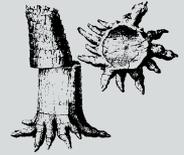


# Bemerkenswerte Funde epiphytischer Moose im Erzgebirge im vergangenen Jahrzehnt (2000-2009) – praktische und theoretische Probleme der Artbestimmung

Erhard Seifert, Scharfenstein



## Kurzfassung

Der Beitrag stellt wesentliche Ergebnisse der Kartierung epiphytischer Moose im Erzgebirge im Verlaufe des vergangenen Jahrzehnts dar. Es werden Moosarten vorgestellt, die bisher noch nicht in Sachsen bzw. im Erzgebirge gefunden wurden. Dazu gehören: *Orthotrichum consimile*, *Orthotrichum pulchellum*, *Orthotrichum rogeri*, *Orthotrichum scanicum*, *Zygodon dentatus*, *Zygodon conoideus*, *Cryphaea heteromalla*, *Hypnum heseleri* und *Metzgeria fruticulosa*. Als Wiederfunde nach langer Zeit können zwei weitere epiphytische Moosarten genannt werden: *Ulota coarctata* und *Leucodon sciuroides*. Im Zusammenhang mit auftretenden Bestimmungsproblemen bei verschiedenen Sippen der artenreichen Gattung *Orthotrichum* und bei *Hypnum heseleri* wird das Artverständnis in der Bryologie diskutiert.

## 1 Beobachtungen zur Verbreitung epiphytischer Moose im Erzgebirge während des vergangenen Jahrzehnts

Als ich Mitte der 1990er Jahre damit begann, die Verbreitung epiphytischer Moose entlang der Zschopau und ihrer Zuflüsse systematisch zu beobachten und durch Kartierung zu erfassen, waren besonders die Gehölze der Fluss- und Bachauen von Epiphyten bewachsen. Vor allem an Weide (vorwiegend *Salix fragilis*) und Holunder (*Sambucus nigra*) bedeckten Epiphyten die Borke in mehr oder weniger großen schichtartigen Überzügen und Polstern. In der Folgezeit konnte ich ähnliche Verhältnisse auch im Umfeld weiterer Flusssysteme feststellen (z. B. an der Freiburger Mulde und Zwickauer Mulde). Von einer wortwörtlichen „Epiphyten-Wüste“ konnte in dem erfassten erzgebirgischen Raum also auch damals keine Rede sein, auch wenn das Artenspektrum kleiner und anders war.

Einige robuste, acidophile und konkurrenzstarke Sippen, die eine starke Luftverschmutzung tolerieren, bildeten besonders an Baumstämmen, dickeren Ästen und auf Totholz typische Moosgesellschaften aus, in denen regelmäßig *Hypnum cupressiforme*, *Ceratodon purpureus*, *Lophocolea heterophylla*, *Amblystegium serpens*, *Pohlia nutans*, *Brachythecium rutabulum*, *Brachythecium salebrosum* und *Dicranoweisia cirrata* auftraten. Oft waren auch *Ptilidium pulcherrimum*, *Dicranum scoparium*, *Tetraphis pellucida*, *Aulacomnium androgynum* und *Orthodicranum montanum* dabei und nicht selten *Plagiothecium curvifolium*, *Sanionia uncinata*, *Rhizomnium punctatum* und *Mnium hornum*. Bryosoziologisch handelte es sich dabei um Assoziationen wie das *Brachythecio salebrosi-Amblystegietum juratzkani* (Sjög ex Marst. 1987) Marst. 1989 und *Brachythecio rutabuli-Hypnetum cupressiformis* Nörr 1969, aber auch das *Orthodicrano montani-Hypnetum filiformis* Wisn. 1930 und *Aulacomnietum androgyni* v. Krus. 1945 waren vertreten (Assoziationen nach MÜLLER & OTTE 2007).

Hauptsächlich die stärker licht- und windexponierten Kronenbereiche, hier besonders die mittelstarken, waagerechten Äste im unteren Bereich, zeigten damals neue Ansätze von mosaikartig angesiedelten Polstern und Streifen weniger *Orthotrichum*-Arten, darunter besonders *Orthotrichum affine*, *Orthotrichum pumilum* und *Orthotrichum diaphanum*. Ziemlich zeitig waren die großwüchsige, damals als verschollen geltende Art *Orthotrichum speciosum* und die zierliche Art *Orthotrichum stramineum* wieder zu finden. Hinzu kam das epiphytische Auftreten von Arten, die gewöhnlich Gestein besiedeln, wie *Orthotrichum anomalum*, *Schistidium apocarpum* und *Grimmia pulvinata*, später und seltener auch *Hedwigia ciliata*. Von Arten mit variablen Standorten, die auch auf morschem Holz wachsen, wurden epiphytisch beobachtet: *Rhytidiadelphus triquetrus*, *Rhytidiadelphus loreus*, *Bryum laevifilum* (= *Bryum flaccidum*), *Bryum argenteum*, *Cynodontium strumiferum*, *Hylocomnium splendens*, *Ptilium crista-castrensis* und *Campylopus introflexus*.



Abb. 1



Abb. 2



Abb. 3



Abb. 4

**Abb. 1**

**Das Eschenbachtal bei Wolkenstein**

In den Seitentälern zum großen Flusstal der Zschopau entwickelt sich oft eine artenreiche Gehölzflora, die für epiphytische Moose günstige Standorte bildet. Da Epiphyten das lebensnotwendige Wasser und auch alle anderen Nährstoffe ausschließlich aus der Atmosphäre beziehen, stellen die spezifischen Umweltbedingungen in diesen kleinen Naturräumen die Grundlage für die Entwicklung solcher Pflanzen dar. Epiphyten sind auf das Lichtangebot ebenso angewiesen wie auf die Luftfeuchtigkeit, die Temperaturverhältnisse und die Windströmungen am Standort. Das südlich von Wolkenstein liegende Eschenbachtal zieht sich allmählich hinauf bis zur Siedlung Kohlau. Hier wachsen auf Berg-Ahorn, Weide, Schwarzem Holunder und Traubenkirsche als Epiphyten die folgenden Moosarten *Orthotrichum diaphanum*, *Orthotrichum lyelli*, *Orthotrichum pumilum*, *Ulota bruchii* und *Pylaisia polyantha*.

**Abb. 2**

**Erzgebirgslandschaft bei Königswalde**

Der Blick vom Pöhlberg führt über Königswalde im Pöhlbachtal hinauf zum Grenzgebiet bei Jöhstadt und erfasst eine gehölzreiche Landschaft. Hier findet man bei sorgfältiger Beobachtung auch viele epiphytische Moose, die sich besonders auf lichtreichen Ästen, aber auch entlang von Wasserbahnen an den Baumstämmen in kleinen Polstern und Räschen entwickeln. Oft werden anspruchsvolle Arten von robusten, nährstoffliebenden Arten allmählich verdrängt. Die vielfältigen Naturräume des Erzgebirges bieten zahlreichen epiphytischen Moosen günstige Lebensbedingungen. Wälder, Gebüsche und Hecken, aber auch Straßenränder und Obstgärten gehören dazu. Auf der Borke von Laubbäumen und Sträuchern, gelegentlich auch Nadelbäumen sitzen die Epiphyten direkt auf. Gute Epiphytenträger sind Berg-Ahorn, Pappel, Eberesche, Bruchweide, zunehmend auch Rotbuche und Esche. Hinzu kommen Schwarzer Holunder, Traubenkirsche und zunehmend auch Lärche.

**Abb. 3 und 4**

**Landschaftsformen im Erzgebirge**

Im Erzgebirge sind im Laufe der Zeit durch natürliche und menschliche Einwirkungen vielfältige Landschaftsformen entstanden, die durch ihre besonderen Strukturen den Lebewesen geeignete Lebensräume bieten. Ob es die schönen, von Wiesen und Äckern geformten Seitentäler von größeren Flüssen sind (hier das Tal des Knesenbaches bei Zöblitz) oder die rauen, von Halden und technischen Anlagen durchsetzten Bergbaufolgelandschaften (hier am Sauberg bei Ehrenfriedersdorf), stets bieten sich auch für verschiedene Moos- und Flechtenarten günstige Entwicklungsbedingungen.

---

**Abb. 5**

**Epiphytengesellschaft**

Epiphytische Moose und Flechten bilden besonders auf lichtexponierten Ästen und in luftfeuchter Umgebung interessante Pflanzengesellschaften. Solche lückigen, aus bestimmten Moos- und Flechtenarten zusammengesetzten Gesellschaften entwickeln sich rasch weiter. Zum einen nimmt die Individuenmenge durch Wachstum und Vermehrung zu, andererseits kommen konkurrierende Arten hinzu, die solche Gesellschaften durchsetzen und überwuchern können. Welche Entwicklung eine Epiphytengesellschaft nimmt, hängt sowohl von den natürlichen Umweltfaktoren als auch von anthropogenen Einflüssen ab. Links im Bild, unterhalb des Borkeneinrisses, ist auch das Moos *Orthotrichum obtusifolium* zu erkennen.

**Abb. 6**

**Bruchäste von Bäumen sind wertvolle Kartierungsobjekte**

Durch Wind- oder Schneebruch fallen immer wieder epiphytenreiche Äste an. Diese sonst kaum zugänglichen Pflanzenteile stellen eine gute Grundlage zur Kartierung epiphytischer Moose eines umgrenzten Gebietes dar. Das gleiche gilt für die bei Überschwemmungen herausgespülten Bäume. Da können sogar ganze Baumkronen kontrolliert werden. Das äußerst seltene Moos *Orthotrichum consimile* konnte auf diese Art nach der Sommerflut im Jahre 2002 an der Freiburger Mulde erstmals in Sachsen nachgewiesen werden. Leider werden Bruchäste und umgestürzte Bäume oft rasch zur Brennholzgewinnung abtransportiert, nicht Verwertbares wird gehäckselt. Manchmal gelingt es, mit den Verantwortlichen zu vereinbaren, solche Bäume oder einige starke Äste längere Zeit am Ort oder in der Nähe liegen zu lassen. Dadurch wird nicht nur eine gründliche Kartierung ermöglicht, sondern auch die Sporenverbreitung aus unzähligen Moospflanzen über mehrere Jahre gesichert.



Abb. 5



Abb. 6

In der gleichen Zeit konnten bei Exkursionen in den Wäldern des Erzgebirges vergleichsweise deutlich weniger epiphytisch wachsende Moose gefunden werden. Besonders an Stämmen von Berg-Ahorn (*Acer pseudoplatanus*) und teilweise von Esche (*Fraxinus excelsior*) war aber ein merklicher Bewuchs aus den gleichen o. g. robusten und toxisch-toleranten Arten zu finden. Dabei waren die Arten *Brachythecium salebrosum*, *Ptilidium pulcherrimum* und *Dicranoweisia cirrata* hier noch seltener vertreten. Die empfindlichen Arten, z. B. aus der Gattung *Orthotrichum* und *Ulota* fehlten bis auf kleine und meist sterile Polster. Wahrscheinlich begann die etwas spätere Ausbreitung dieser Arten in die Wälder ebenfalls entlang der Fluss- und Bachtäler, aber auch der großen Waldwege. Häufige Träger von Epiphyten waren dort große Holundersträucher, über die wohl eine zügige Wiederbesiedlung in der Umgebung von Waldlichtungen ablief. Die ersten *Orthotrichum*-Arten waren auch hier *Orthotrichum affine* und *Orthotrichum diaphanum*, seltener *Orthotrichum speciosum* und *Orthotrichum pumilum*. Da die systematische Durchsuchung und Kartierung der Erzgebirgswälder später als jene der Fluren und Auen der Flusssysteme erfolgte, kann eine weitergehende Beschreibung der Situation Mitte der 90er Jahre nicht erfolgen.

