (Gesamtstrahlung 78 bzw. 46% des Freilands) zum Fichtenwald auf Werte von 27 bzw. 29% ab, wobei im äußeren Moorwald ein leichter Anstieg zu verzeichnen ist. Im gestörten Langmoos ist bereits die Moorweite deutlich beschattet und die Belichtung im Latschenfilz mit 20% sogar geringer als im Fichtenwald. Diese Unterschiede sind jeweils für die direkte Strahlung etwas ausgeprägter als für die diffuse.

Beziehungen zwischen Standortfaktoren und Vegetation

Zwischen den Ellenberg-Feuchtezahlen und dem Wasserstand unter Flur besteht im naturnahen Rosstallmoos eine negative Beziehung ($r^2=0,57$), im veränderten Langmoos dagegen kein Zusammenhang (Abb. 5).

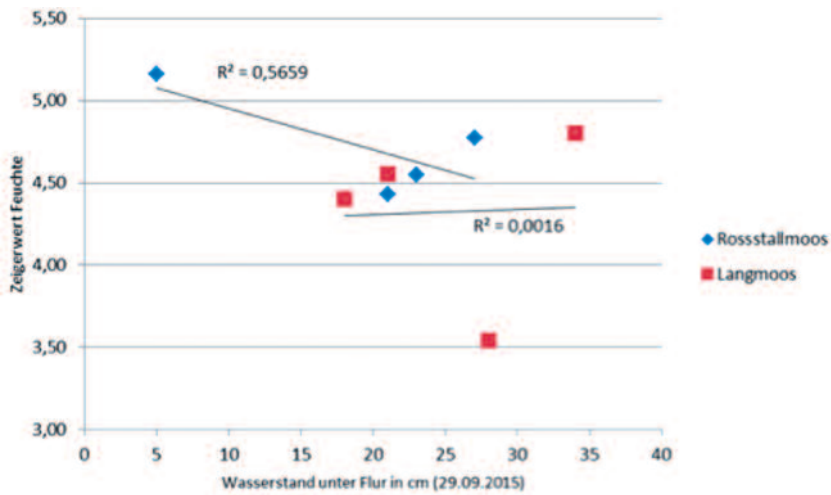


Abb. 5: Abhängigkeit der Feuchtezahl vom Wasserstand unter Flur

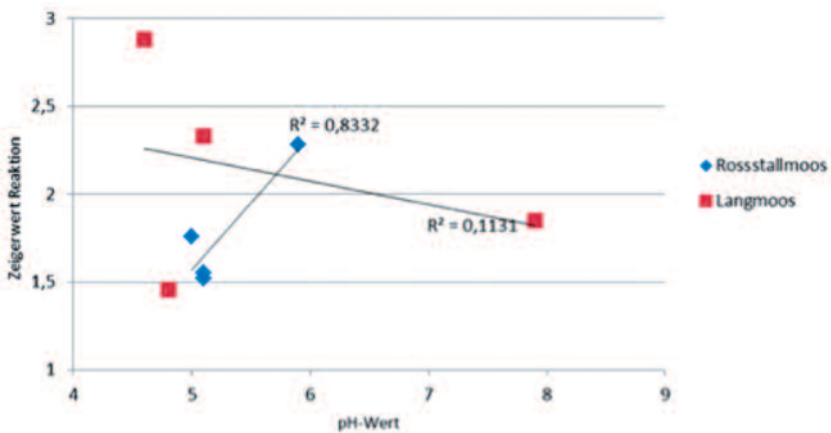


Abb. 6: Abhängigkeit der Ellenberg-Reaktionszahl vom gemessenen pH-Wert

Im Rossstallmoos besteht eine enge Beziehung zwischen Reaktionszahl und gemessenen pH-Werten ($r^2=0,83$) sowie der elektrischen Leitfähigkeit ($r^2=0,91$), im Langmoos dagegen nicht (Abb. 6 und 7).

