

Schrautzer, J., Martens, T., Nagel, F., von Scheffer, C., Gerhardt, M., Kroening, K. & Unkel, I. (2021): Auswirkungen der Entwässerung auf die Struktur und Funktion des Hörnlepassmoores (Kleinwalsertal, Vorarlberg).

inatura – Forschung online, 91: 17 S.



Auswirkungen der Entwässerung auf die Struktur und Funktion des Hörnlepassmoores (Kleinwalsertal, Vorarlberg)

Nr. 91 - 2021

Joachim Schrautzer¹, Tjark Martens¹, Frederik Nagel¹, Clemens von Scheffer², Marcel Gerhardt³, Kevin Kroening³ & Ingmar Unkel¹

¹ Prof. Dr. Joachim Schrautzer, Tjark Martens M. Sc., Frederik Nagel,
Prof. Dr. Ingmar Unkel,
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Ökosystemforschung
Olshausenstraße 75, D - 24118 Kiel
E-Mail: jschrautzer@ecology.uni-kiel.de

² Dr. Clemens von Scheffer, University of Aberdeen, School of Geosciences

³ Marcel Gerhardt MSc, Prof. Dr. Kevin Kröninger,
Technische Universität Dortmund, Lehrstuhl Experimentelle Physik IV

Zusammenfassung

Der Moorkomplex Hörnlepassmoor im Kleinwalsertal gehört aufgrund seiner vielfältigen Biotopausstattung und seines hohen Artenreichtums zu den ökologisch bedeutsamsten Mooren des Landes Vorarlberg. Das insgesamt 27 ha große Gebiet wird deshalb zu Recht im Entwurf des Aktionsplans Moorschutz des Landes als prioritäres Entwicklungsprojekt aufgeführt. Die vorliegende geobotanische und vegetationshistorische Studie hat zum Ziel, für künftige Planungen von Renaturierungsmaßnahmen eine geeignete Datengrundlage zu schaffen. Der Schwerpunkt wird dabei auf die Dokumentation des aktuellen Zustandes des Moores unter Arten- und Klimaschutzgesichtspunkten gelegt. Zudem erfolgt auf Basis der kombinierten Analyse von historischen und aktuellen Luftbildern, der Zusammensetzung von Großresten in Moorprofilen sowie Daten zu Isotopen in den Torfen eine Rekonstruktion der überwiegend anthropogen bedingten Moorentwicklung in den vergangenen Jahrzehnten. Die Ergebnisse zeigen, dass sich die zu verschiedenen Zeitpunkten durchgeführten Entwässerungsmaßnahmen auf die Struktur und Funktion des Moorkomplexes in unterschiedlicher Weise ausgewirkt haben. Auffällig sind vor allem die Zunahme von artenarmen, oberflächennah versauerten Pfeifengraswiesen im Bereich der Skiloipe, die Ausbreitung von stärker entwässerten Latschenkiefern-Beständen im zentralen Moorbereich sowie der Verlust an mesotrophen, von mineralstoffreichem Wasser beeinflussten Übergangsmooren an den Hangfüßen zugunsten von oligotrophen Torfmoosgesellschaften. Anhand von Luftbildern und Isotopen-Daten im Moorprofil konnte nachgewiesen werden, dass letzterer Prozess als sekundäre Ombrotrophierung interpretiert werden kann, weil die Anlage von Entwässerungsgräben vor etwa 60 Jahren zeitlich mit dem Beginn der jüngeren Torfbildung, induziert durch das ¹⁴C- beziehungsweise das ²⁴¹Am-Signal im Torf, zusammenfällt. In dieser Zeit wurden durch Torfbildung erhebliche Mengen an Kohlenstoff gespeichert, die von der Größenordnung her sehr gut mit methodisch anders ermittelten Torfbildungsraten an vergleichbaren Standorten übereinstimmten. Die flächenhafte Gesamtbilanz der Treibhausgas (THG)-Emissionen zeigte aber, dass diese durch Entwässerung hervorgerufenen positiven Effekte durch die verstärkten CO₂-Freisetzungen in den entwässerten Mooren hangaufwärts in der Gesamtbilanz negativ überkompensiert wurden. Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass sich der Moorkomplex Hörnlepassmoor bezüglich seiner ökologischen Funktionen noch in einem vergleichsweise guten Zustand befindet. Auf der anderen Seite besteht Handlungsbedarf bezüglich der Optimierung seiner Strukturvielfalt und seiner Klimarelevanz beziehungsweise seiner Resilienz gegenüber dem Einfluss der langfristig zu erwartenden Klimaänderung. Empfehlungen zu entsprechenden Managementmaßnahmen werden in dieser Studie gegeben.

Schlüsselworte: Moorhydrologie, primäre und sekundäre Ombrotrophierung, Treibhausgasbilanz, Moormanagement, Isotopenanalysen

1 Einleitung und Zielsetzung

Im Rahmen der Vorbereitungen zur Österreichischen Moorschutzstrategie erarbeitet das Land Vorarlberg einen Aktionsplan Moorschutz und beteiligt sich damit an den internationalen Bemühungen, die Funktion von Mooren verstärkt bei Lösungsansätzen zur Bewältigung aktueller Umweltprobleme wie Biodiversitätsverlust und Klimawandel zu berücksichtigen (EUROPEAN COMMISSION 2021, HIRAISHI et al. 2014, LOVELOCK et al. 2019). Ziel des Vorhabens ist, naturnahe Moore zu erhalten und die Funktionsfähigkeit geschädigter Moore wiederherzustellen. In einer vorläufigen Prioritätenliste von Moorschutz- und Entwicklungsprojekten wird im Entwurf des Aktionsplanes auch die Renaturierung des Hörnlepassmoores im Kleinwalsertal an vorderer Stelle aufgeführt. Es handelt sich dabei um einen vielgestaltigen, insgesamt ca. 27 ha großen Moorkomplex, der naturschutzfachlich als Biotop von internationaler Bedeutung eingestuft wurde (STAUDINGER 2008). Das Gebiet war bereits in der Vergangenheit mehrmals Gegenstand intensiver ökologischer Forschungsaktivitäten. So rekonstruierte DIEFFENBACH-FRIES (1981) im Rahmen ihrer Dissertation die Entstehungsgeschichte des Moores anhand pollenanalytischer und makrofossilanalytischer Untersuchungen. Außerdem wurde der aktuelle Zustand des Gebietes im Rahmen einer 2016 durchgeführten geobotanischen Untersuchung der Moore im Kleinwalsertal dokumentiert (vgl. MARTENS 2017, EL BALTI et al. 2017, SCHRAUTZER et al. 2019). In diesen Studien wurden bereits Hypothesen zur jüngeren Entwicklung des Moores in den letzten Jahrzehnten formuliert, deren Überprüfung durch konkrete Daten noch nicht möglich war. Im Vordergrund stand dabei die Annahme, dass die Anlage von Entwässerungsgräben im oberen, Richtung Hang gelegenen Teil des Moores den Zustrom mineralstoffreichen, oberflächennahen Bodenwassers verhindert und damit zur Ombro-

trophierung der dort natürlicherweise vorherrschenden Übergangsmoorbereiche geführt hat. Diese Vermutung äußerte bereits DIEFFENBACH-FRIES (1981), die in dem unterhalb eines Entwässerungsgrabens befindlichen Bodenprofil im obersten Horizont ein verstärktes Auftreten der *Sphagnum magellanicum*-Gruppe feststellte und dies mit einem »hochmoorartigen« Wachstum in Verbindung brachte. Um diese Zusammenhänge im Detail belegen zu können, wurden seit 2018 weitere vegetationskundliche, hydrologische und moorbodenkundliche Untersuchungen im Gebiet durchgeführt. So wurden zur Erfassung der Bodenwasserdynamik Dauermessstellen eingerichtet, die seit mittlerweile 3 Jahren in der Vegetationszeit zeitlich hoch aufgelöst die Wasserstände dokumentieren. An diesen Standorten wurden außerdem neue Bohrkerne entnommen, um die Moorentwicklung beziehungsweise die damit verknüpfte Anreicherung von organisch gebundenem Kohlenstoff genauer zu rekonstruieren. Isotopen-Untersuchungen an ausgewählten Proben sollten dabei wichtige Erkenntnisse zur genaueren zeitlichen Einordnung dieser Prozesse liefern. Auf der Grundlage dieser Ergebnisse und unter Einbeziehung von älteren und neuen Daten zur Vegetationsstruktur, Hydrologie und Moorgenese soll in dieser Studie die aktuelle ökologische Funktionsfähigkeit des Hörnlepassmoores beurteilt werden. Im Detail werden folgende Ziele verfolgt:

- Dokumentation der hydrologischen Verhältnisse im gesamten Moorkomplex und Beurteilung der damit im Zusammenhang stehenden Vegetations- und Moorentwicklung.
- Teilflächenspezifische Beurteilung der Klimarelevanz des Moores.
- Erarbeitung von Managementempfehlungen zur Optimierung der ökologischen Funktionsfähigkeit des Moores unter Arten- und Moorschutzaspekten.

2 Untersuchungsgebiet

Das zum Land Vorarlberg gehörende Kleinwalsertal liegt auf einer Höhe von 1.100 bis 1.250 Metern über dem Meeresspiegel am Nordwestrand der österreichischen Alpen. Aufgrund ihrer hohen Niederschlagsraten und hoher Luftfeuchtigkeit ist diese Region prädestiniert für die Entstehung von Mooren. Besonders ausgeprägt sind die Vermoorungen im Bereich Schwende-Hörnlepass. Dazu gehört das aus verschiedenen Moortypen komplex aufgebaute Hörnlepassmoor auf einer Höhe von 1150 m SH mit einer Gesamtfläche von ca. 27 ha (STAUDINGER 2008). Das Moor beginnt im Westen unterhalb eines Berggasthofes mit einem Hangmoor, das in östlicher Richtung von einem in Muldenlage befindlichen Hochmoor abgelöst wird. Vor der Umsetzung von Entwässerungsmaßnahmen wurde die Vegetation des Hochmoores noch randlich mit mineralstoffreichem Oberflächen- und Bodenwasser versorgt, wobei dessen Wirkung zum Hochmoorzentrum kontinuierlich abnahm. Von West nach Ost hat das Moor in Terrassenlage nach Nivellierungen von DIEFFENBACH-FRIES (1981) ein deutliches Gefälle von ca. 10 m auf einer Länge von 300 m. Nach Norden wird das Moor von einem Tobel des Hörnlebaches begrenzt, nach Süden fällt das Moor um etwa 15 m ab und endet in einer weiteren Moorterrasse, die sich noch weiter südlich wieder in einen Hangbereich fortsetzt. Der obere Teil des Hochmoores ist in West-Ost-Richtung als Sattel ausgebildet. Die Wasserscheide liegt etwas unterhalb des Berggasthofes und bestimmt den Abfluss des Bodenwassers in Richtung Norden und Süden (Abb. 1). Die Hydrologie und Struktur des Hörnlepassmoores wurde in den vergangenen Jahrzehnten durch den Menschen maßgeblich beeinflusst. Wie eine Zeitreihe von Luftbildern des oberen Teilbereiches des Moores zeigt, konnte das Hangwasser in den 1950er Jahren noch nahezu ungehindert in Richtung