Spätestens mit dem häufigen Auffinden der genannten *Orthotrichum*-Arten und von *Ulota bruchii* setzte sich bei feldbiologisch aktiven Bryologen die Hoffnung durch, dass mit einer zunehmenden Wiederausbreitung auch der selten gewordenen Arten zu rechnen sei. Von manchen Seiten wurde damals bereits davon gesprochen, dass eine „explosive Entwicklung“ in Gang gekommen sei; das war zu dieser Zeit eine voreilige und oft noch zu wenig belegte Ansicht. Erst als beim Kartieren immer häufiger solche Arten beobachtet wurden, die als selten, verschollenen oder ausgestorbenen galten, konnte dieser erhoffte bzw. bereits behauptete Trend bestätigt werden. Dazu gehören *Orthotrichum tenellum*, *Orthotrichum lyelli*, *Orthotrichum patens*, *Orthotrichum pallens* und *Ulota crispa* s. str., aber auch *Tortula latifolia* und *Tortula papillosa*, *Frullania dilatata*, *Radula complanata* und *Metzgeria furcata*. Für das hier beschriebene Gebiet erfolgten diese Veränderungen in der Zeit bis in den Anfang des neuen Jahrhunderts hinein. Inzwischen haben sich dort vielerorts an Stämmen und Ästen verschiedener Laubbäume typische lichtliebende Moosgesellschaften ausgebildet, die man üblicherweise der bryozoologischen Klasse *Frullania dilatatae-Leucodontetea sciuroidis* Mohan 1978 zuordnet, darunter Assoziationen wie das *Ulotetum crispae* Ochns. 1928, das *Orthotrichetum pallentis* Ochns. 1928, das *Orthotrichetum fallacis* v. Krus. 1945 und seltener auch das *Pylaisietum polyanthae* Pec. 1965.

Zu diesem Zeitpunkt waren nun auch die erzgebirgischen Wälder wieder reicher mit Epiphyten besiedelt. Durch systematische Kartierung von größeren Teilen der Wälder des mittleren Erzgebirges und von Teilen der angrenzenden west- und ostergebirgischen Gebiete in den Jahren 2005 bis 2008 konnte die sich abzeichnende Entwicklung gut belegt werden. Dazu war eine aufwändigere Beobachtungstechnik notwendig. Angesichts der unübersichtlicheren, komplexeren Waldstrukturen war die bisher geübte systematische Einzelbaumkontrolle nicht mehr geeignet. Trotzdem konnten an exponierten Stellen entlang von Waldrändern, Waldwegen, Schneisen, Lichtungen und eingesprengten lockeren Mischholzbeständen die gleichen epiphytisch wachsenden Moose reichlich gefunden werden. Dass einige Arten sogar öfter gefunden wurden, kann am späteren Zeitpunkt der Kartierung liegen, möglicherweise auch an anderen ökologischen Ansprüchen dieser Arten. Hierzu zähle ich besonders *Ulota crispa* s. str., *Radula complanata*, *Metzgeria furcata* und *Orthotrichum rogeri*, aber auch *Orthotrichum patens* und *Orthotrichum lyelli*. Das betrifft nicht immer die Fundortdichte im ganzen Areal, sondern manchmal nur die Bedeckung am jeweiligen Standort.

Nach über zehnjähriger intensiver Beobachtung epiphytischer Moose im Erzgebirge können einige wesentliche Aussagen getroffen werden:

1. Die Wiederkehr und Ausbreitung vieler empfindlicher und anspruchsvoller Epiphytenarten hat deutlich stattgefunden, wenn auch in unterschiedlichem Maße.
2. Die Ausbreitung solcher Epiphyten setzte in Flussaunen und Bachtälern eher ein als in den Wäldern des Erzgebirges.
3. Es befinden sich auch Arten darunter, die für das Erzgebirge und für den Freistaat Sachsen neu sind. Im Untersuchungszeitraum konnten 9 neue epiphytische Moosarten gefunden werden: *Orthotrichum scanicum* (2000, 2006, 2007, 2008), *Orthotrichum consimile* (2002), *Orthotrichum pulchellum* (2002 u. folgende Jahre), *Orthotrichum rogeri* (2005 u. folgende Jahre), *Zygodon dentatus* (2003, 2005, 2007, 2008), *Zygodon conoideus* (2008), *Hypnum heseleri* (2002), *Cryphaea heteromalla* (2009), *Metzgeria fruticulosa* (2009).
4. Zwei Wiederfunde lange verschollener Epiphytenarten kommen hinzu: *Ulota coarctata* (2002 und 2005) und *Leucodon sciuroides* (2005, Wiederfund als Epiphyt).
5. Der Rückgang des sauren Regens bei weiterhin hoher Stickstoffzufuhr durch starke (NO<sub>x</sub>)-Emissionen und intensive landwirtschaftliche Düngung hat das Säure-Basen-Verhältnis der Niederschläge im Boden und in der Borke verändert.
6. Ein Rückgang säuretoleranter bzw. azidophiler Arten nach dem Ausschalten der hohen SO<sub>2</sub>-Emissionen und großräumigen Einsatz moderner Umwelttechnik ist feststellbar.
7. Unter verändertem Konkurrenzdruck sind an den Standorten Verdrängungsprozesse zwischen den Arten beobachtbar; und das mit offenem Ausgang. Denn wir wissen zu wenig über die ökologischen Potenzen der Arten bei gleichzeitig stattfindendem Klimawandel.

8. Unter den Neuankömmlingen im Erzgebirge sind nunmehr schon vier Arten, denen man bisher eine Heimat in atlantisch geprägten Klimaten zugeordnet hatte: *Orthotrichum pulchellum* (2002), *Zygodon conoideus* (2008), *Cryphaea heteromalla* (2009) und *Metzgeria fruticulosa* (2009).

9. Ob die beobachtete Ausbreitung vieler Moos-Epiphyten stabil bleibt, ist ungewiss. Zu hoffen ist, dass sich neue Gleichgewichte im Artenspektrum einstellen, die sowohl vielen angestammten Arten als auch manchen Neophyten gute Überlebenschancen bieten. Zu befürchten ist aber auch ein erneuter Rückgang der gerade erst wieder etablierten Arten zugunsten einer weiteren Ausbreitung von euryöken Arten, die mit der ungebremsten Stickstoff-Eutrophierung und dem Klimawandel gut zurechtkommen.

10. Die angestrebte objektive Beurteilung des Gefährdungsgrades, es wurden im Zeitraum von nicht einmal zwei Jahrzehnten drei Rote Listen aufgestellt, sollte durch ein ausreichend flexibles Bewertungssystem gewährleistet sein.

## 2 Dokumentation von bemerkenswerten Funden epiphytischer Moose im Erzgebirge

Sämtliche kartierten Arten, darunter auch alle nachfolgend dokumentierten Funde, sind im Herbarium des Autors mit einer Probe belegt. Die Nomenklatur richtet sich nach dem Verbreitungsatlas der Moose Deutschlands (MEINUNGER & SCHRÖDER 2007). Hinter den Artnamen stehen in Klammern Hinweise zur Gefährdung in Deutschland (in Anlehnung an MEINUNGER & SCHRÖDER 2007: BAND 1, S. 32) und danach in Sachsen (MÜLLER 2008). Der genaue geographische Fundort wird durch die vierstellige Nummer des Messtischblattes und die nachfolgende Quadranten- und Viertelquadrantennummer angegeben. Die Trägerpflanze der Epiphyten wird nach der Nennung des topographischen Standortes vermerkt. In den meisten Fällen wurden die Proben vom Autor gesammelt und auch selbst bestimmt. Deshalb wird nur in bestimmten Fällen, z.B. bei wichtigen Neu- und Wiederfinden, aber auch, wenn der Finder eine andere Person ist, eine Angabe zur Person gemacht. Wurde die Bestimmung durch eine weitere Person überprüft und bestätigt, dann steht diese unter „conf.“; das Kürzel „vid.“ wurde benutzt, wenn das Moos am Standort „gesehen“ wurde, aber keine Probe entnommen wurde. Das genannte Datum ist stets das Sammeldatum. Nachfolgend sind 10 Laubmoosarten und 6 Lebermoosarten dokumentiert. Bei vielen Arten wurden die Fundortangaben aus zurückliegenden Jahren stark reduziert. Dafür werden neue Fundorte aus dem Jahre 2009 genannt.

### 1. *Uloa coarctata* (P. BEAUV.) HAMMAR (D: 2 – 0; SN: 1)

5344/13 Oberes Heidelbachtal, linkes Bachufer, auf *Salix*, 29.10.2002; leg. et det. E. Seifert; conf. Dr. Meinunger. Diese Pflanzen auf einer umgebrochenen Weide sind der erste Wiederfund nach über 100 Jahren im Erzgebirge und in Sachsen. (E. SEIFERT, Limprichtia No. 22, 2003).

*Uloa coarctata* war in Sachsen letztmals 1889 gefunden worden. Über die Verbreitung im Gebiet gehen die historischen Angaben ziemlich auseinander: RABENHORST beschrieb das Vorkommen der damals als *Uloa Ludwigi* Brid. bezeichneten Art 1863 noch als ungefährdet: „An Waldbäumen (Fichten, Buchen, Birken) durchs Gebiet verbreitet.“ (RABENHORST 1863: 457). Dagegen hatte K. MÜLLER bereits 1853 für diese Art, hier unter den Namen *Orthotrichum Ludwigi* Schw. bzw. *Uloa Ludwigi* Brid., angegeben: „Nicht allzu häufig, nur hier und da in einzelnen Räschen an Waldbäumen, besonders an Buchen, von der Ebene bis zur montanen Region durch ganz Europa.“

Ein zweiter Fund der allgemein recht seltenen *Uloa coarctata* ergab sich beim mühsamen Durchsuchen des durch einen Orkan verursachten Windbruchs im weiträumigen Gebiet um Johanngeorgenstadt im Sommer 2005:

5542/14 Steinbachtal zwischen Erlabrunn und Steinbach, bei Brücke an Abzweigung Graupnerweg; auf *Alnus incana* zusammen mit *Sanionia uncinata*, *Orthotrichum diaphanum*, *Orthotrichum affine* und *Uloa crisp* agg. 18.08.2005.

### 2. *Leucodon sciuroides* (HEDW.) SCHWÄGR. (D: von ungefährdet bis 2; SN: 2)

5441/43 Tal der Zwickauer Mulde zwischen Blauenthal und Wolfsgrün, auf *Salix*, 09.06.2005

5441/41 Tal der Zwickauer Mulde bei Neidhardtshal (nahe einem kleinen Wehr), auf *Salix*, 09.06.2005; leg. et det. E. Seifert. Wiederfund als Epiphyt im Erzgebirge und in Sachsen nach längerer Zeit. Früher wurde diese Art verbreitet epiphytisch gefunden: „Eine für unsere Waldbäume charakteristische Art, besonders für alte Eichenstämme und überhaupt Bäume mit rissiger Borke.“ (K. MÜLLER, Halle, 1853)

Das wird von RABENHORST weiterhin bestätigt: „An alten Stämmen, besonders an Weiden, Buchen, Obstbäumen, auch an Felsen, durch das Gebiet verbreitet und in jeder Localflora häufig.“ (L. RABENHORST, Leipzig, 1863)

Bereits E. RIEHMER stellt die Verbreitung in Sachsen anders dar: „D. g. G., aber stets sp. u. s.“; das heißt: „durchs ganze Gebiet, aber stets spärlich und selten“ (E. RIEHMER, Dresden, 1927). Er bezeichnet das Vorkommen von *Leucodon sciuroides* im Erzgebirge als „sehr zerstreut“ und gibt zwei genaue Fundorte dafür an: „Preßnitzer Spitzberg 920 m“ und „Gr. Mittweidatal bei Crottendorf, große Buche am Kruppen Weg 1921“; als Finder nennt er Dr. SCHORLER und sich selbst.



Abb. 7



Abb. 8



Abb. 9

**Abb. 7 *Orthotrichum obtusifolium* – Stumpfbliättriger Steifschopf**

Die leicht kenntliche Art wächst in hellgrünen niedrigen Räschen entlang von Rissen in der Borke verschiedener Laubbäume und Sträucher. Wie *O. lyellii* ist *O. obtusifolium* zweihäusig und bildet nur selten Sporophyten aus. Dafür tragen die stumpfen Blätter reichlich dunkle rundliche Brutkörper, die gelegentlich kristallartig schimmern. Bei Trockenheit schließen sich die Blätter dicht zusammen und erinnern in ihrer Form an winzige Artischocken.