Die Beziehung zwischen aus der Vegetation abgeleiteten Lichtzahlen und mittels Hemisphärenfotos bestimmter Strahlungsmenge ist in beiden Mooren eng (Abb. 8).

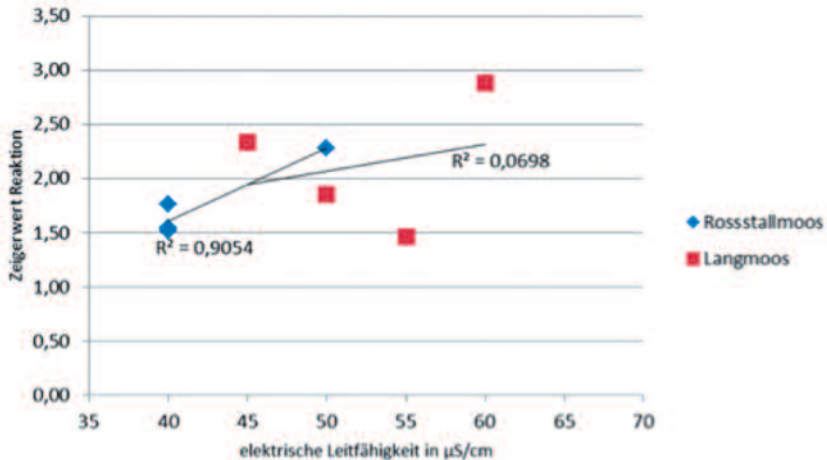


Abb. 7: Beziehung zwischen Ellenberg-Reaktionszahl und der gemessenen elektrischen Leitfähigkeit

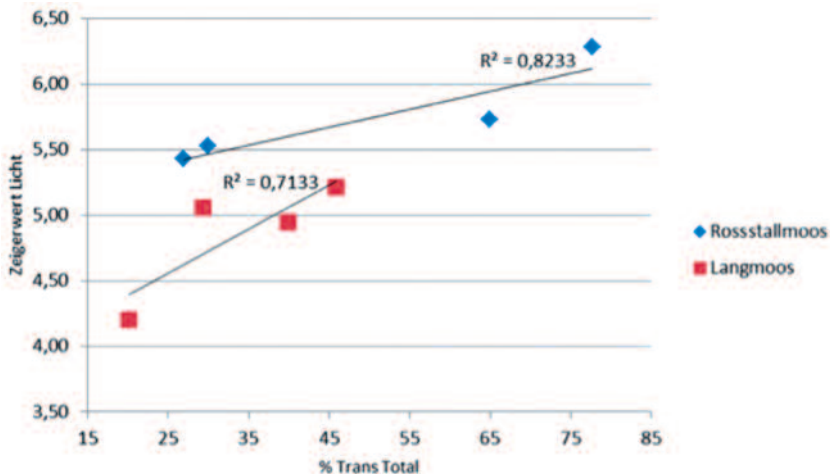


Abb. 8: Beziehung zwischen Ellenberg-Lichtzahl und der gesamten transmittierten Strahlung (%Trans Total)

Bestandesstruktur

Die Vegetationsstruktur unterliegt in beiden Mooren von innen nach außen einem deutlichen Wandel (Abb. 9 und 10). Während sich in den Schlenken der offenen Moorweite nur Torfmoose durchsetzen können, wachsen auf den Bulten vereinzelt auch Zwergsträucher, Süß- und Sauergräser. Nach außen hin schließt ein dichter Latschenfilz an, dessen Untergrund im

