Zeitschrift: Jahresbericht der Naturforschenden Gesellschaft Graubünden

Herausgeber: Naturforschende Gesellschaft Graubünden

Band: 122 (2022)

Artikel: Killias' Goldhaarmoos (Orthotrichum killiasii), eine wieder anerkannte Besonderheit der Schweizer Moosflora

Autor: Kiebacher, Thomas

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-981209

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 05.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Jber. Natf. Ges. Graubünden 122 (2022), Seiten 53–61

Killias' Goldhaarmoos (*Orthotrichum killiasii*), eine wieder anerkannte Besonderheit der Schweizer Moosflora

von Thomas Kiebacher

Institut für Systematische und Evolutionäre Botanik
Universität Zürich UZH
Zollikerstrasse 107
CH-8008 Zürich
thomas.kiebacher@uzh.ch

Zusammenfassung

Killias' Goldhaarmoos (*Orthotrichum killiasii*) ist eine einzigartige Moosart, die ausgesetzte Grate und Gipfel in den Alpen besiedelt. Die Art wurde vor über 160 Jahren vom Bündner Naturforscher Eduard Killias auf der Alp Palü (Poschiavo GR) entdeckt. Später wurde sie aber nicht mehr als eigenständige Art anerkannt und geriet in Vergessenheit. Man hielt sie für eine Standortmodifikation der weit verbreiteten epiphytischen Art Schönes Goldhaarmoos (*O. speciosum*). Mit phylogenetischen und morphologischen Methoden wurde nun der taxonomische Wert der Sippe dargelegt. Die Analysen zeigten ausserdem eine beträchtliche innerartliche Variabilität, der durch die Anerkennung zweier Unterarten (subsp. *killiasii* und subsp. *simonyi*) Rechnung getragen wurde. Beide Unterarten kommen in Graubünden vor und sind durch die Klimaerwärmung gefährdet.

Schlagworte: Adaptive Divergenz, Alpen, Graubünden, Lewinskya, Orthotrichaceae, Phylogeny, Taxonomie

1 Einleitung

Am 20. August 1857 entdeckte der Bündner Naturforscher und Arzt Eduard Wolfgang Killias auf der Alp Palü (Poschiavo GR) eine bis dato unbekannte Moosart. Eduard Killias war einer der bedeutendsten Bündner Naturforscher seiner Zeit. Er war Präsident der Naturforschenden Gesellschaft Graubünden und publizierte 1859 das erste Verzeichnis der bündnerischen Laubmoose (Killias 1859). Seine umfangreiche Sammlung von mehr als 6000 Pflanzenbelegen ist heute im Bündner Naturmuseum in Chur untergebracht. Killias entdeckte die neue Art auf der Alp Palü auf Granitfelsen in der Nähe des Palügletschers (Abb. 1). Wenig später beschrieb der bekannte Bryologe Karl Müller (1858), mit dem Killias im Austausch stand, die neue Spezies dem Finder zu Ehren unter dem Namen *Orthotrichum killiasii* (Killias' Goldhaarmoos) im dritten Jahresbericht der Naturforschenden Gesellschaft Graubünden. In Folge wurde die Art auch in anderen Alpenländern gefunden, und sie wurde aus Skandinavien, arktisch-Asien, Grönland und Nordamerika angegeben. Mit der Zeit geriet die Art aber mehr und mehr in Vergessenheit. Venturi (1893) degradierte sie zu einer Varietät der weit verbreiteten Art *O. speciosum* Nees und schliesslich synonymisierte Lewinsky (1977a, 1977b) sie mit der letztgenannten Art. Spätere Autoren übernahmen Lewinskys Konzept, und so konnte, ohne Studium alter Literatur, *O. killiasii* nicht mehr bestimmt werden (siehe z. B. Frey et al. 2006, Hill et al. 2006, Hallingbäck et al. 2008, Hodgetts 2015, Hodgetts & Lockhart 2020, Hodgetts et al. 2020). *Orthotrichum killiasii* wurde infolgedessen auch in der Schweiz nicht mehr anerkannt und in der