**Abb. 8 *Orthotrichum stramineum* – Strohfarbiger Steifschopf**

Die niedrigen Räschen dieser schönen Art erscheinen mit ihren reichlich ausgebildeten Sporophyten recht bunt. Aus den grünen Pflanzen ragen die braunen, trocken zylindrisch-ampelförmigen Sporenkapseln hervor. Die strohgelben Hauben haben eine charakteristische dunkelbraune Spitze. Von nahe verwandten Arten, besonders *O. patens*, ist diese Art durch mikroskopisch feine Merkmale sicher unterscheidbar. Dazu muss z.B. der Sporendurchmesser bestimmt werden; bei *O. stramineum* ist er relativ klein (10-14  $\mu\text{m}$ ).

**Abb. 9 *Orthotrichum lyellii* – Lyells Steifschopf**

Auch *O. lyellii* galt als ausgestorben und wurde erst 2000 wieder gefunden. Inzwischen wurden viele Fundorte in Sachsen bekannt, wenn auch meist nur einzelne Polster. Als diözische (zweihäusige) Art bildet *O. lyellii* nur selten Sporophyten aus. Es entwickelt aber regelmäßig dunkelbraune, keulenförmige Brutkörper auf den Blättern, aus denen vegetativ neue Moospflanzen heranwachsen. Die Blätter sehen dann aus, als wären sie struppig behaart. An diesem Merkmal kann man die Art von anderen Orthotrichen gut unterscheiden. Früher hielt man die als „*Conversa Orthotrichi*“ bezeichneten Bildungen für unregelmäßig auftretende Blattpilze.



Abb. 10



Abb. 11



Abb. 12

**Abb. 10 *Ulota bruchii* – Bruchs Krausblattmoos**

Das in rundlichen Polstern wachsende Moos bevorzugt luftfeuchte Standorte auf Rinde von Laubbäumen, zunehmend auch auf Lärche. In feuchter Umgebung stehen die schmal lanzettlichen Blätter gerade vom Moosstämmchen ab, bei Trockenheit sind sie stark gekräuselt (Name!). Die oft zahlreichen Sporenkapseln ragen an langen Seten aus den Polstern heraus und tragen zunächst dicht behaarte Kalyptren. Die reifen braunen Kapseln haben deutliche Längsstreifen und verjüngen sich allmählich zur Mündung hin. Dadurch unterscheidet sich Bruchs Krausblattmoos von ähnlichen *Ulota*-Arten. *Ulota bruchii* war in Sachsen verschollen, hat sich aber im letzten Jahrzehnt wieder beträchtlich ausgebreitet und gilt gegenwärtig als häufige Epiphytenart.

**Abb. 11 *Orthotrichum speciosum* – Prachtvoller Steifschopf**

Diese Art gehört zu den auffallend großen *Orthotrichum*-Arten und kann am ehesten mit dem weit verbreiteten *O. affine* verwechselt werden. Die verschollene Art konnte erst 1999 in Sachsen wieder gefunden werden; seitdem hat sie sich stark ausgebreitet und ist gegenwärtig ungefährdet. Aus den großen Polstern ragen die regelmäßig ausgebildeten Sporenkapseln hervor. Diese sind im jungen Zustand von dicht und lang behaarten Hauben (Kalyptren) bedeckt. Die genannten Sporophytenmerkmale können zu Verwechslungen mit *O. anomalum* führen. Die *Orthotrichum*-Arten sind gegenwärtig in Sachsen mit 18 Arten vertreten. Viele davon waren noch vor wenigen Jahrzehnten sehr selten, verschollen oder ausgestorben. Als Hauptursache wurden die „sauren Immissionen“ angesehen. Mindestens drei Arten wurden im letzten Jahrzehnt zum ersten Mal in Sachsen gefunden. Neben dem deutschen Namen „Steifschopf“ (K. Müller 1853) werden auch Namen wie „Steifblattmoos“ (Aichele & Schwegler 1993) und „Goldhaarmoos“ (Kremer & Muhle 1991) verwendet. Die alte Bezeichnung „Steifschopf“ kommt der Wortbedeutung von „*Orthotrichum*“ (von „orthos“ = gerade und „thrix“ = Haar) am nächsten. „Steifschopf“ bezieht sich auf die oft vorhandenen, aufrecht stehenden Haare auf den Hauben der Mooskapseln.

**Abb. 12 *Orthotrichum rogeri* – Rogers Steifschopf**

Dieses erst seit 2005 in Sachsen bekannte Moos gehört zu den so genannten „FFH-Arten“ und steht unter besonderem europäischen Schutz. Durch intensive Kartierungsarbeit konnte besonders im Erzgebirge eine größere Anzahl Standorte ermittelt werden. Das führte auch zu einer neuen Bewertung der Art in der Roten Liste der Moose Sachsens (2007), in der die aktuelle Bestandssituation von *O. rogeri* als selten bezeichnet und eine hohe Verantwortlichkeit Sachsens für diese Art postuliert wird; gleichwohl gilt die Art hier als ungefährdet. Aufgrund der niedrigen Verdichtungsstärke in den Fundorten, der geringen Größe der Polster und der unsicheren Bestimmungssituation vor Ort wird wohl kaum ein aktueller Standort zielgerichtet vorzeigbar sein. Die zungenförmigen, etwas verbogenen Blätter weisen zusammen mit dem meist braunrot gefärbten Peristom der Sporenkapseln und den gelegentlich daraus hervorquellenden sehr großen Sporen (Durchmesser 24-28, teilweise bis  $>30 \mu\text{m}$ !) auf diese Art hin. Die Abbildung zeigt *O. rogeri* zusammen mit der größeren und verbreiteteren Art *O. affine*.



Abb. 13



Abb. 14



Abb. 15

**Abb. 13 und 14 *Orthotrichum pulchellum* – Lieblicher Steifschopf**

Als atlantische Art fehlte *O. pulchellum* in weiten Teilen Deutschlands. 2002 konnte sie erstmals in Sachsen nachgewiesen werden. Auf einer Weide am Ufer der Zschopau zwischen Hennersdorf und Kunnersdorf konnte der Autor viele kleine Polster dieser Art beobachten. Im Unterschied zu fast allen anderen *Orthotrichum*-Arten sind die Blätter dieses Moores trocken sichelartig gebogen. Aus den kleinen Polstern ragen oft Sporenkapseln hervor, die anfangs von einer gefalteten Haube, (Kalyptra) bedeckt sind. Später öffnet sich die Sporenkapsel, wobei sich die 16 orangefarbenen Peristomzähne weit abspreizen. Inzwischen hat sich diese Art in Sachsen weit verbreitet; sie ist aber an den Fundorten meist nur in einzelnen kleinen Polstern zu finden.

**Abb. 15 *Cryphaea heteromalla* – Einseitwendiges Versteckfruchtmoos**

Der Name *Cryphaea* (von *cryphaeos* = verborgen) bezieht sich auf die in die Blätter eingesenkten Sporenkapseln. Das Moos galt schon früher als Seltenheit in der deutschen Flora; für Sachsen existierten bisher keine Nachweise. MÜLLER (1853) gibt als „Heimat“ des Moores England, Irland, die holländische Küste und Nordseeküste sowie Westeuropa von Frankreich bis Portugal an. MÖNKEMEYER (1927) nennt Südeuropa und das übrige Mittelmeergebiet, die Nordseeküste und Großbritannien, aber auch die Azoren und Kanaren als Verbreitungsgebiete. Die aktuellen Vorkommen in Deutschland bezogen sich bisher auf westliche Gebiete Deutschlands (besonders Saarland, Rheinland-Pfalz und Baden-Württemberg). MEINUNGER & SCHRÖDER (2007) stellen aber „leichte Ausbreitungstendenzen in Richtung Osten“ fest. Mit *C. heteromalla* ist eine bisher hauptsächlich „submediterranean-subatlantisch verbreitete Moosart“ (MEINUNGER & SCHRÖDER 2007) in Sachsen angekommen. Die Moossporen könnten mit starken westlichen Luftströmungen unbeschadet bis nach Sachsen transportiert worden sein. Ob das Auftauchen ein Zufallsereignis war oder als Zeichen des Klimawandels zu werten ist, bleibt abzuwarten. Mit der Ausbreitung von *Orthotrichum pulchellum* (seit 2002) und dem Auftauchen von *Zygodon conoideus* (2008) in Sachsen sind immerhin zwei weitere Arten mit ähnlicher „Heimat“ betroffen.



Abb. 16



Abb. 17



Abb. 18

**Abb. 16, 17, 18** *Metzgeria furcata* – Gegabeltes Igelhaubenmoos

Dieses zierliche Lebermoos wächst an Stämmen glattrindiger Laubbäume, gelegentlich auch auf Gestein. Die bandförmigen, regelmäßig dichotom gegabelten Thalli sind nur einen knappen Millimeter breit und erreichen eine Länge von etwa 2 cm. Der lichtgrüne Thallus besteht aus einer einzigen Zellschicht; das Zellnetz ist im durchscheinenden Licht erkennbar. Der Gattungsname *Metzgeria* wurde von GIUSEPPE RADDI 1818 zu Ehren seines Freundes JOH. METZGER, einem Kupferstecher in Staufeu/Baden festgelegt. Der deutsche Name Igelhaubenmoos rührt von den winzigen, dicht absteheud behaarten und igelartig aussehenden Hauben her, die sich auf den Archegonien nach der Befruchtung entwickeln.



Abb. 19



Abb. 20



Abb. 21

**Abb. 19 und 20 *Metzgeria fruticulosa* – Blaues Igelhaubenmoos**

Dieses Lebermoos konnte bisher in Sachsen nicht sicher nachgewiesen werden. Vom verbreiteten Gegabelten Igelhaubenmoos unterscheidet es sich durch die wirt abstehenden gelbgrünen Thallusäste, die sich an der Spitze deutlich verschmälern. An der Ober- und Unterseite der Rippe und auf der Thallusfläche bilden sich eiförmige Brutkörper. Der deutsche Name bezieht sich auf die Erscheinung, dass sich die Pflanzen beim längeren Trocknen blaugrün bis blau färben. Sehr ähnlich sieht eine weitere *Metzgeria*-Art aus, das Brutkörperbildende Igelhaubenmoos (*M. temperata*), das sich beim Trocknen nicht blau verfärbt. Der deutsche Name bezieht sich auf die charakteristischen Brutkörper, die sich hier aber nur an den Thallusrändern bilden.

**Abb. 21 *Radula complanata* – Flachblättriges Kratzmoos**

Diese im Erzgebirge wieder in Ausbreitung begriffene Art fällt durch den oft runden Wuchs der gelb- bis braungrünen Thalli auf. Bevorzugt wachsen die Pflanzen an Stämmen von Laubholzarten, hier vorwiegend an Berg-Ahorn und Rotbuche. Die sich dachziegelartig überlappenden, nahezu kreisrunden Oberlappen der Moosblättchen bedecken die viel kleineren rechteckigen Unterlappen völlig. Der Name „Kratzmoos“ hängt mit der Form des Perianths zusammen, das einem „Kratzseisen“ ähnelt. Die Perianthien entwickeln sich an den Spitzen der Thallusäste und umhüllen die eigentlichen Fortpflanzungsorgane, die als Archegonien und Antheridien bezeichnet werden. Solche Perianthien sind in der Bildmitte am oberen Rand an ihrer länglichen, flachgedrückten Form und einer vorn gestutzten und umgebogenen Mündung gut zu erkennen.