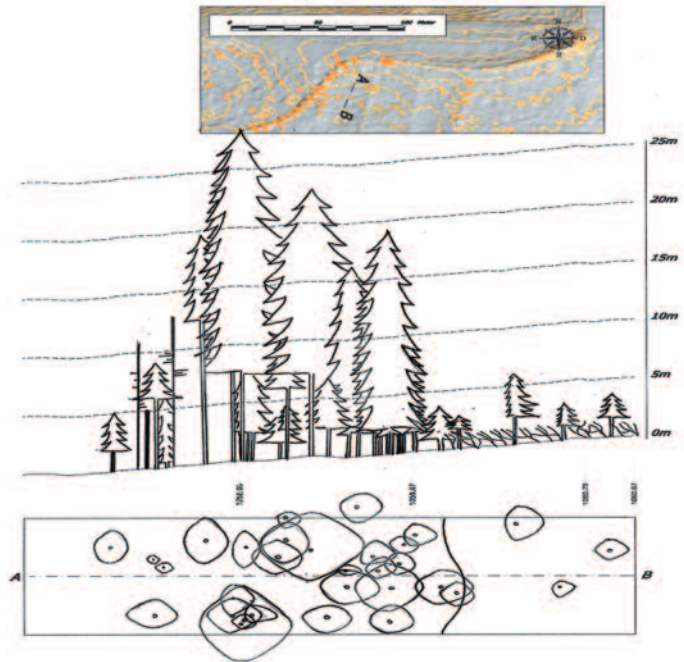


Abb. 9:
Strukturdiagramm nach Leibundgut - Langmoos

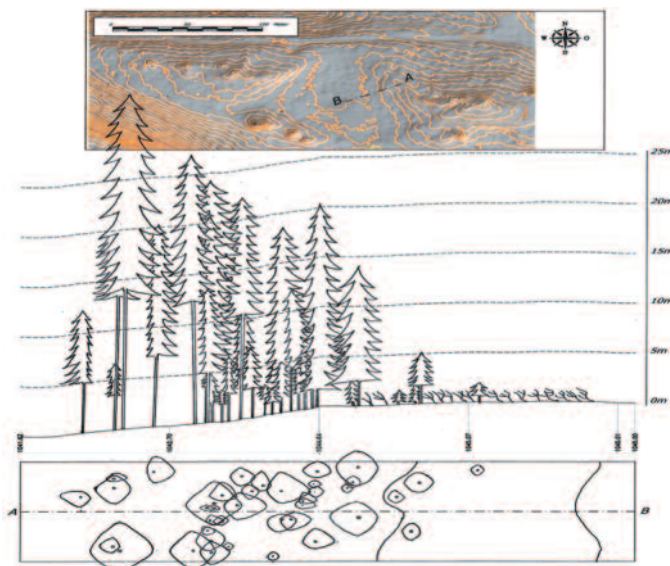


Abb. 10:
Strukturdiagramm nach Leibundgut - Rosstallmoos

Langmoos, wohl in Folge von Entwässerung und Torfschwund, sehr buckelig ist. Unter dem Latschenfilz wächst eine dichte Zwergstrauchschicht und der Boden ist fast vollständig mit unterschiedlichen Torfmoosen bedeckt. Weiter außen gelangt man ins Randgehänge, das mit geringwüchsiger *Picea abies* und *Abies alba* bestockt ist, sehr vereinzelt tritt *Sorbus aucuparia* in der Verjüngung auf. Die Baumindividuen stocken meist auf kleinen Erhöhungen, wo auch das Gros der Laubmoose angesiedelt ist. Wie bei SCHMIEDER et al. (in Druck) sind die Kronenformen, wie in Auf- und Seitenansicht gut erkennbar, sehr vielfältig. Einzelne freistehende Individuen zeigen eine gleichmäßige Krone. Die beherrschten Bäume der 2. Baumschicht haben oft sehr schmale Kronen oder bilden im Verhältnis zur Höhe sehr breite Schattenkronen aus. Der krautige Bodenbewuchs im Randgehänge ist üppiger als in den anderen Transektabschnitten (Tab. 1).

Die Häufigkeitsverteilung der Baumdurchmesser zeigt in beiden Transekten eine parabelartige Form, wobei einige höhere Durchmesserklassen unbesetzt sind (Abb. 11).