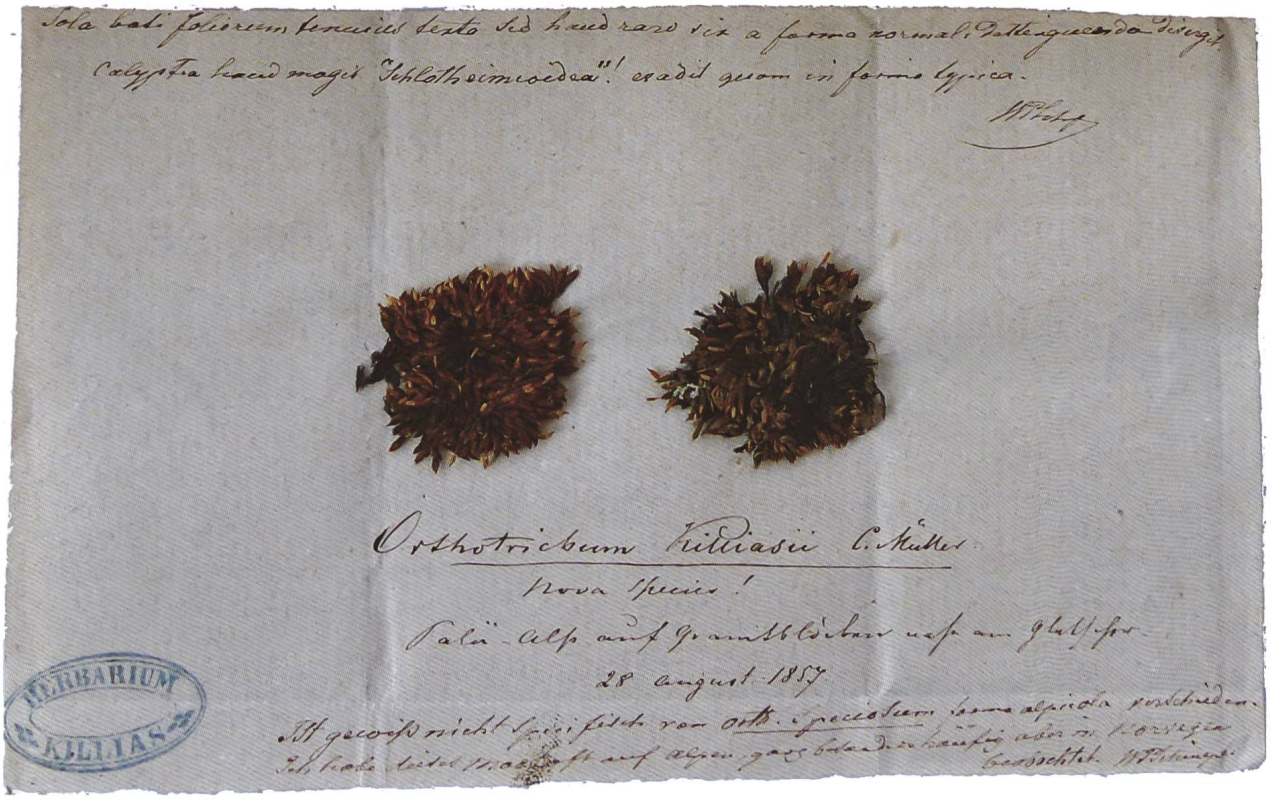

Abb. 1: Beleg von *Orthotrichum killasii* von der Palü Alp aus dem Herbar von Eduard Killias (Bündner Naturmuseum, Chur).

Roten Liste der Moose nicht berücksichtigt (Schnyder et al. 2004).

Mehrmals in den letzten Jahren wurden mir von Schweizer Bryologen Proben von *O. killasii* (Abb. 2) vorgelegt, weil sich diese unter der Verwendung der gängigen Literatur nicht klar zuordnen liessen. *Orthotrichum killiasii* unterscheidet sich nämlich in mehreren Merkmalen von *O. speciosum*. Die zweifelhaften Proben wurden eher noch anderen Arten, zum Beispiel *O. laevigatum* zugeordnet. Dies ist eine seltene Art, von der es in der Schweiz nur einen einzigen Fundort gibt. *Orthotrichum killiasii* und *O. speciosum* weisen eine sehr unterschiedliche Ökologie auf. *Orthotrichum killiasii* ist ein typisches «Gipfelmoos». Es wächst auf Gestein an stark dem Wind und Wetter ausgesetzten Stellen im Gebirge. *Orthotrichum speciosum* ist dagegen eine epiphytische Art, die in tiefen Lagen weit verbreitet ist. Früher, als *O. killiasii* noch als eigene Art anerkannt wurde, wurde es in der Schweiz oft gesammelt, und so finden sich zum Beispiel im Herbar Zürich (Z+ZT) mehrere Belege der Art, und auch in älterer Literatur wird sie aus verschiedenen Kantonen gemeldet (z. B. Limpricht 1895, Amann et al. 1918, Amann 1933).

Um die Eigenständigkeit von *O. killiasii* darzulegen, damit die Art wieder anerkannt wird und Beachtung im Naturschutz findet, wurde eine wissenschaftliche Studie durchgeführt (Kiebacher et al. 2021). Dabei wurden die Unterschiede zu ähnlichen Arten der Gattung, insbesondere zu *Orthotrichum speciosum* umfassend genetisch und morphologisch untersucht. Die Studie lieferte überraschende Ergebnisse.