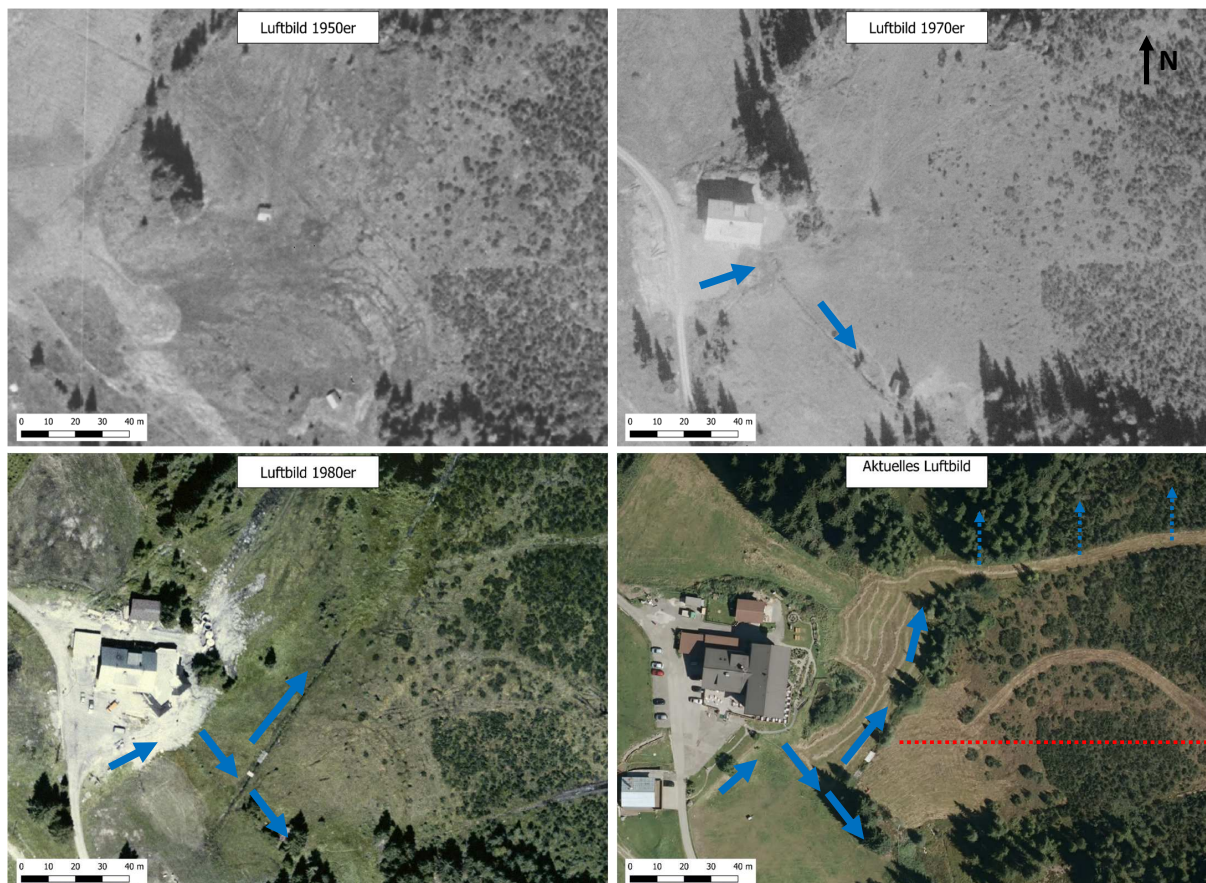


Abb. 1: Zu unterschiedlichen Zeitpunkten aufgenommene Luftbilder des oberen, westlichen gelegenen Bereiches des Hörnlepassmoores. Rote Linie im aktuellen Luftbild unten rechts: Ungefähre Lage der Wasserscheide. Blaue Pfeile: Abflussrichtung.

Osten zum Moorzentrum abfließen (Abb. 1). Nach dem Neubau des Berggasthofes und seiner Zuwegung im Jahr 1960 fanden die ersten nennenswerten hydrologischen Veränderungen im Gebiet statt. So sind im Luftbild der 1970er Jahre südlich des Gasthofes von West nach Ost laufende Gräben zu erkennen (Abb. 1). Ein weiterer Eingriff in den Wasserhaushalt des Moores war die Anlage eines weiteren, in nordöstlicher Richtung laufender Graben unterhalb des Gasthofes, die vermutlich zeitlich mit der Etablierung einer Skiloipe Mitte bis Ende der 1970er Jahre zusammenfällt. Im Verlauf der Loipe wurden die Latschen komplett entfernt und an etlichen Stellen wurden kleine Gräben und Dränagen angelegt, um Stauwasser zu vermeiden. Man kann davon ausgehen, dass ab diesem Zeitpunkt der gesamte zentrale Bereich des Moores mit Ausnahme kleiner Austritte von aus tieferen Bodenschichten aufsteigendem Grund-

wasser nur noch von Regenwasser gespeist wurde. Ein weiterer, den Wasserhaushalt des Moores negativ beeinflussender Graben befindet sich weiter östlich Richtung Moorzentrum am Nordrand des Moores (nicht abgebildet). Bis heute wurde an dieser Situation nichts wesentlich verändert; im Bereich des Gasthofes wurde der Abfluss von Oberflächenwasser durch Verrohrungen sogar noch verstärkt. Über die Art und Intensität der Landnutzung im Hörnlepassmoor liegen den Verfassern dieser Studie nur wenige konkrete Angaben vor. Aktuell wird nur noch der direkt unterhalb des Berggasthofes liegende Hangbereich als Wiese genutzt. In der Arbeit von DIEFFENBACH-FRIES (op. cit.) wird erwähnt, dass auch noch in weiteren Flächen des Moores bis Ende der 1970er Jahre Streumahd und gelegentliche Beweidung stattfand.

3 Methoden

3.1 Erfassung der Vegetation

Zur Dokumentation von Auswirkungen der Entwässerung und der Nutzung auf die Vegetationsstruktur wurden nur Aufnahmen in die Auswertung einbezogen, von denen Informationen zu Wasserständen beziehungsweise zur Art der Nutzung vorlagen. Die Daten stammen überwiegend aus MARTENS (2017) und EL BALTI et al. (2017). Außerdem wurden ältere, im Rahmen eines studentischen Praktikums im Jahr 2013 entstandene Aufnahmen verwendet und die Vegetation an den Standorten der 2018 eingerichteten Grundwassermessstellen im Jahr 2021 neu aufgenommen. Die Klassifizierung der Vegetationstypen erfolgt nach SCHRAUTZER et al. 2019. Als Grundlage für die Darstellung der räumlichen Verteilung der Vegetationstypen und der damit im engen Zusammenhang

stehenden, vor allem jüngeren Moorgenese dient die Vegetationskarte von MARTENS (2017). Die für diese Studie herangezogene kartierte Fläche beträgt 7 ha (Abb. 2).

3.2 Hydrologische Untersuchungen und Auswertung

Um die hydrologischen Verhältnisse im Hörnlepassmoor in ihrer räumlichen Verteilung aufzuzeigen, standen im Sommer 2016 aufgenommene Daten von 20 über das gesamte Moor verteilten Grundwasserröhren zur Verfügung (Abb. 3). Die Messungen erfolgten in wöchentlichen, teilweise auch kürzeren Abständen vom 28. Juni bis zum 30. Juli dieses Jahres. Um den zeitlichen Verlauf der Grundwasserstände genauer und kontinuierlich zu erfassen, wurden im Frühsommer 2018 weitere 4 Bodenwassermessstellen mit Dataloggern der Fa. HT Hydrotechnik installiert. Die Logger messen seitdem in 30-minütigen Ab-

ständen die Wasserstände nur während der Vegetationsperioden, da sie aus Sicherheitsgründen im Winter ausgebaut wurden. Im Rahmen dieser Studie werden die Ergebnisse von 2 dieser neuen Bodenwassermessstellen herangezogen. Dabei liegt ein Logger-Standort unweit des Hauptentwässerungsgrabens südlich der Skiloipe in einem Bereich, in dem die Latsche nur sporadisch auftritt, während sich die andere Messtelle weiter östlich in einem dichten, etwa 2 m hohen Latschen-Bestand befindet (Abb. 3). Diese räumliche Verteilung der Messstellen erfolgte auch vor dem Hintergrund, dass die Daten gegebenenfalls auch Erkenntnisse bezüglich des Einflusses der Transpirationsleistung der Latschenkiefer auf die Bodenwasserdynamik liefern.

Am Logger-Standort 1 wurde 2018 zusätzlich ein weiterer Logger installiert, der die Niederschlagsmenge kontinuierlich erfasst. Die Ergebnisse zur Wasserstandsdynamik werden in

Form von Liniengrafiken präsentiert. Außerdem werden für jedes Jahr und Standort hydrologische Kennwerte wie mittlerer, minimaler und maximaler Wasserstand angegeben.

3.3 Untersuchungen des Moorbodens

Zur Rekonstruktion der jüngeren Moorgenese wurden Daten von Profilbohrungen aus dem Jahr 2016 herangezogen (Abb. 3). Da sich die Auswertungen in erster Linie auf die Analyse der jüngeren Entwicklung beziehen, wurden nur die Daten bis in 1 m Tiefe verwendet und außerdem die Torfarten nur grob klassifiziert. Eine wichtige Rolle spielt dabei allerdings die Angabe, ob ein Vererdungshorizont vorliegt, der Rückschlüsse auf die Entwässerungsintensität zulässt. Um die im Moorboden gespeicherten Kohlenstoffmengen detailliert zu erfassen und zudem eine Vorstellung vom zeitlichen Ablauf der C-Spei-

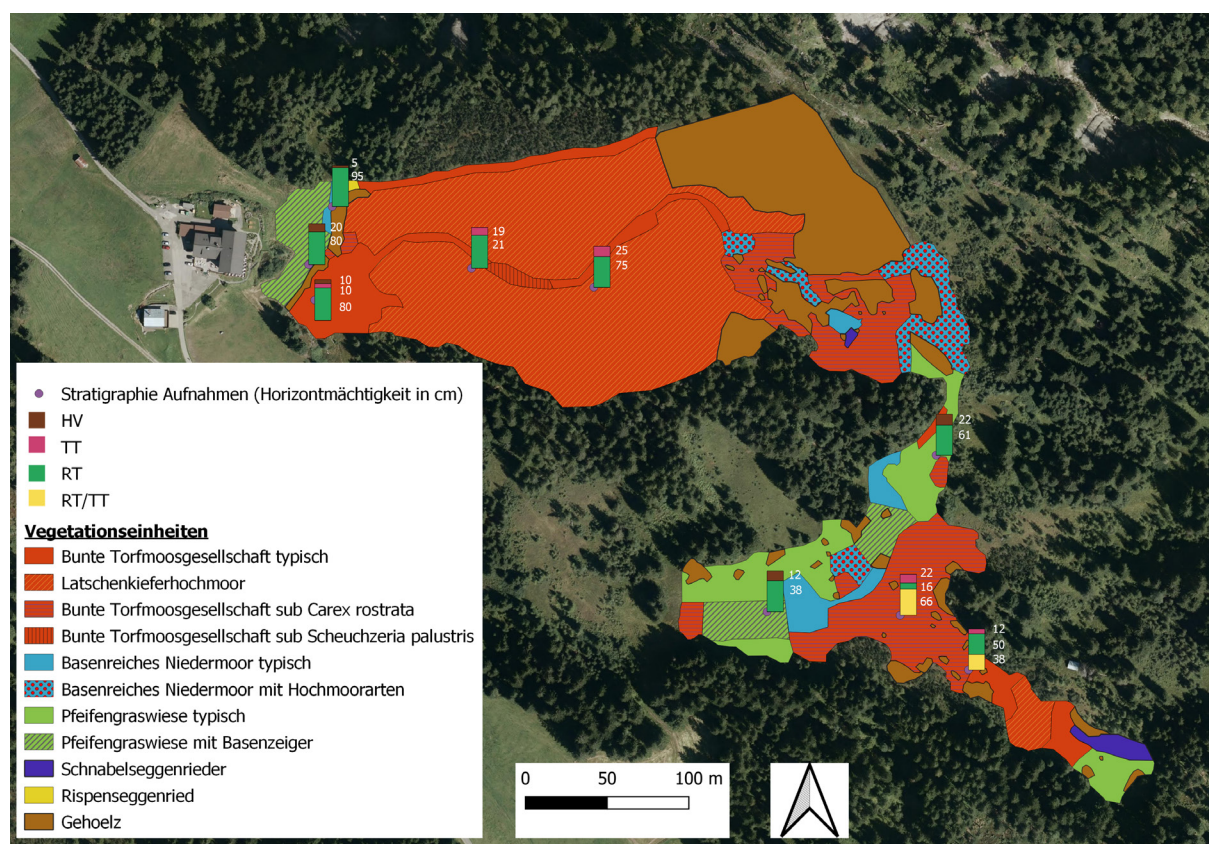


Abb. 2: Vegetationskarte (kartierte Fläche 7 ha) und grobe Charakterisierung von Bodenprofilen bis in 1m Tiefe. Es bedeuten: HV = Vererdungshorizont; TT = *Sphagnum*-Torf; RT = Radizellentorf.