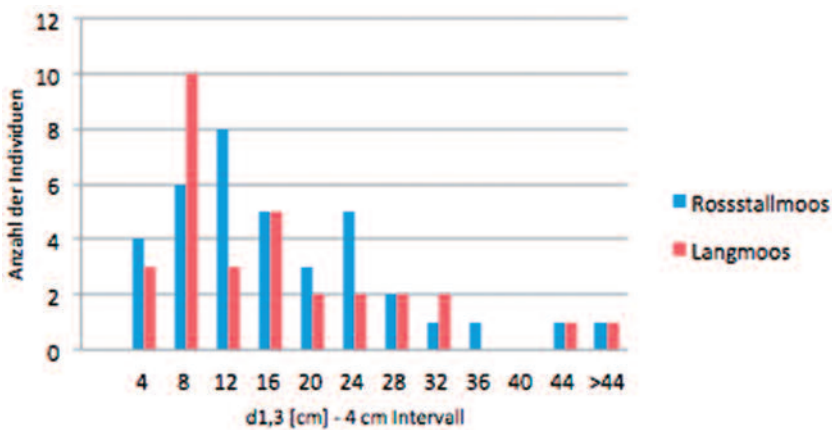


Abb. 11: Durchmesserverteilung der Bäume in den Transekten in 4 cm-Intervallen

Diskussion

Nach einer Diskussion der methodischen Fehlerquellen werden die Ergebnisse interpretiert und mit der Literatur verglichen.

Der kurze Zeitraum, in dem die Wasserpegel abgelesen wurden, war für eine zuverlässige Aussage über den Wasserhaushalt nicht ausreichend. Sehr wahrscheinlich liegen die Wasserstände in normalen Jahren deutlich höher. Am ehesten ist das feuchtere Ende der Messperiode als repräsentativ zu betrachten.

In beiden untersuchten Mooren wurde eine Zonation vom Hochmoorzentrum über ein oberes Randgehänge (geschlossenes Krummholzmoor) zum unteren Randgehänge (Fichten-Moorrandwald) festgestellt. Das mit Schwarzerlen bestockte Randlagg wurde in dieser Arbeit nicht untersucht.

Die Latschenfilze im Inneren der Moore entsprechen dem „Spirken- und Latschenmoor der östlichen Mittelgebirge und des Alpenrandes“ bei WALENTOWSKI et al. (2006). DIERSSEN & DIERSSEN (1984) ordnen solche Bestände dem *Pino mugo-Sphagnetum magellanici* innerhalb

der Klasse *Oxycocco-Sphagnetea* zu, sofern „zweigstrauch-, *cyperaceen*- und torfmoosbeherrschte ‚Teppichhorizonte‘ und Bultflächen“ vorhanden sind. Vor allem im anthropogen unbeeinflussten Rossstallmoos findet man einige Kennarten dieser Klasse, die im entwässerten Langmoos wegfallen: *Eriophorum vaginatum*, *Sphagnum angustifolium*, *Andromeda polifolia*. In beiden Mooren sind *Vaccinium oxycoccos*, *Vaccinium uliginosum* und *Sphagnum magellanicum* vorhanden. Die mittleren Wasserstände für natürliche Standorte liegen laut DIERSSEN & DIERSSEN (1984) 5-15 cm unter Flur und es kann zu maximalen Jahresschwankungen zwischen 20-35 cm kommen. Legt man die im Spätsommer gemessenen Pegelwerte zu Grunde, so kann man den Wasserhaushalt der Latschenfilze in beiden Mooren als intakt bewerten. Trotz des hohen Wasserstandes hinkt im Langmoos, wie die Korrelationen zwischen Zeigerwerten und Umweltvariablen zeigen, die Rückkehr der hochmoortypischen Vegetation nach drei Jahren der erfolgreichen Wiederherstellung der Wasserstände noch deutlich hinterher.