Abb. 2: Killias' Goldhaarmoos (*Orthotrichum killasii*) in einer Felsspalte am Julierpass GR (Foto: T. Kiebacher, CC BY-NC-SA 4.0).

2 Methoden und Durchführung

Die Methoden der Studie sind im Folgenden kurz zusammengefasst. Eine detaillierte Beschreibung findet sich in der Originalarbeit (Kiebacher et al. 2021).

2.1 Untersuchte Proben und geografischer Raum

Insgesamt wurden im Rahmen der Untersuchungen ca. 150 Proben von *O. killiasii*, *O. speciosum*, *O. laevigatum* und weiteren verwandten Sippen überprüft. Geografisch konzentrierte sich die Studie auf den Alpenraum. Die Proben von *O. killiasii* stammten dabei aus Österreich, Italien und der Schweiz. Zudem wurden Proben aus Skandinavien, Grönland, Alaska, Sibirien, Mitteleuropa, Grossbritannien, dem Mittelmeerraum, den USA und Zentralafrika morphologisch oder molekular analysiert. Die morphologisch untersuchten Proben stammten aus den Herbarien Zürich (Z+ZT), Chur (CHUR), Genf (G), Stockholm (S), Trondheim (TRH), London (BM), České Budějovice (CBFS), Lund (LD), Linz (LI) sowie aus den privaten Sammlungen von A. Bergamini, N. Schnyder, H. Köckinger, E. Urmi und T. Kiebacher.

2.2 Phylogenie

Für die phylogenetische Untersuchung wurde eine Auswahl von 47 Proben verwendet. Die DNS der Pflanzen wurde mit der NaOH-Methode extrahiert (Werner et al. 2002). Insgesamt wurden sechs DNS-Marker (loci) untersucht: drei im Chloroplasten-Genom (*rps4-trnS, atpB-rbcL, trnL-trnF*) und drei im Kern-Genom (ITS-Region, EST-115, EST-317). Für die Sequenzierung wurde die Sanger-Methode verwendet. Wegen verschiedener Varianten der EST-Marker bei einem Teil der Proben wurden Methoden von molekularem Klonen angewandt (Košnar et al. 2012), um die Sequenzen der einzelnen Varianten zu erhalten. Für die Auswertung wurden Bayesische- und Maximum-Likelihood-Methoden angewandt. Dabei wurden, um den geografischen Kontext zu erweitern, auch auf GenBank (www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank) verfügbare Sequenzen der untersuchten Sippen berücksichtigt. Die Analysen werden in MrBayes 3.2.6 (Ronquist et al. 2012) und RAxML 8.2.4 (Stamatakis 2014) gerechnet. Die Marker wurden sowohl einzeln als auch in Kombination analysiert.

2.3 Morphologie

Alle Proben wurden einer makro- und mikroskopischen Untersuchung der wichtigsten Merkmale unterzogen. Dafür wurden Standardmethoden der Auf- und Durchlichtmikroskopie verwendet. Um die Variabilität von *O. killiasii* und die genaue Abgrenzung zu *O. speciosum* zu ermitteln, wurde für eine Auswahl von ca. 30 Proben detailliertere Untersuchungen von über 100 morphologischen Merkmalen vorgenommen. Zentral war das Studium von Typus-Material der behandelten Taxa. Für die Dokumentation der relevanten Unterscheidungsmerkmale wurden Zeichnungen und Fotografien angefertigt.

3 Resultate und Diskussion

3.1 Eigenständigkeit von Killias' Goldhaarmoos (*Orthotrichum killiasii*)

Sowohl die morphologischen Daten als auch die molekularen zeigten eindeutig, dass *O. killiasii* von *O. speciosum* verschieden ist (Kiebacher et al. 2021). Weder bei den Chloroplasten-Markern noch bei den Markern der Kern-DNS wurden Proben der beiden Taxa gemeinsam gruppiert. Gleichfalls wurden auch keine morphologischen Übergangsformen zwischen den beiden Arten beobachtet. Die deutlichsten Unterscheidungsmerkmale weisen die Sporophyten auf. Bei *O. killiasii* sind die Kapseln immer glatt und die Peristomzähne sind aufrecht oder abstehend und weisen eine bleiche Farbe und eine häutige Konsistenz auf. Dagegen sind die Kapseln von *O. speciosum* gerippt, und die Peristomzähne sind orange gefärbt, dick, und im trockenen Zustand bogig zurückgekrümmt und mit der Spitze der Kapselwand anliegend (Abb. 3). Die beiden Arten unterscheiden sich auch gametophytisch. So weist *O. killiasii* einen kriechenden Wuchs auf und bildet dadurch teils handtellergrosse dichte Matten (Abb. 4). *Orthotrichum speciosum* wächst dagegen aufrecht und bildet lockere Polster. Ein weiterer Unterschied ist die Ausprägung der Papillen, die die Blattflächen bedecken. Bei *O. killiasii* sind die Papillen hoch und verzweigt, wohingegen sie bei *O. speciosum* niedrig und meist einfach sind (Abb. 5).