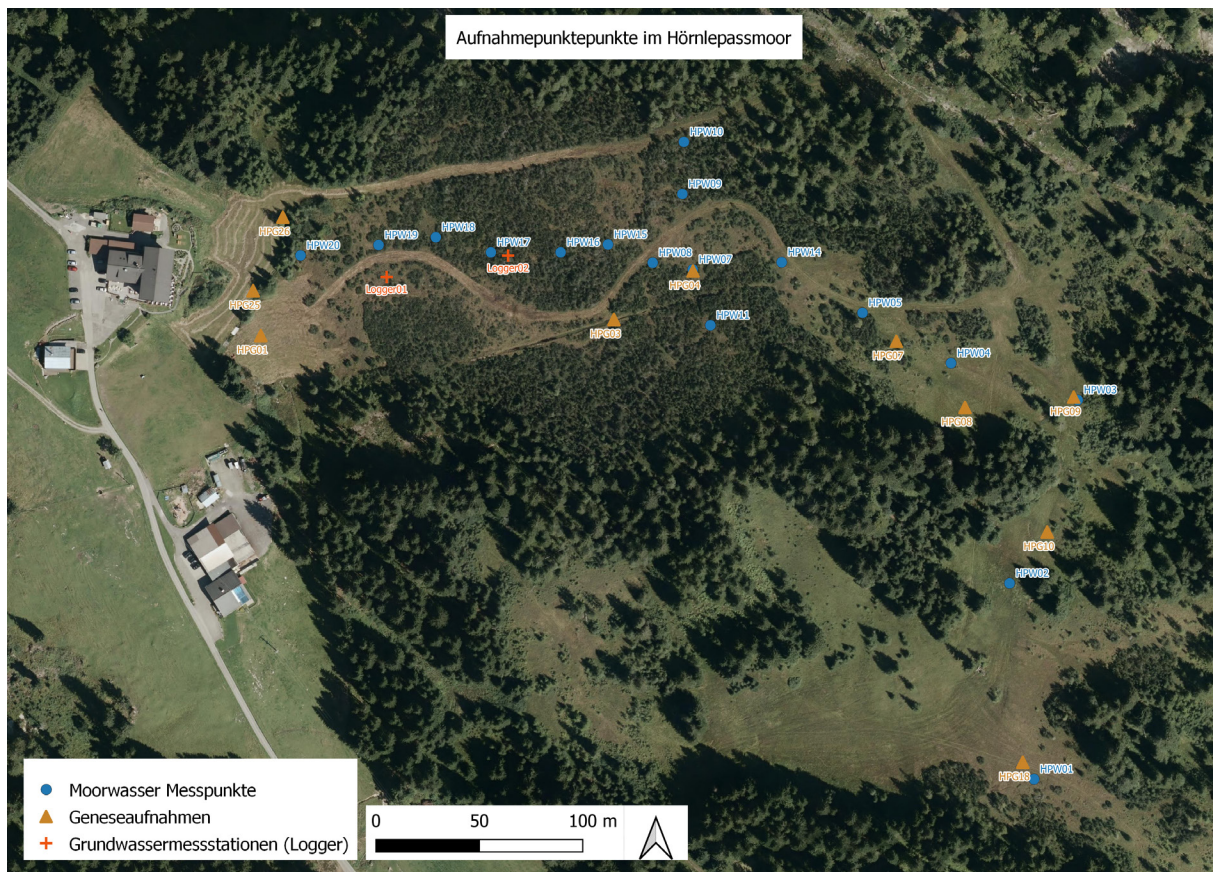


Abb. 3: Grundwassermessstellen und Standorte, an denen die Genese des Moores mittels Großrestanalysen rekonstruiert wurde.

cherung zu bekommen, wurde am Loggerstandort 1 bis in 90 cm Tiefe ein 10x10 cm Moorprofil mit einem Wardenaar Torfbohrer entnommen. Anschließend wurde der Bohrkern tiefgefroren und unter Beachtung der Vorgaben von GIVÉLET et al. (2004) in 1-2 cm dicke Scheiben zerschnitten und halbiert. Durch Messung der Dimensionen sowie dem Wiegen einer Teilprobenreihe im gefroren-nassen Zustand sowie nach erneuter Gefrier-trocknung wurde die Trocken- bzw. Lagerungsdichte bestimmt. Zur Bestimmung der C/N-Gehalte und zur Messung der ^{241}Am -Aktivität wurden diese Proben homogenisiert. Acht dieser Proben aus den oberen 27 cm wurden in 10 ml PP-Röhrchen schrittweise auf 8 ml komprimiert, mit Parafilm bedeckt und mit Heißkleber versiegelt. An der TU Dortmund wurde in den Proben jeweils für mindestens 13 Tage die ^{241}Am -Aktivität aufgezeichnet. ^{241}Am wurde phasenweise durch oberirdische Atomwaffentests freige-

setzt, ist in Mooren nachweisbar und als Zeitmarker verwendbar (Li et al. 2017). Zudem wurden in zwei Proben (Tiefen 17,5 cm und 49,5 cm) Moose der Gattung *Sphagnum* isoliert und mittels ^{14}C am Kieler Leibniz-Labor für Isotopenforschung und Altersbestimmung datiert.

Die hydrologischen und moorbodenkundlichen Ergebnisse am Loggerstandort 1 sollten zudem Aufschluss darüber geben, ob die Abtrennung dieses Teilbereiches vom Hangzugwasser durch den Entwässerungsgraben die Bildung von Torfmoos-Auflagen gefördert haben könnte.

3.4 Abschätzung der flächenhaften Treibhausgas (THG)-Bilanz

Grundlage für die flächenhafte Beurteilung der Ökosystemtypen des Hörnlepassmoores hinsichtlich ihrer Relevanz für den Klimaschutz ist das von COUWENBERG et al. (2008)

beziehungsweise COUWENBERG (2011) entwickelte GEST-Modell (Treibhausgas-Emissions-Standort-Typ). Das Verfahren beruht auf einem pflanzensoziologischen Ansatz zur Indikation der Standortsbedingungen. Auf der Grundlage von Koinzidenzen zwischen der Vegetationszusammensetzung und den mittleren jährlichen Grundwasserständen (vgl. die Klassifizierungen von Wasserstufen bei SCHOLLE & SCHRAUTZER 1993 und KOSKA et al. 2001) werden den Vegetationstypen jährliche Emissionswerte für Methan und Kohlenstoffdioxid zugeordnet. Das GEST-Verfahren berücksichtigt nicht die Lachgas-Emissionen, weil bislang statistisch abgesicherte, als Proxy für Lachgasflüsse von Böden geeignete Parameter fehlen (TREPPEL 2008). Das anfänglich teilweise auf Schätzungen basierende Modell wird ständig durch die Einbeziehung neuer Untersuchungsergebnisse zu den Spurengasflüssen in Mooren aktualisiert. Die Kalkulationen in dieser Stu-

die basieren vorwiegend auf den überarbeiteten GEST-Typen von JOOSTEN et al. (2013) und REICHELT (2015). Grundsätzlich handelt es sich dabei um eine erste Beurteilung der THG-Emissionen, da Messungen von Spurengasflüssen in den Mooren des Alpenraumes bislang nur selten durchgeführt wurden. Wichtige neue Erkenntnisse zur THG-Dynamik eines Latschenkiefern-Hochmoores in den österreichischen Zentralalpen liefert allerdings eine neue Publikation von DROLLINGER et al. (2019). Da dieser Ökosystemtyp auch im Hörnlepassmoor flächenhaft eine bedeutende Rolle spielt, werden die auf Eddy-Covariance(EC)-Messungen basierenden Ergebnisse in dieser Studie intensiv diskutiert und versucht, sie in die Gesamtkalkulation der Klimarelevanz des Hörnlepassmoores zu integrieren.

4 Ergebnisse

4.1 Vegetationstypen und ihre Verteilung im Gebiet

Die Zusammenhänge zwischen der Vegetationsstruktur der Moore im Kleinwalsertal und den hydrologischen Bedingungen wurden bereits bei SCHRAUTZER et al. (2019) dokumentiert und erörtert. Eine Übersicht über die Verhältnisse im Hörnlepassmoor gibt *Tabelle A* im Anhang. Die Vegetation lässt sich dort grob in folgende vier flächenhaft relevante Typen einteilen:

Bunte Torfmoosgesellschaft

(*Sphagnetum medii*)

(*Tab. A, Sp. 1-7, 1,56 ha*)

Die Pflanzengesellschaft ist charakteristisch für offene Hochmoorflächen. Die Artenzusammensetzung wird überwiegend geprägt von ombrotrophanten Arten wie *Eriophorum vaginatum* (Scheidiges Wollgras), *Drosera rotundifolia* (Rundblättriger Sonnentau) und dem Torfmoos *Sphagnum magellanicum*. Wie es für Hanghochmoore im Alpenraum typisch ist, treten auch

im Hörnlepassmoor einige Mineralbodenwasserzeiger in dieser Gesellschaft auf. Floristisch und standörtlich lassen sich drei Untereinheiten differenzieren. Die Ausbildung mit *Scheuchzeria palustris* (Blumenbinse) ist kennzeichnend für Hochmoorschlenken (*Tab. A, Sp. 1*). Eine weitere typische Art ist *Carex limosa* (Schlammsegge). Im Gebiet kommt die Gesellschaft nur kleinflächig an einem häufig überstauten Bereich der Skiloipe vor (*Abb. 3*). Während der Vegetationsperiode liegen die Wasserstände fast kontinuierlich nahe der Bodenoberfläche, wie es die Ergebnisse der in der Nähe der Loipe befindlichen Messstelle dokumentiert. Die Ausbildung mit *Carex rostrata* (Schnabelsegge) erscheint überall dort im Gebiet, wo im Hochmoorbereich ein schwacher Zustrom von mineralischem Bodenwasser zu erwarten ist (*Tab. A, Sp. 2-3*). Dies ist offensichtlich kleinflächig im oberen nordwestlichen Teil des Moores im Übergangsbereich zum zentralen Moorkörper im Muldenlage noch der Fall (*Tab. A, HPW_20*). Außerdem erscheint die Ausbildung am östlichen Rand des Moores im Übergang zum Hang und wieder am Fuß dieses Hanges einige Meter tiefer. Die Wasserstände liegen auch hier kontinuierlich nahe der Bodenoberfläche. Die typische Ausbildung (*Tab. A, Sp. 4-7*) ist frei von Differentialarten, und Mineralbodenwasserzeiger treten nur vereinzelt auf. Im Hörnlepassmoor schließen Bestände dieser Gesellschaft im oberen Teil direkt an den Entwässerungsgraben an, dort, wo unter natürlichen Bedingungen die Ausbildung von *Carex rostrata* vorkommen würde (*Abb. 3*). Eine solche Situation liegt in der unteren Terrasse des Moores vor, wo Flächen der *Carex rostrata*-Ausbildung dem Geländeniveau abwärts folgend von der typischen Ausbildung abgelöst werden (*Abb. 2*). Die Wasserstände der typischen Ausbildung sind tendenziell niedriger als an den Standorten der Ausbildung mit *Carex rostrata*.

Latschenkiefern-Hochmoor

(*Pinetum rotundatae*)

(*Tab. A, Sp. 8-14, 2,72 ha*)

Die Struktur dieser Pflanzengesellschaft wird von der im Mittel etwa 2-3 m hohen Latschenkiefer (*Pinus mugo*) bestimmt. Im Gebiet dominieren die Bestände der Latschenkiefer den zentralen Hochmoorbereich (*Abb. 2*). Floristisch überwiegen ombrotrophante Arten, wobei *Vaccinium vitis-idaea* (Preiselbeere) darauf hinweist, dass die Standorte – vermutlich durch Entwässerung – trockener sind als jene der anderen Pflanzengesellschaften im Hochmoorbereich.