Die baumfreie Pflanzengesellschaft im Hochmoorzentrum (*Sphagnetum magellanicum*) ist sehr ähnlich zusammengesetzt wie das *Pino mugo-Sphagnetum magellanicum*. Das Wasser kann in diesem Bereich in Schlenken über Flur anstehen, die jedoch im trockenen August 2015 ausgetrocknet waren. Im September waren die Niederschläge im Vergleich zu den vergangenen Jahren wieder durchschnittlich und in den Schlenken stand das Wasser hoch an.

Das untere Randgehänge ist hauptsächlich mit *Picea abies* bestockt und stellt einen präalpiden Fichten-Moorwald im Sinne von WALENTOWSKI et al. (2006) dar. Typisch sind in beiden Mooren die Moose *Bazzania trilobata*, *Dicranodontium denudatum* und *Pleurozium schreberi* sowie hohe Zwergstrauchdeckungen. WALLNÖFER et al. (1993) bezeichnen diese Gesellschaft als *Sphagno girgensohnii-Piceetum*. Die Gesellschaft gehört zu den *Vaccinio-Piceetea* (SEIBERT 1992).

Für die ermittelten Pflanzengesellschaften sind die gemessenen pH-Werte überraschend hoch – sie legen Übergangsmoore nahe, da der von SUCCOW & JESCHKE (1986) genannte Grenzwert für Hochmoore von 4,8 überschritten wird. Nach DIERSSEN & DIERSSEN (1984) bilden kleine Moore selten reine Hochmoore, da ihre geringe Fläche nicht ausreicht, um das Mineralbodenwasser aus der Umgebung vollständig abzapfen zu können. Laut SUCCOW & JESCHKE (1986) werden Alpenmoore in Karmulden vorwiegend durch Mineralbodenwasser ernährt, was für die höheren pH-Werte eine gute Erklärung darstellt. Aufgrund der topografischen Lage der untersuchten Moore mit sehr deutlich ausgeprägtem Randlagg ist ein Einfluss von Hangwasser jedoch ausgeschlossen. Wahrscheinlich steht das Moorwasser mit dem darunterliegenden Kalkgestein in Kontakt und wird phasenweise durch Diffusion mit Basen angereichert. Ein Austausch mit kalkhaltigem Grundwasser könnte auch durch die hohe, oft 2 m übersteigende winterliche Schneedecke gefördert werden. Nach HUTTER et al. (1997) weist *Carex rostrata*, die im Rossstallmoos vorkommt, auf einen derartigen Baseneinfluss hin.

In Abb. 6 kann man sehen, dass der pH-Wert des Wassers im Langmoos nicht mit den Zeigerpflanzen korreliert. Das liegt daran, dass in entwässerten Mooren oberflächennahe Torfschichten stärker mineralisiert und somit Nährstoffe pflanzenverfügbar werden (DIERSSEN & DIERSSEN 1984). Die Messung der elektronischen Leitfähigkeit im Langmoos bestätigt aber, dass die Nährstoffe nicht im anstehenden Wasser gelöst sind, da Werte von 45-60 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (vgl. Tab. 2) ein sehr nährstoffarmes Milieu anzeigen.

In beiden Moortransekten besteht ein enger Zusammenhang zwischen der Lichtzahl nach ELLENBERG et al. (2001) und der Einstrahlung (Abb. 8). Im besonnten Probequadrat x-1 bei-

der Moore leben Pflanzen, die viel Licht benötigen. Es ist auffällig, dass die Lichtzahl vom Moorzentrum zum Fichtenmoorrandwald nur um höchstens eine Stufe sinkt. Der Lichtbedarf aller Arten im Moor ist sehr hoch und liegt fast immer über 20% relative Beleuchtungsstärke (DIERSSEN & DIERSSEN 2001). Die Überschirmung der Fichten ist zwar groß, aber sie besitzen kleine Nadeln, die mehr Licht durchlassen als Fichten auf gut mit Nährstoffen versorgten Böden. *Vaccinium uliginosum* ist lediglich in den offeneren Bereichen der Moore zu finden, während *Vaccinium myrtillus* erst unter dem Latschenfilz auftritt und im Fichtenwald optimal entwickelt ist.