Obwohl *O. killiasii* manchmal mit *O. laevigatum* verwechselt wurde, unterscheidet es sich auch eindeutig von dieser Art. *Orthotrichum laevigatum* weist zum Beispiel einen deutlich längeren Kapselstiel (Seta) auf, der etwa doppelt so lang ist wie die Kapsel, wohingegen er bei *O. killiasii* etwa gleich lang ist wie die Kapsel. Weiter ist bei *O. laevigatum* das innere Peristom fragil und annähernd glatt, wohingegen es bei *O. killiasii* lange erhalten bleibt und eine papillöse Innenseite aufweist.

Abb. 3: Killias' Goldhaarmoos (*Orthotrichum killiasii*, links) unterscheidet sich vom Schönen Goldhaarmoos (*O. speciosum*, rechts) durch die glatten Kapseln und die abstehenden Peristomzähne an der Kapselmündung. Bei *O. speciosum* sind die Kapseln gerippt und die Peristomzähne sind bogig zurückgeschlagen (Fotos: T. Kiebacher, CC BY-NC-SA 4.0).

Abb. 4: Killias' Goldhaarmoos (*Orthotrichum killiasii*, links) und Schönes Goldhaarmoos (*O. speciosum*, rechts) unterscheiden sich in der Wuchsform und hinsichtlich des bevorzugten Substrats. Killias' Goldhaarmoos besiedelt Gestein und weist einen kriechenden und dadurch mattenbildenden Wuchs auf. Schönes Goldhaarmoos wächst dagegen aufrecht auf der Rinde von Bäumen (Fotos: T. Kiebacher, CC BY-NC-SA 4.0).

Abb. 5: Blattquerschnitt bei Killias' Goldhaarmoos (*Orthotrichum killiasii*, links) und Schönem Goldhaarmoos (*O. speciosum*, rechts). Die Blattzellen von Killias' Goldhaarmoos sind mit hohen und verzweigten Papillen besetzt, bei Schönem Goldhaarmoos sind die Papillen einfach und niedrig (Foto links: T. Kiebacher, CC BY-NC-SA 4.0. Foto rechts: A. Büschlen).

3.2 Unerwartete innerartliche Diversität

Erstaunlicherweise zeigten die Ergebnisse der genetischen Analysen eine beträchtliche Variabilität innerhalb der Art *O. killiasii*. Insbesondere ergab die Analyse der ITS-Region eine Trennung der *O. killiasii* zugesprochenen Proben in zwei Gruppen. Interessanterweise gab es für diese beiden Gruppen auch Übereinstimmungen in der Morphologie und Ökologie. Zu den Unterschieden: Die Vertreter der einen Gruppe wuchsen vorwiegend auf silikatischen Gesteinen und die Vertreter der anderen auf stark kalkhaltigen Gesteinen. Die Pflanzen auf kalkhaltigen Gesteinen waren im Allgemeinen etwas kleiner, hatten meist eine kahle oder fast kahle Kapselhaube und wenigstens an einigen Blättern waren die Spitzen abgerundet. Die Pflanzen auf Silikatgestein hatten dagegen stark behaarte Kapselhauben und spitze Blätter (Abb. 6). Nur bei einzelnen Proben war die Übereinstimmung der Ökologie, Morphologie und der Gruppierung der ITS-Sequenzen nicht vollständig. Die Analyse der Chloroplasten-Marker zeigte ein komplexeres Muster. Sie wiesen vier Genotypen auf, von denen zwei ausschliesslich in je einer der beiden ITS-Gruppen vorkamen. Die beiden anderen verteilten sich auf die beiden Gruppen. Für die Trennung in die vier Genotypen bei den Chloroplasten konnten keine konsistent übereinstimmenden Parallelen in der Morphologie und Ökologie der Proben gefunden werden. Die nur teilweise Übereinstimmung der Analyse der Chloroplasten- und ITS-Sequenzen lässt sich durch evolutive Prozesse wie «incomplete linage sorting» (das Erhaltenbleiben älterer Polymorphismen, wie z. B. verschiedenen Genotypen der Chloroplasten-DNS in zwei oder mehreren Tochterarten) oder Hybridisierungsereignisse mit darauffolgender Rückkreuzung erklären.