Basenreiche Davallseggenrieder

(*Caricetum davallianae*)

(*Tab. A, Sp. 15-19, 0,45 ha*)

Typisch für diese Pflanzengesellschaft sind neben der namengebenden Art *Carex davalliana* (Davallsegge) zahlreiche basiphile Arten wie *Bartsia alpina* (Alpenhelm), *Pinguicula vulgaris* (Gemeines Fettkraut) und *Eriophorum latifolium* (Breitblättriges Wollgras). Floristisch lassen sich zwei Untereinheiten des Vegetationstyps unterscheiden. In der Ausbildung mit Hochmoorarten (*Tab. A, Sp. 15-16*) dokumentieren die Vorkommen von *Drosera rotundifolia* (Rundblättriger Sonnentau) und *Sphagnum magellanicum* oberflächennahe Ombrotrophierung der im hängigen und dort regelmäßig offengehaltenen Bereiche der Skiloipe vorkommenden Bestände. Die trennartenfreie typische Ausbildung wächst kleinflächig am Hangfuß der unterhalb des Gasthofes befindlichen Wiese und im ebenen Loipenbereich der zweiten, tiefer gelegenen Moorterrasse.

Pfeifengraswiesen

(*Molinion caeruleae*)

(*Tab. A, Sp. 20-21, 0,89 ha*)

Im Hörnlepassmoor kommen zwei, sich floristisch und standörtlich deutlich unterscheidende Pfeifengraswiesen vor. Dabei wächst die präalpine Pfeifengraswiese (*Gentiano asclepiadeae-Molinietum*) auf basenreichen

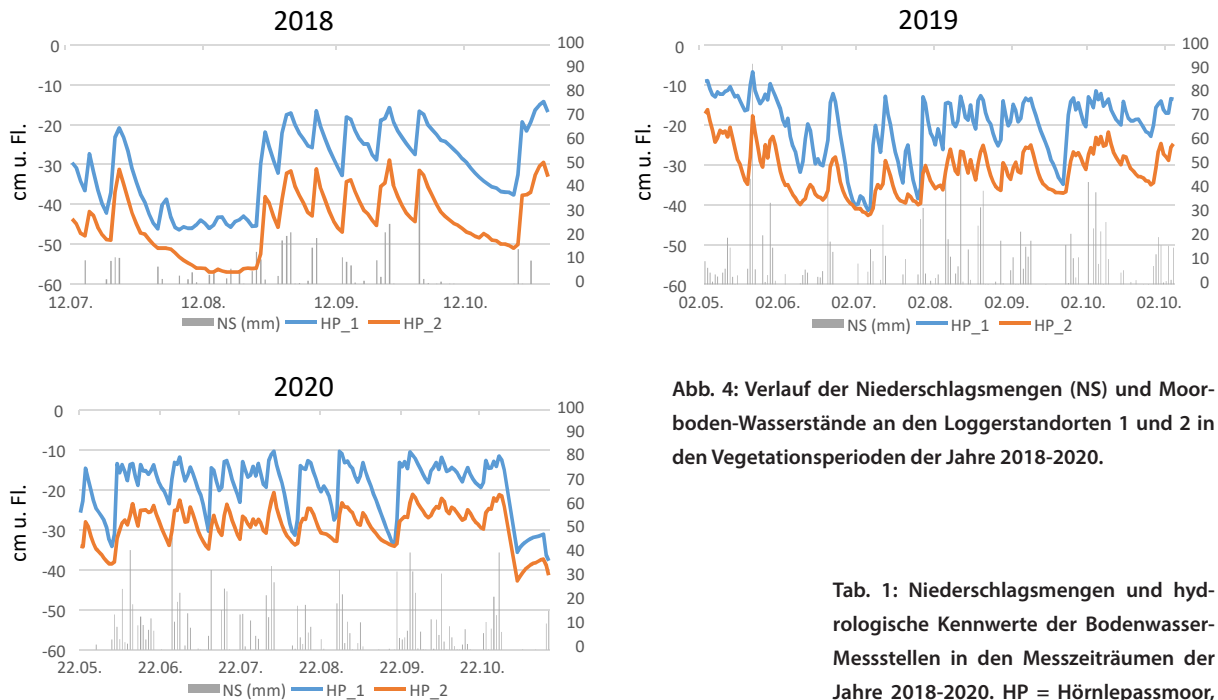


Abb. 4: Verlauf der Niederschlagsmengen (NS) und Moorboden-Wasserstände an den Loggerstandorten 1 und 2 in den Vegetationsperioden der Jahre 2018-2020.

Moorstandorten mit guter Nährstoffversorgung. Basiphile Arten wie *Bartsia alpina* (Alpenhelm) und *Carex panicea* (Hirsesegge) weisen darauf hin, dass dieser Vegetationstyp durch Entwässerung aus basenreichen Davallseggenriedern hervorgegangen ist. Im Untersuchungsgebiet erscheinen Bestände der Gesellschaft in der Wiese unterhalb des Gasthofes und im Loipenbereich der unteren Moorterrasse. Die Binsen-Pfeifengraswiese (*Junco-Molinietum*) tritt dagegen nur im unteren Moorbereich in hängiger Lage auf. Die Artenzusammensetzung ist stark von Entwässerung vor allem im Bereich der Skiloipe und damit verknüpfter Bodenversauerung geprägt. Im Gebiet repräsentiert die Gesellschaft die trockensten Moorstandorte.

4.2 Einfluss der Entwässerung auf die Bodenstruktur

Die langfristige Entwicklung des Hörnlepassmoores seit der letzten Eiszeit wurde bereits von DIEFFENBACH-FRIES (1981) auf der Grundlage von Makrofossilanalysen und pollenanalytischen Untersuchungen rekonstruiert und in SCHRAUTZER et al. (2019) mittels weiterer Makrofossilanalysen erneut vorge-

nommen. Im Vordergrund der jetzigen Studie steht die Dokumentation der jüngeren, vom Menschen beeinflussten Entwicklung des Moores. Betrachtet man die über das gesamte Moor verteilten Bodenprofile, so wird der Einfluss der Entwässerung auf die Torfe im Oberboden deutlich (Abb. 3, Tab. A). Es fällt auf, dass an allen Standorten der Pfeifengraswiesen die Bodenprofile bis in 20 cm Bodentiefe und tiefer stark vererdet beziehungsweise zersetzt sind. Dies ist augenscheinlich im

Tab. 1: Niederschlagsmengen und hydrologische Kennwerte der Bodenwasser-Messstellen in den Messzeiträumen der Jahre 2018-2020. HP = Hörnlepassmoor, NS = Niederschlag.

	HP_1	HP_2	NS (mm)
2018 (12.07.-31.10.)			383
Mittelwert	-30,7	-44,5	
Median	-29,3	-44,9	
Min	-46,4	-57,0	
Max	-14,3	-28,9	
2019 (01.05.-31.10.)			1261
Mittelwert	-20,4	-31,6	
Median	-18,9	-32,0	
Min	-41,4	-42,7	
Max	-6,7	-16,2	
2020 (22.05.-31.10.)			1138
Mittelwert	-18,0	-28,3	
Median	-16,2	-27,7	
Min	-34,1	-38,5	
Max	-10,3	-20,6	

Tab. 2: Bodenphysikalische und bodenchemische Kennwerte sowie Ergebnisse der Isotopen-Analysen im Bodenprofil am Loggerstandort 1 bis in 90 cm Bodentiefe. LD = Lagerungsdichte.

Proben Nr.	Tiefe [cm]	LD [g/cm³]	N [%]	C [%]	C/N [-]	241-Am [mBq/kg]	Kommentar
1	0,8	0,028	-	-	-	-	
2	2,3	0,039	-	-	-	-	
3	3,9	0,045	-	-	-	-	
4	5,4	0,052	-	-	-	-	schwach zersetzter Sphagnumtorf
5	7,0	0,052	0,4	45,3	129,2	-	
6	8,5	0,050	-	-	-	-	
7	10,1	0,062	-	-	-	-	
8	11,5	0,065	-	-	-	-	
9	12,8	0,048	-	-	-	-	schwach zersetzter Sphagnumtorf
10	14,4	0,058	1,0	45,1	46,7	-	
11	16,0	0,060	-	-	-	2250	
12	17,5	0,087	-	-	-	3820	schwach zersetzter Sphagnumtorf; 14-C Datum (A-Bomben): pMC 114.27 ± 0.30; kalibriert ca. 1958; Radizellen-Wollgrastorf
13	19,1	0,098	-	-	-	6060	
14	20,7	0,101	2,2	49,3	22,4	5580	

oberen Bereich des Moores unterhalb des Gasthofes eine Folge der Anlage von Entwässerungsgräben und Verrohrungen. Das gleiche Phänomen ist in den hängigen basenarmen Pfeifengraswiesen der Skiloipe im unteren Teil des Moores zu beobachten. Hier wirken offensichtlich die zur Vermeidung von Stauwasser im Loipenverlauf durchgeführten Entwässerungsmaßnahmen. Am Standort eines nur schwach entwässerten und noch von Hangwasser beeinflussten Davallseggenrieds (Tab. A, Aufnahme HPM_2) ist der Vererdungshorizont dagegen nur wenige Zentimeter mächtig. In allen anderen erbohrten Bodenprofilen ist der obere Horizont nicht vererdet, sondern besteht aus mehr oder weniger stark ausgeprägten *Sphagnum*-Torfen. Offen ist, in welchem Zeitraum sich diese Torfmoos-Auflagen entwickelt haben und ob Entwässerung diesen Prozess in Teilbereichen des Moores noch gefördert hat. Die Bodenwasserdynamik und die Isotopenmessungen stützen die Hypothese einer sekundären *Sphagnum*-Torfbildung. So schwanken die mittleren Wasserstände des in der Nähe des Entwässerungsgrabens liegenden Loggerstandort 1 während der Vegetationsperiode in den Jahren 2018 bis 2020 zwischen 18 und 30 cm unter Flur und steigen nur sehr selten über 10 cm unter Flur (Tab. 1, Abb. 4). Die Wasserstände liegen damit deutlich tiefer als an den nicht entwässerten Standorten im Randbereich der zweiten Moorterrasse (Tab. A, Standort HPW_01). Aufschluss über die zeitliche Einordnung der Torfbildung im oberen Bodenhorizont geben die Daten zur Bodenchemie und den Isotopen im Torf (Tab. 2). So befindet sich bis in etwa 17 cm Tiefe schwach zersetzter *Sphagnum*-Torf mit geringen Lagerungsdichten zwischen 0,028 bis 0,06 g cm⁻³. Das C/N-Verhältnis des Torfes ist bis in 7 cm Bodentiefe mit 129,2 noch sehr weit, wird aber bereits in 14 cm Bodentiefe mit 46,7 deutlich enger. In den Torfproben aus Boden-