Abb. 22

**Abb. 22 Vermehrungsmöglichkeiten bei *Radula complanata***

Das Kratzmoos (*R. complanata*) hat unterschiedliche Möglichkeiten, sich zu vermehren. An den Blatträndern entstehen oft winzige hellgrüne, linsenförmige Brutkörper, wodurch die Blätter wie „ausgefressen“ erscheinen. Die sich ablösenden vielzelligen Brutkörper wachsen zu neuen Moospflanzen heran. Neben dieser vegetativen Reproduktion pflanzen sich Moose auch geschlechtlich fort. Die eigentlichen Geschlechtsorgane bilden sich hier an den Triebspitzen des Moooses. Es sind die von einem kratzeisenförmigen Perianth umhüllten Archegonien und Antheridien, in denen Eizellen bzw. Spermatozoiden reifen. Bei einhäusigen (monözischen) Arten wie *R. complanata* bilden sich diese gemeinsam an einer Pflanze aus. Nach der Befruchtung (geschlechtliche Fortpflanzung) wachsen aus der Mündung dieser Perianthien als Folgegeneration Sporogone hervor, in denen sich im Frühjahr reife Sporen bilden (ungeschlechtliche Fortpflanzung). Aus diesen Sporen entstehen wieder neue grüne Moospflanzen. Der Generationswechsel vollzieht sich bei allen Moosen regelmäßig und unabhängig von der vegetativen Vermehrung durch Brutkörper.

Fortsetzung von Seite 61:

Lediglich im Elsterland („Um Gera weit verbreitet“) und im Vogtland („an Felsen häufig, hier und da auch an Bäumen“) sind RIEHMER reichere Vorkommen bekannt. Auch gegenwärtig liegen die meisten Fundorte im Vogtland; dort „selten und ausschließlich an Gestein“. Wie F. MÜLLER noch ergänzt, „zeigt *L. sciuroides* trotz Verbesserung der Luftgüte keine Wiederausbreitungstendenz.“ (F. MÜLLER, Dresden, 2004). Dieser erste Wiederfund von *Leucodon sciuroides* im Erzgebirge liegt im Westerzgebirge in Nachbarschaft zum Vogtland; damit ist ein erster Hinweis auf eine mögliche Ausbreitung gegeben.

**3. *Orthotrichum scanicum* GRÖNVALL (D: R; SN: 3)**

5344/12 Scharfenstein, rechtes Zschopau-Ufer an den Hopfgartener Fischteichen, an der Borke einer frisch gefällten Pappel (*Populus*), 26.05.2000. leg et det. E. Seifert, conf. Dr. Meinunger. Erstnachweis für das Erzgebirge und für Sachsen (E. SEIFERT, Limprichtia No. 22, 2003).

2003 konnten im Erzgebirgsvorland 3 und im Erzgebirge 3 weitere Fundorte festgestellt werden (E. SEIFERT, Limprichtia No. 26, 2005: 125).

Funde im Jahre 2006: insgesamt 4, darunter der folgende:

5445/31 Steinbach, Horizontalweg, auf *Salix*, 13.06.2006.

Funde im Jahre 2007: insgesamt 6, darunter der folgende:

5345/21 Rübenua, Kühnhaidler Flügel, auf *Sorbus aucuparia*, 05.06.2007.

Funde im Jahre 2008: insgesamt 10, darunter der folgende:

5443/12 Elterlein: Alte Baumschule am Filzweg, auf *Populus*, 21.07. 2008; erneut am 18.08.2008. (Beleg an Dr. M. SIEGEL, Dresden).

Ausgewählte Funde im Jahre 2009:

5344/13 Warmbad: Mischwaldbezirke am Königsbach, auf *Fagus sylvatica*, 12.05.2009.

5543/21+22 Neudorf, Waldgebiet am Firstenweg, auf *Populus*, 25.05.2009.

5346/44+43 Waldgebiet nördl. von Deutscheinsiedel, auf *Salix*, 29.07.2009.

5345/43 Ansprung, Waldgebiet am C-Flügel, auf *Acer pseudoplatanus*, 28.08.2009.

Die relative Häufigkeit der Vorkommen in Sachsen täuscht über die geringe Menge von Pflanzen hinweg, die tatsächlich gefunden wurden. Die Art wächst meist in kleinen Räschen zwischen anderen Epiphyten. *Orthotrichum scanicum* galt in Deutschland lange Zeit als verschollen und wurde erst in den letzten Jahren wieder verstärkt gefunden. Ob der erfreuliche Befund durch die intensivere Beobachtung der auch ökologisch interessant gewordenen Epiphyten (Bioindikation und Biomonitoring) zustande gekommen ist oder durch die Verbesserung ihrer Lebensbedingungen, ist schwer zu sagen; denn die Art war schon immer selten oder fehlte vollkommen in manchen Gebieten (RABENHORST 1863, MÖNKEMEYER 1927). Zur sicheren Bestimmung von *Orthotrichum scanicum* muss auf wichtige Kapselmerkmale (16 Peristomzähne, 16 Segmente von etwa gleicher Länge wie die der Zähne; die Segmente tragen oft querstehende Anhängsel, Kalyptra lang und schmal, oft bleich) geachtet werden; zusätzlich können auch mehrere Blattmerkmale herangezogen werden: Die Blattspitzen sind teilweise deutlich von der Lamina abgesetzt und im vorderen Randbereich gezähnt (wenigstens an einigen Blättern einer Pflanze), im trockenen Zustand sind die Blätter oft leicht verbogen; die Blattränder sind meist nur im mittleren Bereich der Lamina umgerollt.

#### 4. *Orthotrichum pulchellum* BRUNT. (D: gegenwärtig nicht mehr gefährdet; SN: ungefährdet)

5144/34 Zschopau-Ufer zw. Hennersdorf und Kunnersdorf, auf *Salix*, 05.03.2002, leg. E. Seifert, det. Dr. F. Müller. Erstnachweis für das Erzgebirge und für Sachsen (E. SEIFERT & J. NIXDORF, Limprichtia No. 20, 2002). Im gleichen Jahr folgten weitere Funde durch BIEDERMANN, NIXDORF und SEIFERT im Erzgebirge und im Erzgebirgsvorland (E. SEIFERT, Limprichtia No. 22, 2003).

2003 und 2004 konnte ich *Orthotrichum pulchellum* an 15 neuen Fundorten im unteren Erzgebirge bzw. im Erzgebirgsvorland feststellen. Es überwogen eindeutig die Fundorte in niedriger Höhenlage, bis in das Gebiet der Mulde bei Colditz und Leisnig reichend. (E. SEIFERT, Limprichtia No. 26, 2005).

Die weitere Ausbreitung der Art bis in die oberen Lagen des Erzgebirges (z.B. an der Eisenstraße von Steinbach nach Henneberg in etwa 800 m Höhe, im Höllengrund bei Tellerhäuser/Zweibach bei über 700 m Höhe) konnte in den folgenden drei Jahren belegt werden.

Von 2005 bis 2008 konnte ich *Orthotrichum pulchellum* an insgesamt 110 Fundorten im Erzgebirge feststellen; dabei handelte es sich meist um kleine Räschen in geringer Anzahl auf wenigen Bäumen. Es besteht die Gefahr, dass in den kommenden Jahren bei zunehmender Eutrophierung die Räschen von *Orthotrichum pulchellum* durch andere wuchskräftige Arten überwuchert werden. Auch die mehrfach beobachtete Ausbreitung entlang eines Stammes durch abfließendes, Sporen tragendes Wasser wird dann kaum mehr möglich sein.

Funde im Jahre 2005: insgesamt 22, darunter der folgende:

5543/32 Höllbachtal bei Tellerhäuser/Zweibach, auf *Sambucus nigra*, 26.08.2005.

Funde im Jahre 2006: insgesamt 30, darunter der folgende:

5345/22 Tal der Biela bei Olbernhau/ Kleinneuschönberg, auf *Salix*, 19.04.2006.

Funde im Jahre 2007: insgesamt 26, darunter der folgende:

5344/12 Scharfenstein, Fluren südwestl. des Ortes auf *Acer pseudoplatanus*, 19.02.2007.

Funde im Jahre 2008: insgesamt 32, darunter der folgende:

5442/12 Grünhain: Moosheide, auf *Acer pseudoplatanus*, 18.08.2008.

Ausgewählte Funde im Jahre 2009:

5245/31 Lengefeld, Umgebung v. Burg Rauenstein, auf *Acer pseudoplatanus*, 21.04.2009.

5443/22 Frohnau, Fluren an Bergbauhalden v. Neuheiligenkreuz, auf *Salix*, 25.04.2009.

5344/44 Großolbersdorf, Bornwald „Kalte Küche“, auf *Acer pseudoplatanus*, 18.09.2009.

5346/24 Neuhausen, Tal des Frauenbaches, auf *Acer pseudoplatanus*, 28.09.2009.

Die Erkennung der Art im gerade reifen Zustand ist schon am Standort leicht möglich:

Blätter trocken deutlich verbogen bis leicht gekräuselt, Kapsel emporgehoben, orange-rotes Peristom, 16 lange Segmente (Fortsätze des Endostoms) und eine spitz-glockenförmige Kalyptra. An alten Pflanzen sind diese Merkmale nur noch teilweise festzustellen; dann weisen die typischen Blattmerkmale, die kryptoporen, etwa in der Kapselmitte liegenden Spaltöffnungen und die emporgehobenen Kapseln auf diese Art hin.

Außer dem Grad der Blattkräuselung sind auch die Setallänge und die Farbe der Peristomzähne ziemlich variabel. So fand S. BIEDERMANN (Lauterbach) Pflanzen, deren Peristomzähne durchgehend hellbräunlich gefärbt waren, auch an gerade erst entdeckelten Kapseln (5344/22 Heinzebank, Teich am Sorgenweg, nahe Baumschule, auf *Sambucus*, 08.02.2008).

*Orthotrichum pulchellum* hatte früher seinen Verbreitungsschwerpunkt in Deutschland „im Küstengebiet der Nordsee“. (FRAHM, FREY 2004: 400). Die Art hat sich erst im letzten Jahrzehnt aus den atlantisch beeinflussten Gebieten gelöst und „ist jetzt in allen Bundesländern nachgewiesen.“ (MEINUNGER & SCHRÖDER 2007, Bd. 3: 117/118/455).

„Die Art ist eines der ganz wenigen Beispiele eines ehemals seltenen Moooses, das in jüngster Zeit sein Areal erweitert hat und in seinen Beständen zugenommen hat.“ stellen MEINUNGER & SCHRÖDER an dieser Stelle noch fest.

Die Arealveränderung kann nicht vordergründig auf die Verbesserung der Luftqualität in weiten Teilen Deutschlands zurückgeführt werden. Liegt es vielleicht an der zunehmenden Eutrophierung durch die erhöhten Konzentrationen an stickstoffhaltigen Salzen? Ein Zusammenhang mit der zunehmenden Klimaveränderung ist eher denkbar. Zusätzlich müsste auch an evolutive Prozesse in den ursprünglichen atlantischen Populationen gedacht werden, die eine weitere Ausbreitung begünstigten. Wie sich die Verbreitung von *Orthotrichum pulchellum* weiter entwickeln wird, bleibt offen. Die Zeitspanne von einem reichlichen Jahrzehnt ist viel zu kurz, um zuverlässige Prognosen zu stellen. Über den künftigen Schutzstatus der Art im Rahmen der Roten Listen sollte man deshalb sehr verantwortungsvoll entscheiden.

Zur Verbreitung von *Orthotrichum pulchellum* im böhmischen Teil des Erzgebirges (Tschechien) sind mir keine Kartierungsergebnisse bekannt. Bei Exkursionen im Gebiet von Bozi Dar (Gottesgab, ca. 1000 m) und Potucky (Breitenbach, ca. 700 m) im Jahre 2009 konnte ich diese Art erwartungsgemäß finden.

##### 5. *Orthotrichum consimile* MITT. (D: R; SN: 1)

5246/22 Flussaue der Freiburger Mulde zwischen Mulda und Rechenberg-Bienenmühle am Ast einer liegenden Weide (*Salix*), 25.09.2002, leg et det. E. SEIFERT, conf: Dr. MEINUNGER (zusätzlich wurde durch Herrn MEINUNGER noch Herr SCHÄFER-VERWIMP konsultiert, der ihm die Bestimmung bestätigte.) Erstnachweis für das Erzgebirge und für Sachsen (E. SEIFERT, Limprichtia No. 22, 2003).