Die weitgehend übereinstimmenden Ergebnisse bezüglich Morphologie, Ökologie und der Gruppierung in ITS weisen darauf hin, dass es innerhalb der Art *O. killiasii* zu einer Differenzierung in zwei Sippen gekommen ist, von denen sich eine auf silikatische Gesteine und die andere auf kalkhaltige Gesteine spezialisiert hat. Diese Differenzierung könnte auf die Eiszeiten zurückgehen, während denen die vorwiegend silikatischen Gipfel der Zentralalpen von den Kalkgebieten der Nord- und Südalpen durch Eismassen stärker isoliert waren als während der Zwischeneiszeiten. Das Auftreten einzelner abweichender Proben weist darauf hin, dass die Trennung in die zwei Sippen nicht vollständig ist oder dass es nach der Trennung wieder zu einem genetischen Austausch zwischen den Sippen kam. Diesem Muster wurde durch die Anerkennung zweier Unterarten Rechnung getragen, und zwar der Unterart *killiasii* und der Unterart *simonyi*. Die Unterart *simonyi* beruht dabei auf einer jüngst aus den österreichischen Alpen im Artrang beschriebenen Sippe, *Orthotrichum simonyi* Schlüsslmayr, von der bisher nur die Typuspflanze bekannt war. Diese Unterart umfasst die kalkbewohnenden Vertreter der Art mit weitgehend kahlen Kapselhauben und wenigstens teilweise abgerundeten Blattspitzen (Abb. 6).

Abb. 6: Unterscheidungsmerkmale der beiden Unterarten von Killias' Goldhaarmoos (*Orthotrichum killiasii*). Die Unterart *killiasii* (linke Bildhälfte) bildet etwas grössere und deutlich behaarte Kapselhauben und spitze Blätter aus, wohingegen bei der Unterart *simonyi* (rechte Bildhälfte) die Kapselhauben wenig behaart oder kahl und die Blattspitzen oft stumpf sind. Massstäbe: Kapselhauben 1 mm, Blattspitzen 100 µm (Fotos: T. Kiebacher, CC BY-NC-SA 4.0).

Abb. 7: Killias' Goldhaarmoos (*Orthotrichum killiasii*) besiedelt geschützte Stellen wie Felsspalten und Nischen an ausgesetzten Graten. Die Standorte sind oft durch das Vorkommen nährstoffzeigender Flechten der Gattung *Xanthoria* gekennzeichnet (orange Flecken auf dem Fels). Die gelben Pfeile zeigen die Wuchsstelle von Killias' Goldhaarmoos am Nordgrat des Gipfels Corn Alv (Surses GR), 2969 m ü. M. (Fotos: T. Kiebacher, CC BY-NC-SA 4.0).

3.3 Ökologie

Orthotrichum killiasii weist eine äusserst interessante Ökologie auf. Die Art ist erst in grosser Höhe, in der alpinen und nivalen Stufe zu finden. Der bislang höchstgelegen Fundort liegt auf ca. 3200 m ü. M. am Säulkopf in der Venediger-Gruppe in Osttirol. Vorkommen unterhalb der Waldgrenze sind in den Alpen nicht bekannt. Die Art kommt an wind- und wetterexponierten Stellen, insbesondere an Graten und auf Gipfeln vor, besiedelt dort dann aber geschützte Kleinstandorte wie Felsklüfte und Nischen zwischen Gesteinsblöcken (Abb. 7). Ausserdem benötigt *O. killiasii* nährstoffreiche Bedingungen und ist deshalb vor allem an Vogelsitzplätzen oder anderweitig gedüngten Felsen zu finden. Wer die Art finden will, hält am besten an exponierten Stellen nach den auffallenden und nährstoffzeigenden Gelbflechten-Arten (*Xanthoria* spp.) Ausschau und sucht dort genauer. Die Populationen von *O. killiasii* sind meist klein, oft ist z. B. entlang eines Grats oder auf einem Gipfel nur eine oder wenige Pflanzen vorhanden. Grössere Bestände habe ich selten beobachtet, allerdings sind viele potenzielle Standorte unzugänglich.

3.4 Verbreitung

Orthotrichum killiasii ist bislang mit Sicherheit nur aus den Alpen und durch zwei Belege aus Norwegen nachgewiesen. Die als *O. killiasii* bezeichneten und untersuchten Proben aus Grönland, Alaska und dem arktischen Raum, wie auch viele weitere Proben aus dem skandinavischen Raum stimmen morphologisch nicht mit *O. killiasii* überein. Meist handelt es sich um Pflanzen, die Merkmale von *O. speciosum* aufweisen, aber in anderen von dieser Art abweichen. Diese Formengruppe sollte genauer untersucht werden, es scheinen sich darunter nicht anerkannte Taxa zu befinden.

In der Schweiz ist *O. killiasii* aus den Kantonen Graubünden, Bern, Nidwalden, St. Gallen, Uri und Wallis bekannt (Limpricht 1895, Amann et al. 1918, Amann 1933, eigene Beobachtungen). Vermutlich ist die Art auch in den übrigen Alpen-Kantonen vorhanden.