Proben Nr.	Tiefe [cm]	LD [g/cm ³]	N [%]	C [%]	C/N [-]	241-Am [mBq/kg]	Kommentar
15	22,3	0,103	-	-	-	3030	
16	23,9	0,095	-	-	-	-	
17	25,5	0,094	-	-	-	-	Radizellen-Wollgrastorf
18	27,0	0,091	1,7	49,0	28,2	-	
19	28,6	0,096	-	-	-	-	
20	30,1	0,090	-	-	-	-	
21	31,6	0,081	-	-	-	-	Radizellen-Wollgrastorf
22	32,9	0,090	-	-	-	-	
23	33,9	0,117	-	-	-	-	Radizellen-Sphagnumtorf
24	34,9	0,111	1,9	49,6	26,4	-	
25	35,8	0,105	-	-	-	-	
26	36,8	0,110	-	-	-	-	
27	37,7	0,099	-	-	-	-	
28	38,6	0,100	-	-	-	-	
29	39,6	0,097	1,6	49,2	31,1	-	
30	40,7	0,100	-	-	-	-	
31	41,6	0,100	-	-	-	-	
32	42,6	0,096	-	-	-	-	hoher Zersetzungsgrad, Radizellen, Baumwurzeln
33	43,6	0,103	-	-	-	-	
34	44,6	0,113	-	-	-	-	
35	45,6	0,118	2,1	49,8	23,5	-	
36	46,5	0,117	-	-	-	-	
37	47,5	0,112	-	-	-	-	
38	48,5	0,102	-	-	-	-	
39	49,5	0,100	2,0	49,3	24,6	-	Radizellen-Sphagnumtorf 14-C Datum: 532 ± 22 BP; kalibriert zu 1395-1435 AD
40	50,4	0,106	-	-	-	-	
41	51,4	0,113	-	-	-	-	
42	52,5	0,117	-	-	-	-	
43	53,5	0,122	-	-	-	-	
44	54,5	0,115	-	-	-	-	
45	55,5	0,121	-	-	-	-	
46	56,5	0,123	-	-	-	-	
47	57,5	0,118	1,5	52,5	34,0	-	
48	58,5	0,115	-	-	-	-	
49	59,5	0,119	-	-	-	-	
50	60,5	0,116	-	-	-	-	
51	61,5	0,119	-	-	-	-	
52	62,5	0,111	-	-	-	-	
53	63,5	0,112	-	-	-	-	
54	64,4	0,108	-	-	-	-	
55	65,4	0,102	-	-	-	-	
56	66,3	0,100	1,5	50,2	33,5	-	
57	67,3	0,097	-	-	-	-	
58	68,3	0,110	-	-	-	-	
59	69,3	0,111	-	-	-	-	
60	70,2	0,139	-	-	-	-	
61	71,2	0,122	-	-	-	-	
62	72,2	0,106	-	-	-	-	
63	73,1	0,123	-	-	-	-	
64	74,1	0,114	-	-	-	-	
65	75,0	0,105	-	-	-	-	
66	76,0	0,118	-	-	-	-	
67	77,0	0,116	-	-	-	-	
68	77,9	0,114	-	-	-	-	
69	78,9	0,112	-	-	-	-	
70	79,9	0,113	-	-	-	-	
71	80,9	0,120	-	-	-	-	
72	81,9	0,111	-	-	-	-	
73	82,9	0,111	-	-	-	-	
74	83,8	0,097	-	-	-	-	
75	84,8	0,121	-	-	-	-	
76	85,8	0,105	-	-	-	-	
77	86,8	0,122	-	-	-	-	
78	87,7	0,118	1,8	53,6	30,2	-	
79	88,7	0,111	-	-	-	-	
80	89,6	0,067	-	-	-	-	

Tab. 2 (Forts.): Bodenphysikalische und bodenchemische Kennwerte sowie Ergebnisse der Isotopen-Analysen im Bodenprofil am Loggerstandort 1 bis in 90 cm Bodentiefe. LD = Lagerungsdichte.

tiefen zwischen 16 cm und 22 cm wurde das Isotop ²⁴¹Am nachgewiesen (Maximum bei 19 cm). In diesem Bereich liegt der scharfe Übergang zwischen schwach zersetztem *Sphagnum*- und stärker zersetztem Radizellen-Wollgrastorf. Dieser Sprung wird zwischen den Proben in 14 und 21 cm Tiefe ebenfalls im C/N-Verhältnis (46,7 auf 22,7) sowie in der Dichte (0,06 auf 0,1 g cm⁻³) deutlich. Eine genauere Zuordnung der untersten Torfprobe mit *Sphagnum*-Dominanz zu einem Datum liefert eine ¹⁴C-Analyse. So konnte die Probe in 17,5 cm Tiefe (16,7-18,3 cm) mit einer Unsicherheit von wenigen Jahren auf das Jahr 1958, dem Zeitpunkt gehäufte oberirdischer Atomwaffenversuche, datiert werden. Diese Datierung fällt eng mit der Anlage eines ersten Entwässerungsgrabens im Hangbereich zusammen und induziert den Beginn der oberen jüngeren Torfbildung im Moorboden unterhalb des Grabens. Eine weitere ¹⁴C-Analyse in 49,5 cm Bodentiefe ergab ein kalibriertes Datum zwischen 1395 bis 1435 AD. Der dort ermittelte Radizellen-*Sphagnum*-Torf wies eine Lagerungsdichte von 0,1 g cm⁻³ und ein C/N-Verhältnis von 24,6 auf. In den Bodenprofilen an den Standorten der Latschenkiefer-Beständen konnten ebenfalls keine Vererdungshorizonte diagnostiziert werden (Tab. A, Loggerstandort 2). Dies ist insofern erstaunlich, als dass die mittleren Wasserstände etwa 10 bis 15 cm tiefer lie-

gen als am Loggerstandort 1 (Tab. 2) und die Wasserstände im Verlauf der Vegetationsperiode tiefer als 30 cm unter Flur, in Trockenphasen sogar tiefer als 40 cm unter Flur absinken (Abb. 4). In den drei Untersuchungsjahren stiegen sie nur zu einem Zeitpunkt höher als 10 cm unter Flur.

4.3 Bilanzierung der THG-Emissionen

Mit bis zu 18 t CO₂äq ha⁻¹a⁻¹ sind im Hörnlepassmoor die höchsten THG-Emissionen an den Standorten der stärker entwässerten Pfeifengraswiesen zu erwarten (Tab. 3). Es folgen nährstoffreiche Rispenseggenrieder mit 10 t CO₂äq ha⁻¹a⁻¹ und häufig überstaute (Wasserstufe 6+, Tab. 3) Hochmoorschlenken mit geschätzten 7 t CO₂äq ha⁻¹a⁻¹. Als schwache THG-Quellen werden basenreiche Davallseggenrieder und torfmoosreiche Schnabelseggenrieder eingestuft. Für die Abschätzung der THG-Emissionen an den Standorten mit Latschenkiefern-Beständen gibt es aktuell außer den Ergebnissen von DROLLINGER et al. (2019) aus dem Puergschachenmoor keine weiteren Daten. Da die Wasserstände des Latschenkiefernmoores im Untersuchungsgebiet offensichtlich durch Entwässerung bedingt niedriger als im naturnäheren Puergschachenmoor in den Zentralalpen sind, werden hier zwei unterschiedliche Abschätzungen vorgenommen.

Der THG-Wert von 5,5 t CO₂äq ha⁻¹a⁻¹ entspricht den Angaben bei REICHELTELT (2015) für eine sehr feuchte Hochmoorheide mit einer ähnlichen Artenzusammensetzung in der Krautschicht wie im Latschenkiefernmoor des Hörnlepassmoores. Der geringere angenommene Wert von 0,8 t CO₂äq ha⁻¹a⁻¹ orientiert sich an den Daten von DROLLINGER et al. (op. cit.) aus dem trockeneren Jahr 2015. Bei der Abschätzung der Klimarelevanz von Standorten der Bunten Torfmoosgesellschaft (*Sphagnetum medii*) gehen wir in Anlehnung an die Ergebnisse von DROLLINGER et al. (im nassen Jahr 2016) davon aus, dass die Systeme als schwache THG-Senken einzustufen sind (-1,1 t CO₂äq ha⁻¹a⁻¹). Bei Berücksichtigung von 5,68 ha vegetationskundlich kartierter Fläche (ohne Fichtenbestände) fungiert das Hörnlepassmoor aktuell mit 5,1 t CO₂äq ha⁻¹a⁻¹ als schwache THG-Quelle (Tab. 3). Insgesamt werden nach unserem Bilanzierungsansatz 29,1 t CO₂äq pro Jahr emittiert.

5 Diskussion

5.1 Vegetationsstruktur und Hydrologie

Die unter anderem von der Geomorphologie des Untergrundes abhängige Hydrologie des Hörnlepassmoores bestimmt in hohem Maße die Vege-

Tab. 3: Treibhausgas- (THG) Bilanz für einen Ausschnitt der Vegetationskartierung. GEST-Einheiten in Anlehnung an Reichelt (2015) und Drollinger et al. (2019). Wasserstufen (Wasserstand Sommer, cm): 6+ (sehr nass) = 0 bis +14; 5+ (nass) = -10 bis 0; 4+ (sehr feucht) = -20 bis -10; 3+ (feucht) = -45 bis -20; 2+ (mäßig feucht) = -85 bis -45.

Vegetation Hörnlepassmoor	GEST-Einheit	ha	t CO ₂ äq.ha ⁻¹ a ⁻¹	t CO ₂ a ⁻¹	Wasserstufe
Bunte Torfmoosgesellschaft, Ausb. mit <i>Scheuchzeria palustris</i>	"Torfmooschlenke" (REI)	0,03	7	0,2	6+
Bunte Torfmoosgesellschaft, Ausb. mit <i>Carex rostrata</i>	"Latschenkiefernmoor" (DR), nasses Jahr	0,97	-1,1	-1,1	4+
Bunte Torfmoosgesellschaft, typische Ausbildung	"Latschenkiefernmoor" (DR), nasses Jahr	0,56	-1,1	-0,6	4+
Latschenkiefernmoor	"feuchte Hochmoorheide" (REI)	2,72	5,5	15,0	3+/4+
Latschenkiefernmoor	"Latschenkiefernmoor" (DR), trockenes Jahr		0,8	2,2	3+/4+
Basenreiches Davallseggenried, Ausb. mit Hochmoorarten	"Gelbtorfmoos-Seggen-Ried" (REI)	0,27	2,5	0,7	5+
Basenreiches Davallseggenried, typische Ausbildung	"Gelbtorfmoos-Seggen-Ried" (REI)	0,18	2,5	0,5	5+
Schnabelseggenrieder	"Torfmoos-Seggen-Wollgras-Ried" (REI)	0,05	2,5	0,1	5+
Rispenseggenried	"Nasse Großseggen-Riede" (REI)	0,006	10,5	0,1	5+
Pfeifengraswiese (<i>Gentiano asclepiadeae-Molinietum</i>)	"Sehr feuchte Wiesen" (REI)	0,36	13	4,7	4+
Binsen-Pfeifengraswiese (<i>Junco-Molinietum</i>)	"Acidophile Pfeifengras-Wiesen" (REI)	0,53	18	9,5	3+
Gesamt		5,68		29,1 (16,2*)	
THG/ha				5,1 (2,9*)	

tationsstruktur. Auf soligene, kleinflächig auch rheogene, basenreiche Niedermoore in Hanglage folgen talabwärts in Terrassenlage überwiegend von Regenwasser gespeiste Hochmoore. Der noch von mineralstoffreichem Wasser beeinflusste Übergangsbereich zwischen diesen beiden hydrologischen Haupttypen wird durch entsprechende Untereinheiten der Vegetationstypen auch floristisch gespiegelt (Ausbildung von *Carex rostrata* des Sphagnetum medii). Obwohl die grundlegenden hydrologischen Verhältnisse des Hörnlepassmoores auch noch in der aktuellen Vegetation zum Ausdruck kommen, wurde die Vegetationsstruktur in jüngerer Zeit zumindest teilweise von anthropogenen Einflüssen wie Entwässerung und Landnutzungswandel mehr oder weniger stark verändert. Entwässerungsmaßnahmen unterhalb und entlang der Hänge haben zur Folge, dass dort aktuell wechselfeuchte Pfeifengraswiesen dominieren. Aber auch die noch vorhandenen Davallseggenrieder sind offensichtlich von Entwässerung betroffen. So liegen die im Sommer 2016 erhobenen mittleren Wasserstände mit 10 bis 16 cm unter Flur und minimalen Wasserständen zwischen 25 und 49 cm unter Flur tiefer als die in der Literatur für diese Pflanzengesellschaft angegebenen hydrologischen Kennwerte (DIERSSEN & DIERSSEN 1984, FLINTROP 1994). Messungen von LEDERBOGEN (2004) aus Osttirol ergaben zudem, dass die Wasserstände der dort untersuchten Davallseggenrieder ganzjährig nahe der Bodenoberfläche lagen. Die Beobachtung, dass Überflutungen der Standorte nur selten auftraten, unterstreicht den soligenen Charakter dieses Moortyps. Die Bunte Torfmoosgesellschaft (Sphagnetum medii) tritt im Gebiet in primärer und durch Entwässerung aus Übergangsmooren hervorgegangener sekundärer Form auf. Floristisch und standörtlich unterscheiden sich diese Varianten bei der typischen Ausbildung nur unwesentlich. Die mittleren Wasserstände liegen in der

Vegetationsperiode an diesen Standorten zwischen 10 und 26 cm unter Flur und sinken nicht tiefer als 42 cm unter Flur ab. Sie liegen damit im Bereich »hydrologisch intakter« Standorte des Sphagnetum medii, wie es DIERSSEN & DIERSSEN (1984) aufzeigten. Im Gegensatz dazu lagen die mittleren Wasserstände bei LEDERBOGEN (2004) für diese Gesellschaft mit 49 cm unter Flur vermutlich als Resultat von Entwässerung deutlich tiefer. Die mit mineralstoffreichem Wasser von den Hängen versorgten Standorte der Ausbildung mit *Carex rostrata* sind nasser und kennzeichnen lokal die letzten nicht oder nur unwesentlich von Entwässerung betroffenen Bereiche des Hörnlepassmoores.