MÖNKEMEYER (1927) hatte diese Sippe als Variation innerhalb der Art *Orthotrichum pulchellum* aufgefasst und gebrauchte dafür den Namen *Orthotrichum Winteri*. Im Bestimmungsschlüssel der *Orthotricha* muss zur Abtrennung von *Orthotrichum consimile*, neben *Orthotrichum pulchellum*, immer auch *Orthotrichum scanicum* beachtet werden. Diese drei bilden innerhalb der *Orthotricha* die Section *Pulchella*.

Nach LEWINSKY (1993) kommt es beim Differenzieren zwischen *Orthotrichum pulchellum* und *Orthotrichum consimile* letztlich auf mehrere Kapselmerkmale an: *Orthotrichum consimile* hat 8 hellbraune Peristomzähne, deren Außenseiten fein papillös sind; die Spaltöffnungen liegen im zentralen und unteren Bereich der Kapseln. An meiner Probe waren die Spaltöffnungen deutlich, aber nicht stark bedeckt. *Orthotrichum pulchellum* dagegen hat 16 rote Peristomzähne, die unregelmäßig papillös-genetzt sind; die Spaltöffnungen liegen nur im zentralen Bereich der Kapseln. Die Bedeckung der Spaltöffnungen ist variabel (bis stark kryptopor). Der bisher einzige Fundort liegt im Osterzgebirge und existiert wahrscheinlich nicht mehr. Die in großen Mengen entwurzelten und umgebrochenen Bäume entlang der Erzgebirgsgewässer infolge der Flutkatastrophe im August 2002 ermöglichten zwar den direkten Zugang zu vollständigen Baumkronen, stellten aber auch eine totale Vernichtung eines umfangreichen Lebensraumes dar. Den unmittelbaren Flutschäden folgten die rigorose, rasche und oft rückstandslose Beseitigung aller umgestürzten Bäume und abgebrochenen Äste und nachfolgend eine weitere „vorbeugende“ Entfernung noch vorhandener Gehölze. Bei dem bemerkenswerten Fund an der Freiburger Mulde handelt es sich nun möglicherweise nur noch um eine „Herbar-Leiche“. Die extrem seltene Art wird wohl auch künftig nur durch einen Zufallsfund bekannt werden.

##### 6. *Orthotrichum rogeri* BRID. (D: R; FFH-Art; SN: ungefährdet)

Nach dem Erstnachweis für Sachsen 2004 in einem Seitental der Triebisch bei Heynitz, MTB 4946/12 (SEIFERT 2005; Limprichtia Nr. 26) konnte diese Art in den folgenden Jahren an vielen Orten des Erzgebirges nachgewiesen werden.

*Orthotrichum rogeri* BRID. wird allgemein als eine seltene Art betrachtet und gehört zu den besonders geschützten FFH-Arten. In den meisten aktuellen Bestimmungsbüchern und Floren sind nur spärlich Angaben zu finden. Belege zu den wenigen historischen Funden in Deutschland konnten bisher nicht ausfindig gemacht werden (SCHÄFER-VERWIMP 1995).

Dagegen enthalten einige alte deutschsprachige Moosfloren ausführliche Artbeschreibungen und Angaben zum Vor-

kommen. Einige Autoren, z.B. W. MIGULA, W. MÖNKEMEYER und K. MÜLLER bemühten sich schon damals darum, mit Hilfe eines brauchbaren Schlüssels vier besonders ähnliche Arten sicher von einander zu unterscheiden: *Orthotrichum pallens*, *Orthotrichum tenellum*, *Orthotrichum pumilum* und *Orthotrichum rogeri*: MIGULA verwendet im Schlüssel besonders die Merkmale *Haube nackt, Blätter breit zugespitzt oder stumpf, Hals lang, allmählich in die Seta übergehend, Sporen groß (0,018 bis 0,026 mm), großwarzig* und ergänzt in der Artbeschreibung noch die trocken etwas gekräuselten Blätter und die rot-gelbe Farbe des Peristoms (MIGULA, Gera 1904: 159 u. 168).

MÖNKEMEYER trennt *Orthotrichum rogeri* durch folgende Merkmale ab: „*Haube glockenförmig, nackt. Peristomzähne rötlichgelb, an der Spitze mit Lamellen. Sporen großwarzig.*“ (MÖNKEMEYER, Leipzig 1927: 607 u. 621/622).

Da beide Autoren bei *Orthotrichum pallens* nur von Pflanzen mit 16 Segmenten (=Zilien) des Endostoms ausgehen, erhalten sie einen vereinfachten Bestimmungsweg, aber gleichzeitig auch eine Fehlerquelle. Bei der Artbeschreibung von *O. pallens* verweist MIGULA zwar auf eine in Norwegen und Sibirien gefundene Varietät mit nur 8 Zilien und gelbgrünen Sporen (!), die *Var. pallidum*. Dagegen hat K. MÜLLER („MÜLLER HALENSIS“) schon weit vor den beiden Autoren *Orthotrichum pallens* stärker und exakter in den Unterscheidungsgang einbezogen; denn er geht bereits davon aus, dass Pflanzen dieser Art ein Endostom mit 16 oder mit 8 Segmenten haben können. K. MÜLLER bezieht in die Unterscheidung von *Orthotrichum rogeri* auch verstärkt Blattmerkmale ein. Das ist immerhin für die damalige Zeit etwas ungewöhnlich, verweist andererseits auf seine feine vergleichende Beobachtungsgabe. Mit den Merkmalen „*Blätter [...] am Grunde mit ausserordentlich deutlicher bauchförmiger Höhlung und zartem Zellnetze, schmal zungenförmig*“ und „*Zellen weit, wie bei den Pottien, rundlich durchscheinend, dickwandig, aber weich, glatt;*“ unterscheidet er „*Orthotrichum rogeri*“ vom ähnlichen *Orthotrichum pallens* und allen anderen *Orthotrichum*-Arten. Die damalige Seltenheit von *Orthotrichum rogeri* wird durch einen Hinweis auf die „Heimat“ der Art unterstrichen: „*Auf Buche im Schweizer Jura von Roger entdeckt, seit jener Zeit aber, wie es scheint, nicht wieder gefunden.*“ (MÜLLER, Halle, 1853: 330/331).

Die *Orthotrichum*-Spezialistin JETTE LEWINSKY-HAAPASAARI trennt innerhalb der „Fenno-scandian flora“ die Art *Orthotrichum rogeri* ebenfalls nach diesen Kriterien von den ähnlichen Arten *Orthotrichum pallens*, *O. tenellum*, *O. philibertii* und *O. pumilum* ab. Als entscheidende abgrenzende Merkmale führt sie auf:

- a) „*Stomata half to completely covered by the well developed subsidiary cells. Calyptra and/or vaginula at least with a few hairs*“, um die Unterscheidung von *Orthotrichum pallens* bzw. *O. pumilum* vornehmen zu können.
- b) „*Capsules ovoid to ovoid-cylindric. Stomata in 1-2 rows in lower part of capsule or upper part of neck. Leaf apices not incurved when dry*“ zur Trennung von *Orthotrichum tenellum*.
- c) „*Leaves obtuse, rounded acute or acute, not apiculate or mucronate. Gemmae not known. Spores 17-25 µm*“ zur endgültigen Abtrennung von *Orthotrichum philibertii* und *O. pumilum*. (LEWINSKY-HAAPASAARI 1998: Illustrated Flora of Nordic Mosses, Fasc. 4: 379).

Die „ersten rezenten Nachweise für ganz Deutschland seit über 100 Jahren“ stammen aus Südwestdeutschland. SCHÄFER-VERWIMP teilte zwei neue Funde von *Orthotrichum rogeri* aus dem Jahre 1993 mit. Gleichzeitig hat er auch eine ausführliche Artbeschreibung und einige gut handhabbare Differenzierungskriterien gegenüber *Orthotrichum pallens*, *Orthotrichum tenellum* und *Orthotrichum pumilum* vorgelegt (SCHÄFER-VERWIMP 1995). Daraus geht hervor, dass es auf die folgende Merkmalskombination ankommt:

- (1) „*Stomata kryptopor und fast vollständig von vorspringenden Mamillen bedeckt.*“
- (2) „*Sehr große Sporen.*“ Im Schlüssel werden (18-) 20-28-(29,5) Mikrometer angegeben.
- (3) Blattform: „*aus ovaler bis verkehrt eilänglicher Basis länglich-lanzettlich-zungenförmig mit abgerundeter stumpflicher (selten mehr zugespitzter) Blattspitze.*“
- (4) „*Die Blätter sind im trockenen Zustand leicht, aber deutlich wahrnehmbar verbogen.*“

Zu beachten ist noch der dort erteilte Hinweis: „*Die leicht gekräuselten, lang zungenförmigen, oben meist stumpf abgerundeten Blätter scheinen die einzige Möglichkeit zu bieten, im Felde unter den kleineren Orthotrichum-Polstern gezielt Ausschau nach Orthotrichum rogeri zu halten.*“ (SCHÄFER-VERWIMP 1995: 84).

Entscheidend ist danach also, zunächst *Orthotrichum pumilum* und *Orthotrichum pallens* durch Blattmerkmale und Bedeckungsgrad der Stomata auszuschließen und danach *Orthotrichum tenellum* durch weitere spezifische Blattmerkmale, die Anzahl und Anordnung der Stomata und die Sporengröße abzutrennen (Bestimmungsschlüssel von SCHÄFER-VERWIMP 1995: 87/88).

Eine wesentliche Bedingung beim Bestimmen ist immer, die innerartliche Variabilität zu kennen; das wird bei seltenen Arten allerdings wegen des geringen Vergleichsmaterials schwierig und erschwert gelegentlich die Bestimmung. Ein Austausch von Fundproben kann dabei die kritische Diskussion zwischen den interessierten Bryologen beleben.

Nach dem Erstrnachweis für Sachsen 2004 in einem Seitental der Triebisch unterhalb von Heynitz (SEIFERT 2005) wurde diese FFH-Art in den nachfolgenden Jahren auch im Erzgebirge mehrfach gefunden: Im Jahre 2005: insgesamt 4 Funde, darunter folgende:

5541/21 Tal der Großen Bockau bei Eibenstock zwischen Wildenthal und Rektorbrücke auf *Salix*, 18.07.2005, conf. Dr. MEINUNGER/SCHRÖDER.

Im Jahre 2006: insgesamt 11 Funde, darunter der folgende:

5445/31 Hirtsteingebiet zwischen Steinbach und Satzung, Flügel TT, auf *Salix*, 18.07.2006, conf. Dr. MEINUNGER/SCHRÖDER.

Im Jahre 2007: insgesamt 10 Funde, darunter der folgende:

5346/12 Wanderweg von Sayda / Ullersdorf zum Mortelgrund, auf *Salix*, 05.06.2007.

Im Jahre 2008: insgesamt 6 Funde, darunter der folgende:

5443/12 Elterlein: Ehemalige Baumschule am Filzweg, auf *Populus*, 21.07.2008; erneut am 18.08.2008; (Belege an M. BAUMANN, Dresden und Dr. M. SIEGEL, Dresden).

Ausgewählte Funde im Jahre 2009:

5444/11+13 Annaberg, O-Hang des Pöhlberges, auf *Acer pseudoplatanus*, 20.04.2009.

5543/43+44 Oberwiesenthal, Alte Poststraße, auf *Sorbus aucuparia*, 04.07.2009.

5346/43 Seiffen, Erdgastrasse südöstl. des Ahornberges, auf *Salix*, 11.08.2009.

5346/21 Heidersdorf, Mortelgrund, auf *Salix*, 26.10.2009.

Im Erzgebirge wurde *Orthotrichum rogeri* bisher auf *Salix*, *Acer pseudoplatanus*, *Sorbus aucuparia*, *Sambucus nigra* und *Populus* gefunden. Die Trägerbäume standen frei oder entlang von Waldwegen und Waldrändern. Es handelte sich meist um sehr luftfeuchte Standorte mit relativ hoher Lichteinstrahlung. Auf den Trägerbäumen kamen gleichzeitig eine größere Anzahl weiterer *Orthotrichum*-Arten, darunter häufig *Orthotrichum affine*, *Orthotrichum pumilum*, *Orthotrichum diaphanum*, *Orthotrichum pallens*, *Orthotrichum patens*, *Orthotrichum stramineum*, *Orthotrichum speciosum* und *Orthotrichum striatum* vor. Hinzu kam noch das regelmäßige Auftreten von *Ulota crispa* agg.