Während die Unterart *killiasii* zwar nicht häufig vorkommt, in den Silikatgebieten der italienischen, österreichischen und Schweizer Alpen aber ein grosses Areal besiedelt, scheint die Unterart *simonyi* viel seltener zu sein. Von den zahlreichen älteren (<1990) Aufsammlungen der Art, die untersucht wurden, konnte nämlich keine einzige der Unterart *simonyi* zugeordnet werden. In Österreich gibt es von der Unterart *simonyi* neben der Typuslokalität am Dachstein (an der Grenze zwischen den Bundesländern Steiermark und Oberösterreich) noch Angaben aus Salzburg und Tirol. In der Schweiz sind bisher nur zwei Fundorte bekannt. Einer liegt nördlich des Julierpasses in der Gemeinde Surses und einer am Laubersgrad bei Engelberg im Kanton Nidwalden. Aus den italienischen Alpen ist die Unterart *simonyi* bisher noch nicht bekannt, es gibt aber zwei ältere Angaben von *O. killiasii* aus den Dolomiten (Venturi 1899). Wegen des dort weitgehend kalkhaltigen Substrats gehören diese möglicherweise zur Unterart *simonyi*. Ich habe in den italienischen Dolomiten mehrmals gezielt nach dieser Unterart gesucht, sie bislang aber nicht gefunden.

3.5 Gefährdung und Schutz

Da *Orthotrichum killiasii* nur in den Hochlagen vorkommt, und die Ausweichmöglichkeiten nach oben begrenzt sind, ist es durch den Klimawandel bedroht. So könnten durch die steigenden Temperaturen insbesondere die tiefer gelegenen Populationen einen Rückgang erfahren. Dies kann zu einer weiteren Fragmentierung der durch den speziellen Lebensraum schon natürlicherweise isolierten Populationen füh-

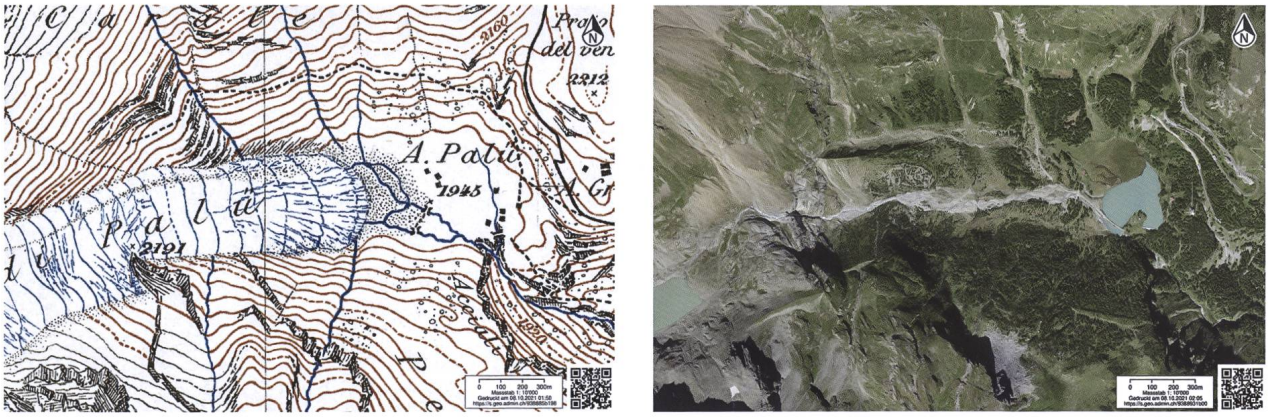

Abb. 8: Der Locus classicus von *Orthotrichum killiasii*, die Alp Palü (Poschiavo GR), zur Zeit der Entdeckung (links, Siegfriedkarte aus dem Jahr 1876; © swisstopo) und heute (rechts, Orthofoto aus dem Jahr 2019; © CNES, Spot Image, swisstopo, NPOC).

ren. Dies trifft umso mehr auf die Unterart *simonyi* zu, weil die Kalkgebirge im Allgemeinen niedriger sind als die silikatischen Gebirgsketten der Zentralalpen. Aufgrund dieser Gefährdung und der wenigen bekannten Fundorte wird die Unterart *simonyi* in der neuen Roten Liste der Schweiz, die noch dieses Jahr erscheinen soll, als stark gefährdet (EN) eingestuft (Kiebacher et al. in Vorb.). Die etwas häufigere Unterart *killiasii* wurde, wie die Art als Gesamtes, als verletzlich (VU) gelistet. Vermutlich sind beide Unterarten seit dem Beginn der derzeitigen Klimaerwärmung merklich zurückgegangen. Als Beispiel, dass die Gefährdung durch den Klimawandel real ist, möchte ich hier einen zeitlichen Vergleich der Typuslokalität anbringen. Die Erstausgabe der Siegfriedkarte stammt aus dem Jahr 1876 also knapp 20 Jahre nach der Entdeckung der Art und zeigt den Fundort, die Alp Palü, mit der Zunge des Palügletschers, die fast bis an die Alpgebäude reicht (Abb. 8). Heute befindet sich an dieser Stelle ein Stausee und im Bereich der Gletscherzunge ein offener Nadelwald. Die Suche nach *O. killiasii* in diesem Bereich ist aussichtslos. Erst viel weiter oben am N-Grat des Curnasels auf 2700 m ü. M. konnte ich ein Exemplar finden.