Die Struktur der Latschenkieferr-Bestände im Zentrum des Moores wird dagegen von Entwässerung beeinflusst. Dies belegen vor allem die niedrigen minimalen Wasserstände zwischen 18 und 43 cm unter Flur. Im Vergleich dazu liegen die Wasserstände des von DROLLINGER et al. (2019) untersuchten natürlichen Latschenkieferr-Hochmoores deutlich höher. Vergleicht man die Höhen der Latsche in den beiden Mooren (ca. 2 m im Hörnlepassmoor, ca. 35 cm im Zentralbereich des Puergschachenmoores), dann wird deutlich, dass neben der Entwässerung gegebenenfalls auch die Transpirationsleistung der Latsche einen Einfluss auf diese hydrologischen Unterschiede haben könnte. Bedauerlicherweise gibt es in der Literatur nur wenig Hinweise, die diese Annahme belegen könnten. Einige Eckdaten lieferten KUČEROVÁ et al. (2010), die in einem Hochmoor der Tschechischen Republik mittels Saftflussmessungen die Transpiration der höher als die Latsche wachsenden Bergkiefer (*Pinus rotundatae*) untersuchten. Die Messungen ergaben mittlere Transpirationsraten von 1,8 mm Tag⁻¹. Nach Hochrechnung auf den gesamten Messzeitraum waren dies 62 % der potentiellen Evapotranspiration (ET). Ob diese Werte höher liegen als an offenen Hochmoorstandorten, kann

te allerdings in dieser Studie nicht geklärt werden. Angaben zur Evapotranspiration in Hochmooren finden sich auch bei EDOM et al. (2007), die in zwei Moorgebieten des Erzgebirges Wasserhaushaltsbilanzen für Standorte unterschiedlicher Vegetationstypen vorlegten. In dieser Studie waren zwar die kalkulierten ET-Raten für verschiedene Moorkiefern-Bestände (*Sphagnum*-reich, Zwergstrauch-reich) höher als für offene *Sphagnum*-Rasen und Bult-Schlenken Komplexe. Ob sich diese unterschiedlichen ET-Raten auch auf den Moorwasserstand beziehungsweise die Bodenfeuchte auswirken, ließen die Autoren offen. Sie begründeten dies mit potenziell mit der Höhe steigenden Nebel-Niederschlägen in gehölzreichen Beständen.

5.2 Klimarelevanz des Hörnlepassmoores

In dieser Studie wird erstmalig am Beispiel des Hörnlepassmoores der Versuch unternommen, die Moore des Kleinwalsertals in Bezug auf ihre Klimarelevanz zu beurteilen. Grundsätzlich befürworten wir den methodischen Ansatz, auf ihre standortökologischen Ansprüche geeichte Vegetationstypen (GEST-Verfahren) für die flächenhafte Kalkulation von THG-Bilanzen zu verwenden. Mittlerweile liegt weltweit eine Fülle an Daten zu Spurengas-Emissionen in Mooren vor. Dabei werden systemübergreifend der Wasserhaushalt und insbesondere der mittlere Bodenwasserstand als relevante Proxies für die Emission der klimarelevanten Spurengase Methan (CH₄), Kohlenstoffdioxid (CO₂) und Lachgas (N₂O) angesehen (z. B. COWENBERG et al. 2008). Hinzu kommen die Nährstoffverhältnisse und die Art und Intensität der Landnutzung (z. B. Düngung) als Einflussfaktoren. Die Aussagekraft der hier vorgelegten Ergebnisse wird dadurch eingeschränkt, dass bislang zu den im Alpenraum vorherrschenden Moorökosystemen nur wenige Untersuchungen zu Spuren-

gasflüssen vorliegen. Die hier zwangsläufig vorgenommene Verwendung von GEST-Einheiten, die für das mitteleuropäische Tiefland entwickelt wurden, ist vor allem aufgrund der anderen klimatischen Bedingungen mit Unsicherheiten behaftet und bedarf letztlich der Validierung durch weitere Forschungsaktivitäten. Dennoch erlauben die Ergebnisse dieser Studie unseres Erachtens eine erste übergreifende Einordnung der Klimarelevanz eines in großen Bereichen noch naturnahen Alpenmoores. Unabhängig davon, wie die THG-Bilanz der vorherrschenden Latschenkiefern-Standorte beurteilt wird, fungiert das Gebiet insgesamt nur als schwache THG-Quelle. Da die einzelnen Vegetationseinheiten des Hörnlepassmoores weitgehend auch die Struktur der zahlreichen anderen, als wertvolle Biotope erfassten (STAUDINGER 2008) und intensiv vegetationskundlich untersuchten, Moore des Kleinwalsertals bestimmen (EL BALTI et al. 2017, SCHRAUTZER et al. 2019), lässt sich diese Einschätzung unter Vorbehalt auch auf etliche andere Moore der Gemeinde Mittelberg übertragen. Im Detail können wir festhalten, dass die Moore im Kleinwalsertal zumindest kleinflächig noch THG-Senken darstellen. Dies dürfte vor allem für die primären und sekundären Ausbildungen der Bunten Torfmoosgesellschaft der Fall sein. Dies lässt sich gut mit den Bodendaten am Loggerstandort 1 untermauern. Berechnet man die jährlichen C-Akkumulationsraten des oberen *Sphagnum*-reichen Torfes (bis 17 cm Bodentiefe, Zeitraum 60 Jahre), so kommt man auf einen Wert von 71 g C m⁻² a⁻¹ oder entsprechend 260 g CO₂äq. m⁻² a⁻¹. Vergleicht man diese Daten mit den Ergebnissen für ein Latschenkiefern-Hochmoor mit einem als ungestört eingeschätzten Wasserhaushalt, so scheinen die Werte im Hörnlepassmoor plausibel zu sein, denn im Puergschachenmoor wurde im trockenen Jahr 2015 eine CO₂-Aufnahme von 81 g m⁻² (entsprechen 24 g C m⁻²) und im nassen Jahr 2016 von 301 g m⁻² (entsprechen 84 g C m⁻²) ermittelt (DROLLIN-

GER et al. 2019). Diese Ergebnisse werden von den Autoren intensiv unter Einbeziehung der internationalen Literatur diskutiert. Dieser Prozess soll hier nicht wiederholt werden. Man kann aber zusammenfassen, dass die Daten dieser Studie und aus dem Puergschachenmoor sich gut in die Wertespanne der Angaben zur jährlichen NEE (Net Ecosystem Exchange balance) aus anderen Ländern einordnen lassen. So wurde zum Beispiel in einem schottischen Hochmoor über einem Messzeitraum von 11 Jahren eine mittlere jährliche NEE von -64 g C m⁻² bei einer Spanne von -5 g bis -136 g C m⁻² ermittelt. Grundsätzlich lassen sich alle diese Angaben als aktuelle jüngere Torfbildung interpretieren. Bei langfristiger Betrachtung liegen die Werte normalerweise deutlich niedriger. Einen Hinweis darauf geben auch die Ergebnisse zum Bodenprofil des Loggerstandortes 1, wo die C14-Analyse in 49,5 cm Bodentiefe ein kalibriertes Datum zwischen 1395 bis 1435 AD ergab. Dies ist der Zeitraum, in dem auch das Kleinwalsertal besiedelt wurde. Kalkuliert man die C-Speicherung bis ca. 1958 (ca. 17,5 cm Bodentiefe), so ergibt sich eine mittlere jährliche C-Akkumulationsrate von 29 g m⁻². Allerdings muss man berücksichtigen, dass in diesem Abschnitt des Bodenprofils entsprechend der Genese des Moores neben *Sphagnum*-Arten vor allem auch Seggen den Torf gebildet haben. Bei der Beurteilung der aktuellen Klimarelevanz ist auch die gleichzeitig stattfindende Methangas-Freisetzung zu berücksichtigen. Hier kommen DROLLINGER et al. (op.cit.) zu THG-Bilanzen (GWP = Global Warming Potential) von 75 (2015) und -110 g CO₂äq. m⁻² a⁻¹. Diese Werte haben wir bei der Zuordnung einiger Vegetationstypen zu GEST-Einheiten verwendet. Die übrigen, den Vegetationstypen zugeordneten GEST-Einheiten orientieren sich an den Vorschlägen von REICHELT (2015), wobei im Detail Kompromisse eingegangen werden mussten. Dies war zum Beispiel bei der Zuordnung von basenreichen Davallseggenriedern zu

einer GEST-Einheit der Fall, da dieser Vegetationstyp im System von REICHELT nicht explizit erwähnt wird. Hier haben wir uns an den allgemeinen Angaben zu nährstoffarmen Kleinseggenrasen orientiert.

5.3 Schlussfolgerungen für das Moormanagement

Wie bereits in vorherigen Veröffentlichungen erwähnt, ist das Hörnlepassmoor unter naturschutzfachlichen Gesichtspunkten trotz der anthropogenen Einflüsse immer noch als hochwertig einzustufen. Wie die ersten Ergebnisse dieser Studie zur Klimarelevanz des Moores zeigen, ist das Gebiet außerdem im Vergleich zu intensiver genutzten Mooren als »wenig belastend« zu beurteilen. Während andere Moore des Kleinwalsertals, wie beispielsweise das Höfle- und das Ladstattmoor (vgl. EL BALTI et al. 2017, SCHRAUTZER et al. 2019, VON SCHEFFER et al. 2019) noch eingehenderer Auswertungen und Bewertungen bedürfen, so ergeben sich gerade im Hörnlepassmoor schon jetzt mehrere Ansätze, die Artenvielfalt des Moores zu erhalten und zu verbessern und zudem die C-Speicherkapazität der Standorte zu optimieren oder zu reaktivieren, um das Gebiet »fit für den Klimawandel« zu machen. In diesem Zusammenhang sollte als oberstes Ziel eines künftigen Moormanagements die Wiederherstellung eines natürlichen Wasserhaushaltes angestrebt werden, wobei allerdings ein kompletter Rückbau aller Entwässerungsmaßnahmen aufgrund der unterschiedlichen Interessen der aktuellen Nutzer des Gebietes vermutlich schwer zu realisieren sein wird. Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass die Struktur und Funktion der Moore in erster Linie von den beiden Hauptentwässerungsgräben am Unterhang nahe des Gasthofes und weiter Richtung Osten im Zentralbereich des Hochmoorkomplexes ausgeht. Die Auswirkungen beider auf die Hydrologie der Standorte und die Funktion der Moorstandorte sind da-

bei unterschiedlich. Während der untere Graben für den Wasserabfluss aus dem zentralen Moorkörper Richtung Norden verantwortlich ist und damit die Latschenkiefer-Bestände entwässert, verhindert der obere, westlich gelegene Graben den Hangwasserzustrom. Letzteres hat zur Folge, dass oberhalb des Grabens die ehemaligen, für die Hangbereiche typischen basenreichen Davallseggenrieder in ökologisch weniger bedeutende Feuchtwiesen umgewandelt wurden und unterhalb des Grabens der Charakter eines Übergangsmoores verloren geht – unter Artenschutzgesichtspunkten eine nicht zufriedenstellende Entwicklung. Beurteilt man den Effekt der Entwässerung unter Klimaschutzaspekten, so zeigt sich, dass die C-Speicherkapazität unterhalb des Grabens kleinflächig durch sekundäre Ombrotrophierung (vgl. auch TAHVANAINEN 2011) erhalten oder sogar verbessert wird, während oberhalb des Grabens die Hangmoore mittlerweile starke C-Quellen darstellen. Unter dem Strich ist dies also auch unter Klimaschutzaspekten eine negative Entwicklung. Die Wiederanbindung des Hangwasserzustroms an den zentralen Moorkörper durch Grabenverschluss beziehungsweise die daraus auch resultierende Anhebung der Wasserstände in den Hangmoorbereichen würde folglich den Prozess der Wiederherstellung einer charakteristischen Artenkombination in Gang setzen und zudem die flächenhafte THG-Bilanz des Moorkomplexen verbessern. Zu dieser Erkenntnis kommen auch EDMOND et al. (2007) bei ihren Managementempfehlungen zur Renaturierung von hangwasserbeeinflussten Mooren im Erzgebirge. Eine Verblockung des im zentralen Moorbereich befindlichen, nach Norden entwässernden Grabens wird potenziell die C-Speicherfunktion der Latschenkiefer-Standorte reaktivieren oder zumindest ihre Quellenfunktion reduzieren. Positive Beispiele hierzu liefern Ergebnisse von den Mooren im Chiemgau (KAULE & PERINGER 2011) und aus Südschweden (VAN DER

LINDEN & VAN GEEL 2005). Ob in Latschenkiefern-Hochmooren die Freistellung eine geeignete Maßnahme zur aus Klimaschutzgründen angestrebten Erhöhung der Wasserstände darstellt, ist nach wie vor eine ungeklärte Frage. Die Durchführung von neuen Experimenten zur aktuellen Evapotranspiration unter im Gelände weitgehend standardisierten Bedingungen wären in diesem Zusammenhang wünschenswert (vgl. AHMAD et al. 2020). Unter Artenschutzgesichtspunkten ist die Offenhaltung der verbliebenen und gegebenenfalls sich nach Vernässung neu entwickelnden artenreichen Davallseggenriedern obligatorisch.