#### 7. *Zygodon dentatus* (LIMPR.) KARTT. (D: 3; SN: R)

5045/43 Am Schirm-Bach zwischen Wegefarth und Kleinschirma, auf *Salix*, 10.07.2003, leg. et det. E. SEIFERT, conf. Dr. MEINUNGER/SCHRÖDER.

Nach dem Erstnachweis in Sachsen 2003 im Osterzgebirge folgten zwei weitere Funde im gleichen Jahr im Erzgebirgsbecken und erneut im Osterzgebirge (Seifert 2005):

5240/14 Im Schellergrund (Königswalder Bach) bei Langenhessen, auf *Salix*, 05.11.2003, leg. et det. E. Seifert, conf. Dr. MEINUNGER/SCHRÖDER.

5046/42 Im Tännichtgrund am Colmnitz-Bach zwischen Colmnitz und Naundorf, auf *Salix*, 04.12.2003, leg et det. J. Nixdorf, conf. E. SEIFERT, conf. Dr. MEINUNGER/SCHRÖDER.

Nach den drei Funden in relativ niedrig gelegenen Bachtälern wurden auch Funde im oberen Erzgebirge erwartet. Dort konnte ich die Art nur an wenigen Fundorten sicher nachweisen:

5441/41 Tal der Zwickauer Mulde bei Neidhardtsthal, auf *Salix*, 09.06.2005.

5341/44 Fluren im Silberbach-Tal bei Oberschlema, auf *Salix*, 03.11.2008.

Hinweis auf einen weiteren, noch unklaren Fund aus dem oberen Erzgebirge:

5445/14 Bei Reitzenhain, am Dreibrunnenweg, auf *Sorbus aucuparia*, 30.08.2007.

*Zygodon dentatus* bleibt also extrem selten und muss in der Roten Liste Sachsens weiterhin der Kategorie R zugeordnet werden.

#### 8. *Zygodon conoideus* (DICKS.) HOOK & TAYLOR (D: 3; SN: konnte als neue Art in Sachsen nicht bewertet werden)

5345/41 Ansprung, Kühnhaiders Flügel (bis Abzweig Torfschuppenweg), auf *Sorbus aucuparia*, 13.05.2008, leg. et det. E. SEIFERT, conf. Dr. FRANK MÜLLER (Dresden) Erstnachweis für das Erzgebirge und für Sachsen.

Das kleine durchnässte Polster wurde zusammen mit *Orthotrichum stramineum* von einer Eberesche abgenommen. Das seitlich mit dem *Orthotrichum* verbundene Pölsterchen war mir durch die sehr dicht stehenden, feucht weit spreizenden Blätter aufgefallen, ohne eine Zuordnung vornehmen zu können.

Im trockenen Zustand liegen die Blätter an; sie sind nicht gedreht und stehen mehr oder weniger einseitwendig. Im Mikroskop erscheinen die Blätter ziemlich breit und plötzlich zugespitzt. Die mittleren Laminazellen sind papillös und etwa 10-12 µm groß. Die Gemmen sind nicht sehr zahlreich, klein und schmal (spindelförmig). Alle Gemmen sind senkrecht zur Längsachse geteilt (in einer einzigen Reihe von (5)- 6-7-(8) Zellen); deren Wände sind meist wasserhell bis silbrig glänzend; auch die älteren, im Wurzelfilz liegenden; daneben allerdings auch einzelne etwas gebräunte!)

Es gab noch die Frage, ob es sich bei den gefundenen Pflanzen auch um *Zygodon viridissimus* var. *vulgaris* = *Zygodon rupestris* handeln könnte, das ebenfalls Gemmen mit einzellreihiger Teilung besitzt. Gegen diese Zuordnung sprachen die schmalen, spindelförmigen Gemmen, deren Wände meist farblos bis silberhell erschienen; auch die wenigen etwas

gebräunten waren nicht ovoid bzw. elliptisch geformt (Merkmalsangaben nach den Bestimmungsschlüsseln von PHILIPPI 2001 bzw. FRAHM 2003). Zusätzlich unterstützte die Beschreibung des Gametophyten, wie sie von LEWINSKY (in NYHOLM 1998) und SMITH (1978) vorgenommen wurde, mein Urteil. Eine anschließend durchgeführte gründliche und räumlich erweiterte Nachsuche blieb erfolglos.

Bei *Zygodon conoideus* handelt es sich nach FRAHM & FREY (2003: 406) um eine „atlantische Art an Baumstämmen vor allem in Küstennähe“. Diese Autoren verweisen auf frühere „vereinzelte Fundorte im Binnenland“ und ergänzen noch: „dort zunehmend“. Auch MEINUNGER & SCHRÖDER (2007, Bd. 3: 104/105) betonen das Vorkommen „in Gegenden mit atlantisch getöntem Klima“ und ergänzen noch: „es gibt Anzeichen, die auf eine Erweiterung ihres Areals hinweisen.“

### 9. *Hypnum heseleri* ANDO & HIGUCHI (D: R; SN: R)

5244/23 Mündung des Krumhermersdorfer Baches in die Zschopau, kleine Bachaue, auf kräftigem, unteren Seitenast einer Weide (*Salix*), 16.04.2002, leg. et det. E. SEIFERT, conf. Dr. F. MÜLLER; Belegproben erhielten Dr. L. MEINUNGER, Dr. F. MÜLLER, S. BIEDERMANN, J. NIXDORF, und B. KAISER (Velden). Erstnachweis für das Erzgebirge und für Sachsen.

Das Moos *Hypnum heseleri* ANDO & HIGUCHI wurde erstmals im Jahre 1989 im Saarland von U. HESELER auf einer Pappel gefunden. Dieses bis dahin unbekanntes „mysteriöse Moos“ mit „fremd anmutender wurmförmiger Beblätterung“ wird von verschiedenen Seiten als somatische Mutante von *Hypnum cupressiforme* HEDW. angesehen (FRAHM 2001: 256/257). Trotzdem wurde dieses Moos als eigene Art unter dem Namen *Hypnum heseleri* sp. nov. (Hypnaceae) beschrieben (ANDO & HIGUCHI 1994). Anschließend sind einige weitere sehr ähnliche Formen in Europa gefunden und der gleichen Sippe zugeordnet worden. Über die taxonomische Bewertung dieser Funde ist sich die Fachwelt nicht einig. Vielfach wird auf den unklaren taxonomischen Status hingewiesen (MÜLLER 2004, MEINUNGER & SCHRÖDER 2007). FRAHM (1999, 2000) hat zeitig auf das „seltsame pleurocarpe Laubmoos“, das „keiner aus Europa beschriebenen Art auch nur annähernd [gleich]“ aufmerksam gemacht und darauf hingewiesen, dass „sich *Hypnum heseleri* mit Hilfe von Isoenzymanalysen als somatische Mutante von *Hypnum cupressiforme* herausgestellt hat.“ Den Artstatus von *Hypnum heseleri* betrachtet er als eine Konsequenz aus dem in der Bryologie allgemein dominierenden Artkonzept: „Auf Grund der starken morphologischen Unterschiede und einem morphologischen, nicht genetischen Artkonzept folgend, wurde die Mutante jedoch als eigene Art (*Hypnum heseleri*, Abb. 7-3) beschrieben (Ando & Higuchi 1994).“ (FRAHM 2001: 256).

Die Bestimmung wurde nach den Beschreibungen und Abbildungen von ANDO & HIGUCHI (1994), also lediglich anhand morphologischer Merkmale, vorgenommen. Folgende Merkmale werden als wesentlich für die Zuordnung zu *Hypnum heseleri* angesehen:

- (1) Konstant kätzchenförmig beblätterte (wurmformige) Stämmchen und Äste mit locker anliegenden oder abstehenden Blättern.
- (2) Breit-eiförmige, konkave, faltige Blätter mit kurzen gedrehten Spitzen.
- (3) Tief faltige Lamina mit lockerer Anordnung der rhomboidalen bis breit-linealen Zellen.
- (4) Ungleichmäßig gebogene, fast glatte Blattränder.
- (5) Verhältnismäßig große Perichätalblätter mit 1-3mal gedrehten Spitzen.

Um diese Form von ähnlich aussehenden Exemplaren von *Hypnum cupressiforme* zu unterscheiden, geben ANDO & HIGUCHI noch folgenden Hinweis: „We rarely encounter specimens of *H. cupressiforme* in which some branches or some parts of stems and branches exhibit an aberrant form that strikingly resembles *H. heseleri*, bearing strongly crisped, broadly ovate leaves with short cells. [...] This abnormal crisped form of *H. cupressiforme* is, however, distinguished from *H. heseleri* by the fact that the leaf acumen is never twisted and the leaves are irregularly or rather transversely wrinkled while those of *H. heseleri* are longitudinally plicate.“ (ANDO & HIGUCHI 1994: 102/103).

Danach ist also besonders auf die gedrehten Blattspitzen und die längsfaltigen Blätter von *Hypnum heseleri* zu achten, um diese Art von den gelegentlich habituell auffallend ähnlichen Exemplaren von *Hypnum cupressiforme* mit „Knitterblättern“ unterscheiden zu können (Textunterstreichungen E.S.).

In Sachsen sind mir bisher nur wenige ähnliche Funde aus dem Erzgebirge bekannt. Davon ist nach meiner Ansicht nur der oben dokumentierte als *Hypnum heseleri* anzusehen. Die übrigen gehören, wenn man den Angaben der Spezialisten folgt, aufgrund einiger abweichender Merkmale eher zu den so genannten „Knitterformen“ der verbreiteten und sehr variablen Art *Hypnum cupressiforme*. Über „Knitterblätter“ bei Moosen ist in der bryologischen Literatur schon zeitig berichtet worden: So schrieb zum Beispiel MÖNKEMEYER (1927): „Nicht selten findet man bei den Laubmoosen Knitterblätter, deren Lamina stark knitterig und unregelmäßig verbogen ist, z.B. bei *Dicranum undulatum*, *Brachythecium albicans*, *Brachythecium glareosum*. Diese Formen sind als rugulosa-Varietäten unterschieden. Meist sind nur einzelne Triebe in den Moosrasen stark knitterfältig, zuweilen sind die Knitterblätter von normalen wieder unterbrochen. Über die Entstehung ist nichts Genaues bekannt. Möglicherweise handelt es sich um Deformationen durch Kleinpilze. Jedenfalls sind es pathologi-

sche Erscheinungen, auf welche Varietäten ebenso wenig zu gründen sind wie auf Gallenbildungen.“ (MÖNKEMEYER 1927: 7). Zu beachten ist hierbei noch folgender Gedanke: Wenn es sich bei *Hypnum heseleri* tatsächlich um das Resultat einer somatischen Mutation handelt, dann ist das Wiederauftreten in den folgenden Jahren an verschiedenen, weit entfernten Orten eigentlich recht unwahrscheinlich. Es müssten also die gleichen oder ziemlich ähnliche Ereignisse an anderen, genetisch nicht identischen Pflanzen wiederholt aufgetreten sein. Wird das neuartige Erscheinungsbild der *Hypnum*-Pflanze jeweils durch eine somatische Mutation verursacht, sind kleinere Abweichungen im Habitus durchaus zu erwarten. Das könnte natürlich auch zu den bekannten „Knitterblatt“-Formen führen. Dazu wären also ebenfalls genetische Untersuchungen notwendig, um Zusammenhänge zwischen diesen und der Form *Hypnum heseleri* erkennen zu können.

**10. *Cryphaea heteromalla*** (HEDW.) MOHR (D: 3; SN: konnte als neue Art noch nicht bewertet werden) 5344/12 Scharfenstein, linkes Ufer der Zschopau, oberhalb des Sportplatzes, auf frisch gefällter, zersägter Weide, 19.04.2009, leg. et det. E. SEIFERT, conf. S. BIEDERMANN (Lauterbach), Dr. M. SIEGEL (Dresden). Erstnachweis für das Erzgebirge und für Sachsen.