Für die Unterart *simonyi* ist die Datenlage gering. In der Schweiz sind bisher erst zwei Fundorte bekannt, und es ist schwer abschätzbar, wie gross die Population tatsächlich ist. Insbesondere für diese Unterart sollten deshalb weitere Vorkommen gesucht und über die Jahre beobachtet werden.

3.6 Nomenklatur

Phylogenetische Untersuchungen haben gezeigt, dass die Gross-Gattung *Orthotrichum* (Goldhaarmoose), wie sie in den letzten Jahrzenten gefasst wurde (Lewinsky 1977b, Lara et al. 2009), keine monophyletische Gruppe bildet. Deshalb wurde die Gattung in mehrere kleinere Gattungen aufgeteilt. Dabei wurden die monözischen Arten mit offenliegenden Stomata, zu denen auch *O. killiasii, O. speciosum* und *O. laevigatum* gehören, der neuen Gattung *Lewinskya* F. Lara, Garilleti & Goffinet zugeordnet (Lara et al. 2016). Da Lara et al. (2016) nur die damals akzeptierten Taxa in der neuen Gattung *Lewinskya* kombinierten, wurden nun auch die beiden Epitheta *killiasii* und *simonyi* neu kombiniert (Kiebacher et al. 2021). Aus Gründen der Einfachheit wurde im vorliegenden Artikel einheitlich die alte Gattungsbezeichnung *Orthotrichum* verwendet. Aktuell gültig sind die beiden neuen Namen *Lewinskya killiasii* (Müll. Hal.) Kiebacher, Köckinger & Jan Kučera und *Lewinskya killiasii* subsp. *simonyi* (Schlüsslmayr) Kiebacher, Köckinger & Jan Kučera (Kiebacher et al. 2021).

4 Dank

Ein herzlicher Dank geht an A. Manukjanová und J. Košnar für die Laborarbeit und an die Sammler A. Bergamini, V. E. Fedosov, T. Hällingback, M. S. Ignatov, M. Lüth, L. Miserere, G. Schlüsslmayr, N. Schnyder und E. Urmi sowie an die Kuratoren von BM, CHUR, G, GJO, LD, LI, S, TRH und Z+ZT für die Bereitstellung von Herbarproben. Arnold Büschlen danke ich für das Bild von *O. speciosum*. Für die Bereitstellung der Infrastruktur und von IT-Ressourcen bedanke ich mich bei der Universität South Bohemia (Faculty of Science) und dem Metacentrum VO (Ministry of Education, Youth and Sports of the Czech Republic under the Projects CESNET; Project No. LM2015042 and CERIT-Scientific Cloud, Project No. LM2015085). Für die finanzielle Unterstützung danke ich der Stiftung zur Förderung der Pflanzenkenntnis (Basel) und der Stiftung Sammlung Bündner Naturmuseum (Chur).

5 Literatur

Amann, J., 1933. Flore des mousses de la Suisse. Vol. III: Revision et Additions. Beitr. Kryptogamenflora Schweiz 7, 1–186.

Amann, J., Meylan, C., Culmann, P., 1918. Flore des mousses de la Suisse. Deuxième partie. Bryogéographie de la Suisse. Herbier Boissier Genève.

Frey, W., Frahm, J. P., Fischer, E., Lobin, W., 2006. The Liverworts, Mosses and Ferns of Europe (English edition revised and edited by TL Blockeel). Harley Books Colchester.

Hallingbäck, T., Lönnell, N., Weibull, H., Von Knorring, P., Korotynska, M., Reisborg, C., Birgersson, M., 2008. Nationalnyckeln till Sveriges flora och fauna. Bladmossor: kompaktmossor-kapmossor, Bryophyta: *Anoectangium-Orthodontium*. Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Uppsala.

Hill, M. O., Bell, N., Bruggeman-Nannenga, M., Brugues, M., Cano, M. J., Enroth, J., Flatberg, K. I., Frahm, J. P., Gallego, M. T., Garilleti, R., Guerra, J., Hedenas, L., Holyoak, D. T., Ignatov, M. S., Lara, F., Mazimpaka, V., Munoz, J., Söderström, L., 2006. An annotated checklist of the mosses of Europe and Macaronesia. J. Bryol. 28, 198–267.