6 Danksagung

Wir bedanken uns bei Karl Keßler vom Landschaftsschutzverein Kleinwalsertal für seine Unterstützung bei der Durchführung unserer Forschungsaktivitäten. Mit seiner umfangreichen »Hintergrundarbeit« bewirkte er, dass wir als norddeutsche Moorforscher im Kleinwalsertal akzeptiert wurden. Zudem war er ein verlässlicher und aktiver Partner bei unserer Geländearbeit. Unser Dank gilt auch Herrn Dr. Friebe von der inatura Erlebnis Naturschau GmbH in Dornbirn nicht nur für die Förderung unserer Forschung, sondern auch für seine große Geduld, wenn es um die berechnete Einforderung der Untersuchungsergebnisse ging.

7 Literatur

- AHMAD, S., HÖRMANN, G., ZANTOUT, N. & SCHRAUTZER, J. (2020). Quantifying actual evapotranspiration in fen ecosystems: Implications of management and vegetation structure. – *Ecohydrology & Hydrobiology*, 20: 382-396.
[doi: 10.1016/j.ecohyd.2020.04.001](https://doi.org/10.1016/j.ecohyd.2020.04.001)
- COUWENBERG, J. (2011): Vegetation as a proxy for greenhouse gas fluxes - the GEST approach. – In: TANNEBERGER, F. & WICHTMANN,

W. (eds.): Carbon credits from peatland rewetting. Climate - biodiversity - land use. Science, policy, implementation, and recommendations of a pilot project in Belarus. 223 pp. (Chapter 3.4: 37-42); Stuttgart (Schweizerbart).

- COUWENBERG, J., AUGUSTIN, J., MICHAELIS, D., WICHTMANN, W. & JOOSTEN, H. (2008): Entwicklung von Grundsätzen für eine Bewertung von Niedermooren hinsichtlich ihrer Klimarelevanz. Endbericht. – 33 S.; Greifswald (Institut für Botanik und Landschaftsökologie und Institut für Dauerhaft Umweltgerechte Entwicklung von Naturräumen der Erde (DUENE) e.V.).
- DIEFFENBACH-FRIES, H. (1981): Zur spät- und postglazialen Vegetationsentwicklung bei Oberstdorf (Oberallgäu) und im Kleinen Walsertal (Vorarlberg). Pollen- und makrofossilanalytische Untersuchungen an drei Mooren der montanen Stufe. – Unveröff. Dissertation Fachbereich Biologie, TH Darmstadt: 154 S.
- DIERSSEN, B. & DIERSSEN, K. (1984): Vegetation und Flora der Schwarzwald-Moore. – Beihefte zu den Veröffentlichungen für Naturschutz und Landschaftspflege in Baden-Württemberg, 39: 512 S.
- DROLLINGER, S., MAIER, A. & GLATZEL, S. (2019): Interannual and seasonal variability in carbon dioxide and methane fluxes of a pine peat bog in the Eastern Alps, Austria. – *Agricultural and Forest Meteorology*, 275: 69-78.
[doi: 10.1016/j.agrformet.2019.05.015](https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2019.05.015)
- EDOM, F., DITTRICH, I., GOLDACKER, S. & KESSLER, K. (2007): Die hydromorphologisch begründete Planung der Moorrevitalisierung im Erzgebirge. – In: Praktischer Moorschutz im Naturpark Erzgebirge/Vogtland und Beispiele aus anderen Gebirgsregionen: Methoden, Probleme, Ausblick. 76 S. (19-32); Hartha/OT Grillenburg (Sächsische Landesstiftung Natur und Umwelt, Akademie).
- EL BALTI, N., CHRIST, L., KEMPE, M., MARTENS, T., BORK, H.-R. & SCHRAUTZER, J. (2017): Die Moore im Kleinwalsertal Aktueller Zustand und Entwicklungsmöglichkeiten. – *inatura - Forschung online*, 40: 46 S.; Dornbirn.
[urn:nbn:de:101:1-201706128242](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:101:1-201706128242)

- EUROPEAN COMMISSION (2021): Biodiversity strategy for 2030. – http://ec.europa.eu/environment/strategy/biodiversity-strategy-2030_en
- FLINTROP, T. (1994): Ökologische Charakterisierung des Caricetum davallianae durch Grundwasserstands- und pH-Messungen. – Berichte der Reinhold-Tüxen-Gesellschaft, 6: 83-100.
- GIVELET, N., LE ROUX, G., CHEBURKIN, A., CHEN, B., FRANK, J., GOODSITE, M. E., KEMPTER, H., KRACHLER, M., NOERNBERG, T., RAUSCH, N., RHEINBERGER, S., ROOS-BARRACLOUGH, F., SAKPOTA, A., SCHOLZ, C. & SHOTYK, W. (2004). Suggested protocol for collecting, handling and preparing peat cores and peat samples for physical, chemical, mineralogical and isotopic analyses. – Journal of Environmental Monitoring, 6(5): 481-492.
[doi: 10.1039/b401601g](https://doi.org/10.1039/b401601g)
- HIRAISHI, T., KRUG, T., TANABE, K., SRIVASTAVA, N., BAASANSUREN, J., FUKUDA, M. & TROXLER, T. G. (eds). (2014): 2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands. – s./p.; Switzerland (The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)).
- JOOSTEN, H., BRUST, K., COUWENBERG, J., GERNER, A., HOLSTEN, B., PERMIEN, T., SCHÄFER, A., TANNEBERGER, F., TREPEL, M. & WAHREN, A. (2013): MoorFutures® Integration von weiteren Ökosystemdienstleistungen einschließlich Biodiversität in Kohlenstoffzertifikate – Standard, Methodologie und Übertragbarkeit in andere Regionen. – BfN-Skripten, 350: 130 S.
- KAULE, G. & PERINGER, A. (2011): Die Übergangs- und Hochmoore des Chiemgaus – Vergleichende Untersuchung zur Entwicklung zwischen den Jahren 1969-72 und 2010. – Berichte der Bayerischen Botanischen Gesellschaft, 81: 109-142.
- KOSKA, I., SUCCOW, M., CLAUSNITZER, U., TIMMERMANN, T. & ROTH, S. (2001). Vegetationskundliche Kennzeichnung von Mooren (topische Betrachtung). – In: SUCCOW, M. & JOOSTEN, H. (Hrsg.): Landschaftsökologische Moorkunde. 2. Aufl., 622 S. (112-184); Stuttgart (Schweizerbart).
- KUČEROVÁ, A., ČERMÁK, J., NADEZHINA, N. & POKORNÝ, J. (2010): Transpiration of *Pinus rotundata* on a wooded peat bog in central Europe. – Trees, 24: 919-930.
[doi: 10.1007/s00468-010-0463-4](https://doi.org/10.1007/s00468-010-0463-4)
- LEDERBOGEN, D. (2003): Vegetation und Ökologie der Moore Osttirols unter besonderer Berücksichtigung von Hydrologie und Syndynamik. – Dissertationes Botanicae, 371: 217 S.; Berlin - Stuttgart (Cramer).
- LI, C., LE ROUX, G., SONKE, J., VAN BEEK, P., SOUHAUT, M., VAN DER PUTTEN, N. & DE VLEESCHOUWER, F. (2017): Recent 210Pb, 137Cs and 241Am accumulation in an ombrotrophic peatland from Amsterdam Island (Southern Indian Ocean). – Journal of environmental radioactivity, 175: 164-169.
[doi: 10.1016/j.jenvrad.2017.05.004](https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2017.05.004)
- LOVELOCK, C. E., EVANS, C., BARROS, N., PRAIRIE, Y., ALM, J., BASTVIKEN, D., BEAULIEU, J. J., GARNEAU, M., HARBY, A., HARRISON, J., PARE, D., RAADAL, H. L., SHERMAN, B., ZHANG, C. & OGLE, S. M. (2019): Chapter 7: Wetlands. – In: 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use. 52 pp.; Switzerland (The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)).
- MARTENS, T. (2017): Geobotanische Charakterisierung des Hörnlepassmoores im Kleinwalsertal, Österreich. – unveröff. Masterarbeit Universität Kiel.
- REICHEL, K. F. (2015): Evaluierung des GEST-Modells zur Abschätzung der Treibhausgasemissionen aus Mooren. – Masterarbeit. Institut für Botanik und Landschaftsökologie, Universität Greifswald.
- SCHOLLE, D. & SCHRAUTZER, J. (1993). Zur Grundwasserdynamik unterschiedlicher Niedermoor-Gesellschaften Schleswig-Holsteins. – Zeitschrift für Ökologie und Naturschutz, 2: 87-98.
- SCHRAUTZER, J., BORK, H. R., CHRIST, L., EL-BALTI, N., MARTENS, T., KEMPKE, M., VON SCHEFFER, C. & UNKEL, I. (2019): Classification, ecological characterization and development of montane mires (Kleinwalsertal, Austria). – Phytocoenologia, 49(3): 263-285.
[doi: 10.1127/phyto/2019/0307](https://doi.org/10.1127/phyto/2019/0307)
- STAUDINGER, M. (2008). Aktualisierung des Biotopinventars Vorarlberg. Gemeinde Mittelberg. – 89 S. & Anh.; Bregenz (Vorarlberger Landesregierung, Abteilung IVe Umweltschutz).
- TAHVANAINEN, T. (2011): Abrupt ombrotrophication of a boreal aapa mire triggered by hydrological disturbance in the catchment. – Journal of Ecology, 99: 404-415.
[doi: 10.1111/j.1365-2745.2010.01778.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2010.01778.x)
- TREPEL, M. (2008): Zur Bedeutung von Mooren in der Klimadebatte. – In: Jahresbericht des Landesamtes für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein 2007/08. Schriftenreihe LANU SH – Jahresberichte, 12: 61-74.
- VAN DER LINDEN, M. & VAN GEEL, B. (2006): Late Holocene climate change and human impact recorded in a south Swedish ombrotrophic peat bog. – Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 240: 649-667.
[doi: 10.1016/j.palaeo.2006.03.039](https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2006.03.039)
- VON SCHEFFER, C., LANGE, A., DE VLEESCHOUWER, F., SCHRAUTZER, J. & UNKEL, I. (2019): 6200 years of human activities and environmental change in the northern central Alps. – E&G Quaternary Science Journal, 68(1): 13-28.
[doi: 10.5194/egqsj-68-13-2019](https://doi.org/10.5194/egqsj-68-13-2019)

Anhang (folgende Seiten)

Tabelle A: Zur Analyse verwendete Vegetationsaufnahmen. Angabe der Artmächtigkeit nach Braun-Blanquet; X = Vorkommen der Art ohne Angabe des Deckungsgrades; TT = Sphagnum-Torf, RT = Radzellentorf, Hv = vererdeter Torf.