Die parabolische Durchmesserverteilung der Fichten erinnert an die Verhältnisse in einem schlagweise bewirtschafteten Wirtschaftswald. Da in den Mooren aber keine geregelte Forstwirtschaft stattfindet, muss man annehmen, dass anderweitige Störungen wie Windwurf, Schneebruch und Borkenkäferbefall zu der Verteilung geführt haben (SÜSS 2015). In den höheren Durchmesserklassen ist der Kurvenverlauf teilweise unterbrochen. Dort sind frühere Kalamitäten mit anschließenden Verjüngungswellen anzunehmen. Das Ausdünnen der geringeren Durchmesserklassen ist dagegen vermutlich dem hohen Verbiss zuzuordnen, der die Naturverjüngung daran hindert, in größerer Anzahl in höhere Durchmesserklassen einzuwachsen. Würde man dieses Problem in den Griff bekommen, könnte sich die Durchmesserverteilung einer für Naturwälder typischen Hyperbel anpassen.

Naturschutzrechtlich sind Rossstallmoos und Langmoos seit 1998 durch eine Verordnung der Oberösterreichischen Landesregierung geschützt. Naturschutz und Moorschutz sind in der Republik Österreich Ländersache. Die beiden untersuchten Biotope sind Naturschutzgebiete im Sinne des § 21 Oö. NSchG (1995). Gestattet sind in solchen Gebieten gemäß § 21 Abs. 4 Oö. NSchG (1995) Maßnahmen zur Erhaltung und dem Schutz, jagdliche Nutzungen, die Ausübung des Beweidungsrechts und – bei entsprechendem Bodenfrost – die forstliche Einzelstammnutzung und sogar das Befahren im Rahmen forstwirtschaftlicher Nutzungen. Gemäß Anhang I der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie sind in den beiden Mooren die prioritären Lebensraumtypen 91D0* (Moorwälder) und 7110* (Lebende Hochmoore) zu finden. Die Österreichischen Bundesforste haben ein Moorschutzprogramm entwickelt mit dem Ziel, beeinträchtigte Moore zu renaturieren. So wurde das Langmoos im Zuge des Projektes „Moorrevitalisierung Inneres Salzkammergut“ renaturiert. Weitere 62 Moore sollen alleine in diesem Forstbezirk in ihren ursprünglichen Zustand gebracht werden, wobei auch Moore angrenzender Grundeigentümer einbezogen werden (ÖSTERREICHISCHE BUNDESFORSTE AG 2009).

Eine forstwirtschaftliche Nutzung der Fichten-Moorrandwälder ist kritisch zu sehen, da ihre hochempfindlichen Böden nicht wie normale Mineralböden zu erschließen sind. Nach SÜSS (2015) muss bei jeglichen Erschließungen in Moorrandwäldern ein individuelles Konzept gefunden werden. Durch die geringen Wuchsleistungen der Fichte kommt auf diesen Standorten selten genug Kronenmaterial zusammen, um bei Maschineneinsatz nachhaltigen Bodenschutz zu gewährleisten. In den kleinen Gebirgsmooren um Bad Ischl ist Befahrung leicht zu vermeiden, an den schmalen Randgehängen ist der Einsatz einer Seilwinde leicht möglich. Bei Käferbefall ist eine Bekämpfung durch Entrindung wünschenswert, zumal das zurückbleibende Totholz einen hohen ökologischen Wert für weitere seltene Arten hat.