Hodgetts, N. G., Söderström, L., Blockeel, T. L., Caspari, S., Ignatov, M. S., Konstantinova, N. A., Lockhart, N., Papp, B., Schröck, C., Sim-Sim, M., Bell, D., Bell, N. E., Blom, H. H., Bruggeman-Nannenga, M. A., Brugués, M., Enroth, J., Flatberg, K. I., Garilleti, R., Hedenäs, L., Holyoak, D. T.,

HUGONNOT, V., KARIYAWASAM, I., KÖCKINGER, H., KUČERA, J., LARA, F., PORLEY, R. D., 2020. An annotated checklist of bryophytes of Europe, Macaronesia and Cyprus. J. Bryol. 42, 1–116.

HODGETTS, N., LOCKHART N., 2020. Checklist and country status of European bryophytes – Update 2020. Irish Wildl. Manuals 123, 1–214.

HODGETTS, N., 2015. Checklist and country status of European bryophytes – towards a new Red List for Europe. Irish Wildl. Manuals 84, 1–125.

KIEBACHER, T., KÖCKINGER, H., KUČERA, J., 2021. Adaptive divergence in the neglected alpine moss *Lewinskya killiasii*, comb. nov. (Orthotrichaceae), an example of vicariance on different rock types in bryophytes. Bot. J. Linn. Soc. boab060, 1–24. https://doi.org/10.1093/botlinnean/boab060Botanikal

KILLIAS, E., 1859. Verzeichnis der bündnerischen Laubmoose. Jahresbericht der Naturforschenden Gesellschaft Graubünden 4, 77–134.

KOŠNAR, J., HERBSTOVÁ M., KOLÁŘ, F., KOUTECKÝ, P., KUČERA, J., 2012. A case study of intragenomic ITS variation in bryophytes: assessment of gene flow and role of polyploidy in the origin of European taxa of the *Tortula muralis* (Musci: Pottiaceae) complex. Taxon 61, 709–720.

LARA, F., GARILLETI, R., GOFFINET, B., DRAPER, I., MEDINA, R., VIGALONDO, B., MAZIMPAKA, V., 2016. *Lewinskya*, a new genus to accommodate the phaneroporous and monoicous taxa of *Orthotrichum* (Bryophyta, Orthotrichaceae). Cryptogam. Bryol. 37, 361–382.

LARA, F., GARILLETI, R., MEDINA, R., MAZIMPAKA, V., 2009. A new key to the genus *Orthotrichum* Hedw. in Europe and the Mediterranean Region. Cryptogam. Bryol. 30, 129–142.

LEWINSKY, J., 1977a. The family Orthotrichaceae in Greenland a taxonomic revision. Lindbergia 4, 57–103.

LEWINSKY, J., 1977b. The genus *Orthotrichum* – Morphological studies and evolutionary remarks. J. Hattori Bot. Lab. 43, 31–61.

LIMPRICHT, K. G., 1895. Die Laubmoose Deutschlands, Oesterreichs und der Schweiz. II. Abteilung: Bryineae. Eduard Kummer Leipzig.

MÜLLER, C., 1858. Eine neue Laubmoosspecies. Jahresbericht der Naturforschenden Gesellschaft Graubünden 3, 166–167.

RONQUIST, F., TESLENKO, M., VAN DER MARK, P., AYRES, D. L., DARLING, A., HÖHNA, S., LARGET, B., LIU, L., SUCHARD, M. A., HUELSENBECK, J. P., 2012. MrBayes 3.2: Efficient bayesian phylogenetic inference and model choice across a large model space. Syst. Biol. 61, 539–542.

SCHNYDER, N., BERGAMINI, A., HOFMANN, H., MÜLLER, N., SCHUBIGER-BOSSARD, C., URMI, E., 2004. Rote Liste der gefährdeten Moose der Schweiz. BUWAL-Reihe: Vollzug Umwelt. BUWAL, FUB & NISM Bern.

STAMATAKIS, A., 2014. RAxML version 8: a tool for phylogenetic analysis and post-analysis of large phylogenies. Bioinformatics 30, 1312–1313.

VENTURI, G., 1893. Trib. Orthotricheae. in: RÖLL, J. Nordamerikanische Laubmoose, Torfmoose und Lebermoose. Hedwigia 32, 268–387.

VENTURI, G., 1899. Le muscinee del Trentino. Tipografia G. Zippel Trento.

WERNER, O., ROS, R. M., GUERRA, J., 2002. Direct amplification and NaOH extraction: two rapid and simple methods for preparing bryophyte DNA for polymerase chain reaction (PCR). J. Bryol. 24, 127–131.