Das handtellergroße Polster wuchs auf einem armdicken Ast einer alten Weide, die von Mitarbeitern der Wasserwirtschaft an diesem Tag gefällt und zersägt worden war. Von den gerade gestapelten Schnittstücken konnte ich das Moospolster gerade noch abnehmen und als Beleg sichern. An dem nassen Moospolster war die typische Wuchsform des „Einseitwendigen Versteckfruchtmooses“ kaum zu erkennen, aber die reichlich vorhandenen eingesenkten Sporogone wiesen schon auf die seltene Art hin. Dieser Zufallsfund ist ein Beispiel, wie durch unnötige Fällungen ein Standort vernichtet werden kann, aber auch dafür, wie ein Erstnachweis zustande kommen kann. Eine gründliche Nachsuche an den drei darauf folgenden Tagen an den Überresten weiterer gefällter Weiden war erfolglos.

Von den epiphytisch wachsenden Lebermoosen konnte im Beobachtungszeitraum lediglich *Metzgeria fruticulosa* neu festgestellt werden. Bei einigen Arten zeichnen sich aber bemerkenswerte Veränderungen ab. Das soll an den folgenden Beispielen dokumentiert werden: *Ptilidium pulcherrimum*, *Radula complanata*, *Frullania dilatata*, *Metzgeria furcata* und *Porella platyphylla*. Abgesehen von *Ptilidium pulcherrimum*, das saure Standorte bevorzugt, sind die übrigen in den vergangenen Jahrzehnten im Erzgebirge nur selten gefunden worden; in manchen Gebieten galten sie als verschollen. Diese Arten kommen epiphytisch, aber auch auf Gestein vor. Als Epiphyten bevorzugten sie basenreiche Borke von Laubbäumen an feuchten, schattigen bis halbschattigen Standorten. Durch die neuartigen Veränderungen der Umweltverhältnisse war mit einer Wiederbesiedlung und mit zunehmenden Funden zu rechnen. Für *Radula complanata* kann das schon bestätigt werden. Diese Art wurde von 2005 bis 2008 an insgesamt 69 Fundorten beobachtet (Tendenz zunehmend). Dagegen sind die beiden anderen Arten im Erzgebirge weiterhin ziemlich selten geblieben: *Frullania dilatata* konnte ich in der gleichen Zeit an 15 Fundorten, *Metzgeria furcata* auch an 15 Fundorten feststellen. In der nachfolgenden Übersicht wurden, im Vergleich zu anderen Veröffentlichungen, die Fundortangaben für die Jahre 2005 bis 2008 stark reduziert und neue für 2009 ergänzt:

**1. *Ptilidium pulcherrimum*** (WEBER) VAIN. (D: ungefährdet ; SN: ungefährdet)

2002 konnte ich diese Art an 46 von 98 aufgesuchten Fundorten ermitteln; auch in den zurückliegenden Jahren war *Ptilidium pulcherrimum* recht häufig zu beobachten. Dieses Lebermoos wird hauptsächlich „an sauren, nährstoffarmen Standorten“ gefunden (MÜLLER 2004). Manche Bryologen gehen noch weiter: „Durch Luftschadstoffe scheint die Art kaum beeinträchtigt zu werden oder wird teilweise sogar gefördert, sie ist im Gebiet ungefährdet“ (MEINUNGER & SCHRÖDER 2007). Wenige Jahre danach war das Moos seltener zu finden, von 2005-2008 nur noch an 39 von insgesamt 457 aufgesuchten Fundorten (2005 an 14, 2006 an 15, 2007 an 4 und 2008 an 6 Fundorten). *Ptilidium pulcherrimum* gehört wohl zu den Moosen, deren Vitalität erst durch die aktuellen Umweltbelastungen stärker als bisher beeinträchtigt wird. Vielleicht wird die Art durch die eutrophierte und zunehmend basische Umwelt zunehmend schwinden; das würde auch den bereits beobachteten Rückgang erklären. Den neuen Risikofaktor sollte man bei der Beurteilung der Schutzwürdigkeit entsprechend beachten.

Funde im Jahre 2005: insgesamt 14, darunter der folgende:

5441/43 Tal der Zwickauer Mulde zwischen Blauenthal und Wolfsgrün, auf *Salix* und *Alnus*, 09.06.2005.

Funde im Jahre 2006: insgesamt 15, darunter der folgende:

5346/23 Tal des Mortelbachs bei Heidersdorf, auf *Salix* und *Acer pseudoplatanus*, 28.04.2006.

Funde im Jahre 2007: insgesamt 4, darunter der folgende:

5443/23 Schlettau, Fluren an der Landstraße nach Elterlein, auf *Salix*, 06.03.2007.

Funde im Jahre 2008: insgesamt 6, darunter der folgende:

5542/32 Johanngeorgenstadt: Seifenbachweg, auf *Acer pseudoplatanus*; 10.06.2008.

Ausgewählte Funde 2009:

- 5344/12 Hopfgarten, Klingweg, auf *Quercus robur*, 02.03.2009.  
 5344/32 Rechtes Zschopau-Ufer nördl. von Thermalbad Wiesenbad, auf *Salix*, 01.04.2009.  
 5543/43+44 Oberwiesenthal, Alte Poststraße, auf *Sorbus aucuparia*, 04.07.2009.  
 5344/33+31 Wiesa, Fluren unterhalb der Franzeshöhe, auf *Salix*, 22.10.2009.

**2. *Radula complanata*** (L.) DUMORT. (D: ungefährdet; SN: V)

Zu den von 2005 bis 2008 ermittelten 69 Standorten gehören auch die folgenden:

- 5541/22 Tal der Großen Bockau bei Eibenstock, auf *Fagus sylvatica*, 18.07.2005.  
 5344/22 Goldbachweg zur Neunzehnhainer Talsperre, auf *Acer pseudoplatanus*, 01.05.2006.  
 5344/23 Warmbad, Bächlein unterhalb Palmbaum, auf *Acer pseudoplatanus*, 06.5.2007.  
 5542/32 Johanngeorgenstadt: Seifenbachweg, auf *Acer pseudoplatanus*, 10.06.2008.

Ausgewählte Funde im Jahre 2009:

- 5344/43 Niederschmiedeberg, Wald an der Preßnitz, auf *Fraxinus excelsior*, 03.04.2009.  
 5443/24 Straße nach Buchholz (Abzweig B 101), auf *Acer pseudoplatanus*, 19.05.2009.  
 5345/41 Ansprung, Waldgebiet am Achterweg, auf *Fraxinus excelsior*, 28.08.2009.  
 5346/24 Seiffen, Seitental zur Flöha (Wasserwand), auf *Acer pseudoplatanus*, 21.09.2009.

**3. *Frullania dilatata*** (L.) DUMORT. (D: ungefährdet bis 3; SN: 3)

Zu den von 2005 bis 2008 ermittelten 15 Standorten gehören auch die folgenden:

- 5442/42 Kalkbruch Langenberg, auf *Acer pseudoplatanus*, 10.11.2005.  
 5445/31 Steinbach, Waldgebiet am Horizontalweg, auf *Salix*, 13.06.2006.  
 5344/12 Scharfenstein, linkes Zschopau-Ufer oberh. der Garagen, auf *Salix*, 20.01.2007.  
 5542/32 Johanngeorgenstadt: Seifenbachweg, auf *Acer pseudoplatanus*, 10.06.2008.

Ausgewählte Funde im Jahre 2009:

- 5344/12 Scharfenstein, linkes Zschopau-Ufer, auf *Salix*, 19.03.2009.  
 5245/32 Saidenbachtalsperre, auf *Acer pseudoplatanus*, 21.04.2009, leg. J. NIXDORF.  
 5346/34 Olbernhau/Hirschberg, Wald am Sielenweg, auf *Acer pseudoplatanus*, 08.09.2009.  
 5347/11 Rauschenbach, Umgebung des Talsperrenauslaufs, auf *Salix*, 28.10.2009, leg. J. NIXDORF.

**4. *Metzgeria furcata*** (L.) DUMORT. (D: ungefährdet; SN: ungefährdet)

Zu den von 2005 bis 2008 ermittelten 15 Standorten gehören auch die folgenden:

- 5344/13 Eschen-Jungholz oberh. d. Heidelbachmühle, auf *Fraxinus excelsior*, 24.10.2005.  
 5245/33 Jägersteig bei Lauterbach in Richtung B 101, auf *Acer pseudoplatanus*, 03.05.2007.  
 5341/42 Hartenstein: An der Zwickauer Mulde, auf *Acer pseudoplatanus*, 03.11.2008.

Ausgewählte Funde im Jahre 2009:

- 5443/24 Annaberg, Buchholzer Stadtwald, auf *Salix* und *Acer pseudoplatanus*, 13.03.2009.  
 5245/32 Reifland, Saidenbachmündung in die Flöha, auf *Salix*, 21.04.2009, leg. J. NIXDORF.  
 5346/34 Olbernhau/Hirschberg, Wald am Wettinweg, auf *Fagus sylvatica*, 08.09.2009.  
 5444/42 Steinbach, unteres Tiefenbachtal, auf *Acer pseudoplatanus*, 13.10.2009.

**5. *Porella platyphylla*** (L.) PFEIFF. (D: ungefährdet bis 2 ; SN: V)

Die Art wächst zerstreut im collinen und montanen Bereich vorwiegend auf kalkreichem Gestein. *Porella platyphylla* kommt selten auch epiphytisch vor. Der nachfolgend beschriebene Standort liegt in der Nähe eines reichen Vorkommens auf Gestein:

- 5345/14 Zöblitz, Umgebung des Löwenkopffelsens (Niedberg und Burgberg), auf *Acer* zusammen mit *Orthotrichum affine* und *Ulota crispa* agg., 17.04.2007.

**6. *Metzgeria fruticulosa*** (L.) DUMORT. (D: 3; SN: konnte als neue Art noch nicht bewertet werden)

5346/21 Heidersdorf, Saydaer Straße, südlich vom Mortelgrund, auf *Salix*, 26.10.2009. leg. E. SEIFERT, det. Dr. MEINUNGER.  
 Die Art fällt durch die etwas wirr von einer Basisschicht abstehenden, schmalen Thalli auf, die sich an der Spitze verschmälern und zahlreiche eiförmige Brutkörper tragen. Die zarten gelbgrünen Lager verfärben sich nach längerem Trocknen (oft über 2 Monate) blaugrün bis blau. *Metzgeria fruticulosa* wurden früher nicht als Art geführt. KARL MÜLLER (1881-1955) gab zur Art *Metzgeria furcata* eine var. *ulvula* und eine forma *violacea* an. Später (in den Nachträgen) bezeichnete er, sich auf

EVANS berufend, die *forma violacea* als eine eigene Art: *Metzgeria fruticulosa* (MÜLLER 1906-1916). *M. fruticulosa* wird als nordisch-eurozoanisches Florenelement angesehen (MEINUNGER & SCHRÖDER 2007).

Nahe verwandt ist eine 1976 von KUWAHARA beschriebene morphologisch ähnliche Art, deren Thalli beim Trocknen aber nicht blau werden: *Metzgeria temperata*. In Europa wurde diese Art von PATON (1977) und DÜLL (1981) zunächst bei Revisionen von Herbarproben aufgefunden (NEBEL/PHILIPPI 2005: 177/178). Die subatlantisch verbreitete Art konnte anschließend in Südwestdeutschland häufig gefunden werden. Zum historischen Vorkommen der Art in Sachsen gibt es unterschiedliche Informationen: Während SCHADE (1924) noch einen Standort im Westerzgebirge aus dem Jahre 1905 nennt, weist F. MÜLLER (2004) darauf hin, dass die Art *M. fruticulosa* für Sachsen zu streichen ist: Der genannte Fund wurde „von *R. Grolle* revidiert und gehört demnach zu der erst später beschriebenen *Metzgeria temperata*“. Diese Revision hat auch nachträgliche Folgen für Beurteilung dieser beiden Arten in den Roten Listen der Moose.