Die beiden untersuchten Moore sind alles in allem in einem intakten Zustand, wobei man den menschlichen Einfluss im Langmoos am deutlichsten an Hand der Vegetation erkennen kann. Der hohe Deckungsgrad von *Pinus mugo* im Zentrum des Langmooses könnte durch frü-

here Entwässerung bedingt sein und die stickstoffzeigenden Arten zeigen Störungen im Torfkörper an. Durch die Renaturierungsmaßnahmen der Bundesforsten im Jahre 2012 wurde, wie der Vergleich der Pegelmessungen beweist (Abb. 2), ein dem Rossstallmoos vergleichbarer Wasserstand wiederhergestellt. Die Vegetation hat sich aber aktuell noch nicht an diese Veränderungen im Wasserregime angepasst. Durch die Wiedervernässung ist zu erwarten, dass die Torfmoosdeckung steigt und weitere Hochmoorbewohner zurückkehren. Die nächsten Jahre und Jahrzehnte werden zeigen, inwieweit sich das Langmoos von den menschlichen Eingriffen erholt.

Als Teil der naturnahen Zonation sollten die auf den Mooren stockenden Waldbestände sich selbst überlassen bleiben. Moorschutz ist nicht nur Artenschutz, sondern nicht zuletzt auch Klimaschutz. Im Sinne des Klimaschutzes sind nicht nur die offenen Hochmoore zu schützen, sondern auch die naturnahen, intakten Moorwälder, da diese in Hinsicht auf die Klimagas-Forschung gleichwertig zu beurteilen sind (DRÖSLER et al. 2012). Das Befahren mit Forstmaschinen sollte in den schmalen Moorrandwäldern vermieden, Borkenkäferanfall ggfs. nach Entrinden in den Beständen belassen werden (SCHMIEDER et al. in Druck).

Literaturverzeichnis

- DIERSSEN, B. & DIERSSEN, K. 1984: Vegetation und Flora der Schwarzwaldmoore. Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe.
- DIERSSEN, B. & DIERSSEN, K. 2001: Moore. Ulmer, Stuttgart.
- DRÖSLER, M., SCHALLER, L., KANTELHARDT, J., SCHWARGER, M., FUCHS, D., TIEMAYER, B., AUGUSTIN, J., WEHRHAN, M., FÖRSTER, C., BERGMANN, L., KAPFER, A. & KRÜGER, G.-M. 2012: Beitrag von Moorschutz- und Revitalisierungsmaßnahmen zum Klimaschutz am Beispiel von Naturschutzgroßprojekten. *Natur und Landschaft* **87**: 82-89.
- ELLENBERG, H., WEBER, H. E., DÜLL, R., WIRTH, V. & WERNER, W. 2001: Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa, 4. Auflage. *Scripta Geobotanica* **18**, Goltze, Göttingen.
- FISCHER, M., OSWALD, K. & ADLER, W. 2008: Exkursionsflora für Österreich, Liechtenstein und Südtirol, 3. Aufl. Biologiezentrum des Oberösterreichischen Landesmuseums, Linz.
- FRAZER, G. W., CANHAM, C. D. & LERTZMAN, K. P. 1999: Gap Light Analyzer (GLA), Version 2.0. Imaging software to extract canopy structure and gap light transmission indices from true-colour fisheye photographs, users manual and program documentation. Simon Fraser University, Burnaby, British Columbia, Institute of Ecosystem Studies, Millbrook, New York.
- GEOGRAPHISCHES INSTITUT 1996: Neuer Konzenn Atlas. Edition Hölzel, Wien.
- HASEKE, H. 2013: Wassermessungen und Analysen 2011-2013: LE-M323 Projekt der ÖBf. Moorrevitalisierung Inneres Salzkammergut (OÖ): Langmoos (Bad Ischl), Leckenmoos (Bad Ischl), Rotmoos (Gosau), Torfstube (Gosau). Nationalparkbetrieb Kalkalpen, Großraming.
- HENNEKENS, S. 1998-2013: Turboveg for Windows 2.100, international single user version. Alterra, Wageningen.
- HÖLZER, A. 2010: Die Torfmoose Südwestdeutschlands und der Nachbargebiete. Weissdorn-Verlag, Jena.
- HUTTER, C., KAPFER, A. & POSCHLOD, P. 1997: Sümpfe und Moore – Biotope erkennen, bestimmen, schützen. Weitbrecht-Verlag, Stuttgart.
- JANSEN, F. & DENGLER, J. 2008: GermanSL – eine universelle taxonomische Referenzliste für Vegetationsdatenbanken. *Tuexenia* **28**: 239-253
- KILIAN, W., MÜLLER, F. & STARLINGER, F. 1994: Die forstlichen Wuchsgebiete Österreichs. Eine Naturraumgliederung nach waldökologischen Gesichtspunkten. Forstliche Bundesversuchsanstalt, Wien.