Vegetationstyp	1										2										3				4															
	1.1					1.2					1.3																													
	HP079	HP015	HP077	HP036	HP054	HP079	HP015	HP077	HP036	HP054	HP079	HP015	HP077	HP036	HP054	HP079	HP015	HP077	HP036	HP054	HP079	HP015	HP077	HP036	HP054	HP079	HP015	HP077	HP036	HP054	HP079	HP015	HP077	HP036	HP054					
Vegetationsaufnahme	HPW_08	HPW_01	HPW_20	Logger01	HPW_18	Logger02	HPW_07	HPW_11	HPW_15	HPW_16	HPW_17	HPW_19	HPW_03	HPW_04	HPW_05	HPW_08	HPW_19	HPW_03	HPW_04	HPW_05	HPW_08	HPW_19	HPW_03	HPW_04	HPW_05	HPW_08	HPW_19	HPW_03	HPW_04	HPW_05	HPW_08	HPW_19	HPW_03	HPW_04	HPW_05	HPW_08	HPW_19			
Aufnahme Profianalyse	HPG03	HPG18																																						
GW-Stand (x)	-9	-5	-12	-18	-10	-21	-26	-28	-38	-23	-22	-20	-10	-16	-12	-16	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	
GW-Stand (Min)	-28	-16	-28	-34	-31	-31	-42	-39	-68	-33	-34	-34	-43	-49	-28	-49	-43	-43	-43	-43	-43	-43	-43	-43	-43	-43	-43	-43	-43	-43	-43	-43	-43	-43	-43	-43	-43	-43	-43	
GW-Stand (Max)	2	1	-4	-10	-3	-15	-18	-21	-6	-19	-18	1	-4	-4	-4	-4	1	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	
Moormächtigkeit (cm)	138	440	/	/	/	/	/	/	191	191	/	/	138	138	18	18	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
Vererdungshorizont (cm)	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
D-15	TT	TT	TT	TT	TT	TT	TT	TT	TT	TT	TT	TT	TT	TT	TT	TT	TT	TT	TT	TT	TT	TT	TT	TT	TT	TT	TT	TT	TT	TT	TT	TT	TT	TT	TT	TT	TT	TT	TT	
15-100	TT/RT	RT/TT	RT	RT	RT	RT	RT	RT	RT/TT	RT/TT	RT/TT	RT/TT	TT/RT	TT/RT	TT/RT	TT/RT	TT/RT	TT/RT	TT/RT	TT/RT	TT/RT	TT/RT	TT/RT	TT/RT	TT/RT	TT/RT	TT/RT	TT/RT	TT/RT	TT/RT	TT/RT	TT/RT	TT/RT	TT/RT	TT/RT	TT/RT	TT/RT	TT/RT	TT/RT	TT/RT
Sonstiges																																								
Nutzung	Loipe	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine	
D 1.1																																								
<i>Scheuchzeria palustris</i>	2m																																							
<i>Carex limosa</i>	2a																																							
D 1.2																																								
<i>Carex rostrata</i>			2a																																					
D 2																																								
<i>Pinus mugo</i>					1																																			
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>																																								
D 3/4.1																																								
<i>Carex davalliana</i>																																								
<i>Bartsia alpina</i>																																								
<i>Dactylorhiza traunsteineri</i>																																								
<i>Pinguicula vulgaris</i>																																								
<i>Tofieldia calyculata</i>																																								
<i>Carex panicea</i>																																								
<i>Eriophorum latifolium</i>																																								
D 1.1/1.2																																								
<i>Sphagnum cuspidatum</i>	X	X	X																																					
<i>Carex pauciflora</i>	1	+																																						
Ombrotrophente Arten																																								
<i>Calluna vulgaris</i>	2m	2m	2a	3	2a	3	2a	2b	2a	2a	2b	2a	2a	2a	2b	2a	2a	2a	2a	2a	2a	2a	2a	2a	2a	2a	2a	2a	2a	2a	2a	2a	2a	2a	2a	2a	2a	2a	2a	
<i>Eriophorum vaginatum</i>	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	
<i>Drosera rotundifolia</i>	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m
<i>Andromeda polifolia</i>	2a	1	1	1	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	
<i>Sphagnum magellanicum</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
<i>Sphagnum rubellum</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
<i>Vaccinium uliginosum</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
<i>Vaccinium myrtillus</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
<i>Vaccinium oxycoccos</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

Vegetationstyp	1			2							3			4									
	1.1	1.2	1.3	HP079	HP015	HP077	HP036	HP036	HP054	HP057	HP058	HP056	HP055	HP029	HP078	HP008	HP042	HPM_2	HP026	HPG0	HPM_1	HP09	
Vegetationsaufnahme				HPW_08	HPW_01	HPW_20	Logger01	HPW_10	HPW_18	Logger02	HPW_07	HPW_11	HPW_15	HPW_16	HPW_17	HPW_19	HPW_3	HPW_5	HPW_14	HPW_4	HPW_2	HPW_2	HPG10
Wasserrohr				HPG03	HPG18						HPG04	HPG04			HPG03		HPG09	HPG07		HPG08			
Aufnahme Profilanalyse																							
Nutzungszeiger																							
<i>Equisetum palustre</i>																							
<i>Anthoxanthum odoratum</i>																							
<i>Carex nigra</i>																							
<i>Ranunculus acris</i>																							
<i>Juncus effusus</i>																							
<i>Lotus pedunculatus</i>																							
<i>Myosotis scorpioides</i>																							
<i>Agrostis canina</i>																							
Sonstige																							
<i>Molinia caerulea</i>	2a	2a	2a	2b	2a	2a	2a	2m	2m	2m	2a	1	2m	2a	2a	2a	3	2b	2a	2a	2a	4	4
<i>Succisa pratensis</i>	2m	1																					
<i>Potentilla erecta</i>	2m	1																					
<i>Trichophorum cespitosum</i>	2a	2a	2b	3	2m	2m	2a	2a	2a	2a	1	2m	2m	2a	2a	2a	2a	2m	1	2m	1	2m	+
<i>Ailacommium palustre</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Melampyrum pratense</i>	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r
<i>Calligonella cuspidata</i>																							
<i>Pinus mugo (KS)</i>																							
<i>Sphagnum capillifolium</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Carex echinata</i>																							
<i>Dactylorhiza maculata</i>																							
<i>Eriophorum angustifolium</i>	1	1																					
<i>Polytrichum strictum</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Briza media</i>																							

Legende Pflanzengesellschaften:

- 1 = Bunte Torfmoosgesellschaft (Spagnetum medii)
- 1.1 = Ausbildung mit *Scheuchzeria palustris*
- 1.2 = Ausbildung mit *Carex rostrata*
- 1.3 = typische Ausbildung
- 2 = Latschenkiefern-Hochmoor (Pino rotundatae-Sphagnetum)
- 3 = Davallsegenrieder (Caricetum davallianae)
- 3.1 = Ausbildung mit Hochmoorarten
- 3.2 = Typische Ausbildung
- 4 = Pfeifengraswiesen
- 4.1 = Binsen-Pfeifengraswiese (Junco-Molinietum)
- 4.2 = Präalpine Pfeifengraswiese (Gentiano asclepiadeae-Molinietum)

Vegetationstyp	1			2								3				4				
	1.2		1.3									3.1				3.2		4.1		4.2
	1.1			HP079 HPW_08 HPG03	HP015 HPW_01 HPG18	HP077 HPW_20 HPG18	HP036 HPW_09 HPG18	HP054 HPW_18 HPG04	HP057 HPW_07 HPG04	HP058 HPW_11 HPG04	HP056 HPW_15 HPG04	HP055 HPW_16 HPG03	HP029 HPW_17 HPG03	HP078 HPW_19 HPG09	HP042 HPW_5 HPG07	HP026 HPW_14 HPG08	HPM_1 HPW_4 HPG08	HPM_1 HPW_2 HPG10		
Weitere Arten																				
<i>Agrostis capillaris</i>																		1		
<i>Alnus alnobetula</i>														r						
<i>Arnica montana</i>																2a		+		
<i>Astrantia major</i>																				
<i>Betula pubescens</i>																				
<i>Bistorta officinalis</i>																	2a	2a		
<i>Caltha palustris</i>																	+	1		
<i>Carex flacca</i>																		1		
<i>Carex flava</i>																				
<i>Carex hostiana</i>																		+		
<i>Carex pallescens</i>																				
<i>Carex paludosa</i>																				
<i>Cynosurus cristatus</i>																	2m	2a		
<i>Dactylorhiza fuchsii</i>																		1		
<i>Deschampsia cespitosa</i>																				
<i>Dicranum bonjeanii</i>																				
<i>Dicranum undulatum</i>																				
<i>Eleocharis quinqueflora</i>																				
<i>Epilobium palustre</i>																				
<i>Epipactis palustris</i>																				
<i>Equisetum sylvaticum</i>																				
<i>Euphrasia officinalis</i>																				
<i>Euphrasia rostkoviana</i>																				
<i>Frangula alnus</i>																				
<i>Galium uliginosum</i>																				
<i>Gentiana asclepiadea</i>																				
<i>Geranium pratense</i>																				
<i>Geum rivale</i>																				
<i>Gymnadenia conopsea</i>																				
<i>Hieracium lachenalii</i>																				
<i>Hieracium lacutella</i>																				
<i>Homogyne alpina</i>																				
<i>Juncus alpinarticulatus</i>																				
<i>Juncus conglomeratus</i>																				
<i>Lathyrus pratensis</i>																				
<i>Linum catharticum</i>																				
<i>Listera ovata</i>																				
<i>Luzula multiflora</i>																				
<i>Lychnis flos-cuculi</i>																				
<i>Menyanthes trifoliata</i>																				
<i>Mylia anomala</i>																				

Vegetationstyp	1			2										3			4					
	1.1	1.2	1.3	HP079	HP015	HP077	HP036	HP054	HP057	HP058	HP056	HP055	HP029	HP078	HP008	HP042	HPM_2	HP026	HPG0	HPM_1	HP09	
Wasserrohr	HPG03	HPG18	HPW_01	HPW_09	HPW_10	HPW_18	Logger-02	HPW_07	HPW_11	HPW_15	HPW_16	HPW_17	HPW_19	HPW_3	HPW_5	HPW_14	HPW_4	HPW_14	HPG08	HPG10	HPW_2	
Aufnahme Profianalyse	HPG03	HPG18	HPG18	HPG18	HPG18	HPG18	HPG18	HPG04	HPG04	HPG04	HPG04	HPG03	HPG03	HPG09	HPG07	HPG08	HPG08	HPG08	HPG08	HPG10	HPG10	HPG10
<i>Parnassia palustris</i>																						
<i>Phyteuma orbiculare</i>																						
<i>Picea abies</i>								r														
<i>Plantago lanceolata</i>																						
<i>Pleurozium schreberi</i>			X																			
<i>Polygala serpyllifolia</i>																						
<i>Polytrichum commune</i>																						
<i>Prunella vulgaris</i>																						
<i>Rhinanthus serotinus</i>																						
<i>Scorzonera humilis</i>																						
<i>Sphagnum angustifolium</i>																						
<i>Sphagnum flexuosum</i>																						
<i>Sphagnum obtusum</i>																						
<i>Sphagnum palustre</i>																						
<i>Sphagnum russowii</i>																						
<i>Sphagnum subnitens</i>																						
<i>Sphagnum tenellum</i>																						
<i>Stramineogon stramineum</i>																						
<i>Swertia perennis</i>																						
<i>Taraxacum officinale</i>																						
<i>Tomentypnum nitens</i>																						
<i>Trifolium pratense</i>																						
<i>Trifolium repens</i>																						
<i>Trollius europaeus</i>																						
<i>Valeriana dioica</i>																						
<i>Veratrum album</i>																						
<i>Veronica chamaedrys</i>																						

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Inatura Forschung online](#)

Jahr/Year: 2021

Band/Volume: [91](#)

Autor(en)/Author(s): Schrautzer Joachim, Martens Tjark, Nagel Frederik, Scheffer Clemens von, Gerhardt Marcel, Kroeninger Kevin, Unkel Ingmar

Artikel/Article: [Auswirkungen der Entwässerung auf die Struktur und Funktion des Hörnlepassmoores \(Kleinwalsertal, Vorarlberg\) 1-17](#)