- MÜLLER-KROEHLING, S. & ZOLLNER, A. 2015: Moorschutz im Wald – gestern, heute, morgen. LWF aktuell **104**: 21-25.
- NATURRAUMKARTIERUNG OBERÖSTERREICH (2005). Landschaftserhebung Gemeinde Bad Ischl, Endbericht. Amt der O. ö. Landesregierung, Kirchdorf an der Krems.
- NEBEL, M. & PHILIPPI, G. 2001: Die Moose Baden-Württembergs, Band 2. Ulmer, Stuttgart.
- NEBEL, M. & PHILIPPI, G. 2005: Die Moose Baden-Württembergs, Band 3. Ulmer, Stuttgart.
- ÖSTERREICHISCHE BUNDESFORSTE AG (2010). Projekt "Moorrevitalisierung Inneres Salzkammergut" gemäß Art. 57a im Rahmen der Entwicklung des ländlichen Raumes. Dienstleistung - Hydrologisches Monitoring, Endbericht. Wien.
- PFADENHAUER, J. 1999: Leitlinien für die Renaturierung süddeutscher Moore. Natur und Landschaft **74**: 18–29.
- SCHAMBERGER, T. (2016): Naturnahe Moore im Inneren Salzkammergut Oberösterreichs – Struktur, Vegetation und Umweltfaktoren. Bachelorarbeit Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Freising.
- SCHMIEDER, B., EWALD, J. & JEHL, H. (in Druck): Naturnahe Moorrand-Fichtenwälder im Bayerischen Wald. Waldökologie, Landschaftsforschung und Naturschutz. Online verfügbar unter http://www.afsv.de/download/literatur/waldoekologie-online/waldoekologie-online_heft-17-1.pdf.
- SEIBERT, P. (1992): Klasse: Vaccinio-Piceetea Br.-Bl. In Br.-Bl. Et al. 39. In: OBERDORFER, E.: Süd-deutsche Pflanzengesellschaften Teil IV: Wälder und Gebüsch, 2., stark bearbeitete Auflage. Jena: G. Fischer.
- SUCCOW, M. & JESCHKE, L. (1986): Moore in der Landschaft: Entstehung, Haushalt, Lebewelt. Urania, Leipzig.
- Suess, S. (2015). Moorrandfichtenwälder im Alpenvorland – Vegetation, Struktur und Naturschutz. Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Freising.
- WALENTOWSKI, H., EWALD, J., FISCHER, A., KÖLLING, C. & TÜRK, W. (2006). Handbuch der natürlichen Waldgesellschaften Bayerns, 2. Auflage. Geobotanica Verlag, Freising.
- WALLNÖFER, S., MUCINA, L. & GRABHERR, G. (1993): Die Pflanzengesellschaften Österreichs – Teil 3 Wälder und Gebüsch. G. Fischer, Jena.
- ZENTRALANSTALT FÜR METEOROLOGIE UND GEODYNAMIK (2015): Erste Bilanz zum meteorologischen Sommer 2015. <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/klima-aktuell/jahresueckblick/wettersueckblick?monat=GJ&jahr=2015> (aufgerufen am 03.02.2016).
- ZENTRALANSTALT FÜR METEOROLOGIE UND GEODYNAMIK (2016): <http://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/klimauebersichten/jahrbuch> (aufgerufen am 24.02.2016).