Auch wenn es nicht bei jeder Art exakt möglich war, wird abschließend versucht, die sich gegenwärtig wandelnde Verbreitung von Arten der Laubmoosgattungen *Orthotrichum*, *Ulota*, *Zygodon* und *Cryphaea* bzw. der Lebermoosgattungen *Metzgeria*, *Radula*, *Frullania*, *Porella* und *Ptilidium* im Erzgebirge und Erzgebirgsvorland mit den Daten von RABENHORST (1863) und RIEHMER (1926) bzw. SCHADE (1924, Nachträge 1936) in zwei Tabellen vergleichend darzustellen. Besonders interessant und aussagekräftig sind auch die in den drei aufeinander folgenden Roten Listen der Moose Sachsens (1991, 1998 u. 2008) sichtbar werdenden Veränderungen des Schutzstatus (jeweils in der letzten Spalte der Tabellen 1 und 2). Wenn möglich, erfolgten die Häufigkeitsangaben unter Verwendung der von RABENHORST bzw. von RIEHMER und SCHADE gebrauchten Ausdrücke. Aus solchen Fundortangaben lassen sich oft nur grobe Schätzungen ableiten. Die in Spalte 7 verwendeten offiziellen Zeichen der Gefährdungskategorien bedeuten:

0 = Ausgestorben oder verschollen

1 = Vom Aussterben bedroht

2 = Stark gefährdet

3 = Gefährdet

G = Gefährdung unbekanntes Ausmaßes

R = Extrem selten

V = Vorwarnliste

D = Daten unzureichend

\* = ungefährdet

+ = nicht bewertet

Die folgenden beiden Zeichen werden zusätzlich verwendet:

? = „fragliche Arten, Belegmaterial konnte nicht gefunden und geprüft werden.“ (Borsdorf/ Müller 1991: 44)

f = fehlt; diese Arten sind in der jeweiligen Roten Liste nicht aufgeführt. Als Gründe kommen in Frage: die Art war bisher für das Gebiet nicht bekannt; die Art war in keiner Weise gefährdet; die Art wurde aus unbekanntem Grund nicht bewertet.

An verschiedenen Stellen wurden folgende Kürzel verwendet:

1. NW = Erstnachweis für das Gebiet

1. WF = Erster Wiederfund nach langer Zeit für das Gebiet

R L = Rote Liste

**Tabelle 1** Verbreitung von Laubmoosarten der Gattungen *Orthotrichum*, *Ulota*, *Zygodon* und *Cryphaea*

Arten der Gattungen <i>Orthotrichum</i> , <i>Ulota</i> , <i>Zygodon</i> , <i>Cryphaea</i>	Situation bei RABENHORST Sachsen 1863	Situation bei RIEHMER Sachsen 1926	Kartierung im Erzgebirge 2001-2002	Kartierung im Vorland des Erzgebirges 2003-2004	Kartierung im Erzgebirge 2005-2009	R L für Sachsen 1991 1998 2008
<i>Orthotrichum affine</i>	verbreitet	häufig	häufig	häufig	häufig	1, 2, *
<i>Orthotrichum anomalum</i>	verbreitet	verbreitet	zerstreut (epiphytisch)	zerstreut (epiphytisch)	zerstreut (epiphytisch)	f, f, *
<i>Orthotrichum consimile</i>	fehlt	fehlt	äußerst selten 1. NW	fehlt	fehlt	f, f, 1

<i>Orthotrichum diaphanum</i>	verbreitet	zerstreut	häufig	häufig	häufig	f, f, *
<i>Orthotrichum lyellii</i>	nicht selten	zerstreut	ziemlich selten	ziemlich selten	zerstreut	0, 0, *
<i>Orthotrichum obtusifolium</i>	verbreitet	zerstreut	zerstreut	zerstreut	zerstreut	1, 1, *
<i>Orthotrichum pallens</i>	selten	selten <sup>1</sup>	zerstreut	zerstreut	verbreitet	0, 0, *
<i>Orthotrichum patens</i>	zerstreut	selten <sup>2</sup>	selten	selten	zerstreut	?0, f, *
<i>Orthotrichum pulchellum</i>	fehlt	fehlt	selten 1.NW	ziemlich selten	verbreitet	f, f, *
<i>Orthotrichum pumilum</i>	verbreitet	häufig	häufig	häufig	häufig	1, 2, *
<i>Orthotrichum rogeri</i>	fehlt	fehlt	fehlt	sehr selten 1. NW (Erzg.vorland)	selten 1. NW (Erzgebirge)	f, f, *
<i>Orthotrichum scanicum</i>	selten <sup>1</sup>	fehlt <sup>3</sup>	sehr selten 1. NW	sehr selten	selten	?0, f, 3
<i>Orthotrichum speciosum</i>	überall	zerstreut	verbreitet	verbreitet	häufig	0, 0, *
<i>Orthotrichum stramineum</i>	verbreitet	zerstreut	zerstreut	zerstreut	zerstreut	1, 1, *
<i>Orthotrichum striatum</i>	verbreitet	selten	zerstreut	zerstreut	zerstreut	1, 1, *
<i>Orthotrichum stellatum</i>	fehlt	unklar <sup>4</sup>	fehlt	fehlt	fehlt	f, f, f
<i>Orthotrichum tenellum</i>	fehlt	fehlt <sup>5</sup>	sehr selten	selten	selten	f, 0, *
<i>Ulota bruchii</i>	verbreitet	zerstreut	verbreitet	verbreitet	häufig	0, 2, *
<i>Ulota coarctata</i>	verbreitet	selten	äußerst selten 1. WF	fehlt	äußerst selten 2. WF	0, 0, 1
<i>Ulota crispera</i> s. str.	verbreitet	zerstreut	selten	ziemlich selten	ziemlich selten	0, 1, *
<i>Ulota hutchinsiae</i>	stellenweise	selten	fehlt	fehlt	fehlt	0, 0, 0
<i>Zygodon dentatus</i>	fehlt	fehlt	fehlt	sehr selten 1. NW	sehr selten 1. NW	f, f, R
<i>Zygodon conoideus</i>	fehlt	fehlt	fehlt	fehlt	äußerst selten 1. NW	f, f, f
<i>Cryphaea heteromalla</i>	fehlt	fehlt	fehlt	fehlt	äußerst selten 1. NW (2009)	f, f, f

Erläuterungen zur 2. Spalte (Angaben bei RABENHORST, Sachsen 1863)

1 nach MÜLLER (2004) handelt es sich um 2 unbestätigte Funde; auch MEINUNGER & SCHRÖDER (2007) weisen auf das Fehlen von Belegen für ältere Angaben hin.

Erläuterungen zur 3. Spalte (Angaben bei RIEHMER, Sachsen 1926)

1 RIEHMER gibt für den sächsischen Raum lediglich das Muldenland an; dort steht der folgende Eintrag: „*Lausigk* – ?!“

2 Der Eintrag von RIEHMER, der sich auf Funde von HANDTKE im Muldenland (Mld.) bezieht, lautet: „*An Pappeln b. Rochsburg Ha. Exemplare nicht gesehen.*“

3 Für die von MÜLLER im Verbreitungsatlas der Moose Sachsens (2004) als „*unbestätigte historische Nachweise*“ angegebenen Funde steht bei RIEHMER unter dem damals üblichen Namen *Orthotrichum leucomitrium* der Eintrag: „*Mld. An Pappeln*“

bei Rochsburg Ha. Exemplare nicht gesehen.“

4 Über das mit dem Artnamen *O. Braunii* bezeichnete Moos schreibt RIEHMER zur Fundsituation: „Vgt., Mühltröf, an einem Apfelbaum bei d. Mühle in Langebuch St. ? Beleg nicht gesehen.“

MÜLLER (2004) stellt zu *O. stellatum* (*O. braunii*) fest: „Der Beleg im Herbarium Stolle in Tharandt wurde überprüft; er gehört zu *O. pallens*. Die Art ist deshalb als Element der sächsischen Flora zu streichen.“

5 Bei RIEHMER ist *Orthotrichum tenellum* im Verzeichnis nicht zu finden; am Ende des 1. Teils seiner Arbeit (S. 93) nennt er diese Art unter dem Gesichtspunkt „Was Sachsen von der Thüringer Flora fehlt“. MÜLLER (2004) hat dagegen für diese Art auf einen historischen Fund verwiesen „(5042/41 an Pappeln bei Rochsburg, Handtke [Vogel 1878])“.

**Tabelle 2** Verbreitung von Lebermoosarten der Gattungen *Metzgeria*, *Radula*, *Frullania*, *Porella* und *Ptilidium*

Arten der Gattungen <i>Metzgeria</i> , <i>Radula</i> , <i>Frullania</i> , <i>Porella</i> , <i>Ptilidium</i>	Situation bei RABENHORST Sachsen 1863	Situation bei Schade Sachsen 1924/1936	Kartierung im Erzgebirge 2001-2002	Kartierung im Vorland des Erzgebirges 2003-2004	Kartierung im Erzge- birge 2005-2009	RL für Sachsen 1991 1998 2008
<i>Metzgeria furcata</i>	verbreitet, doch nicht in Massen	sehr häufig in der var. <i>ulvula</i> s. Erläuterung 1	selten	sehr selten	zerstreut	3, 3, *
<i>Metzgeria temperata</i>	s. Erläuterung 1	fehlt	fehlt	fehlt	fehlt	f, f, 0
<i>Metzgeria fruticulosa</i>	s. Erläuterung 1	sehr selten	fehlt	fehlt	sehr selten 1. NW	0, 0, f
<i>Radula complanata</i>		wohl nirgends mehr häufig	selten	selten	verbreitet	2, 2, V
<i>Frullania dilatata</i>	durch das Ge- biet verbreitet	durchs ges. Gebiet zieml. häufig, s. Erläuterung 3	sehr selten	sehr selten	selten	1, 1, 3
<i>Frullania tamarisci</i>	durch das Ge- biet verbreitet	durchs ges. Gebiet, aber nicht häufig, s. Erläuterung 3	fehlt	fehlt	fehlt	f, 1, 1
<i>Porella platyphylla</i>	nicht selten s. Erläuterung 2	durchs ges. Gebiet, aber nicht gemein, s. Erläuterung 2	fehlt (epiphytisch)	fehlt	sehr selten (epiphytisch)	2, 3, V
<i>Ptilidium pulcherrimum</i>	s. Erläuterung 3	ohne Angaben zur Verbreitung	häufig	selten	zerstreut	2, 3, *

Erläuterungen zur Spalte 2 (RABENHORST):

1 siehe die Ausführungen zu *Metzgeria fruticulosa* in der Dokumentation

2 *Porella platyphylla* wird hier als *Madotheca platyphylla* bezeichnet.

3 *Ptilidium pulcherrimum* wird hier noch als Variation von *Ptilidium ciliare* geführt (var. *Wallriothianum*); es werden keine Angaben zur Verbreitung gemacht.

Erläuterungen zur Spalte 3 (SCHADE):

1 Im unteren Erzgebirge häufig (Funde von Flössner im O-Erzg. u. von Lange bei Wolkenstein). Für das obere Erzgebirge nennt er lediglich ein Vorkommen auf Gestein bei Annaberg (am Pöhlberg; LANGE 1913 u. 1926).

2 SCHADE verweist darauf, dass die Art im oberen Erzgebirge „noch nicht gesammelt“ wurde.

3 SCHADE vergleicht hier mit den Angaben von K. MÜLLER (1906-1916) und stellt den zu beobachtenden Rückgang fest.

### 3 Bestimmungsprobleme bei *Orthotrichum*-Sippen mit pseudophaneroporen Spaltöffnungen – unklare taxonomische Verhältnisse zwischen *Orthotrichum pallens* und nahe verwandten Arten

Trotz zunehmender Sicherheit im Umgang mit Bestimmungsschlüsseln und Untersuchungstechnik bleibt die Bestimmung einer Moosprobe im Einzelfall schwierig und führt gelegentlich auch zu Irritationen. Das soll am folgenden Beispiel gezeigt werden:

a) Beschreibung eines Fundes: Am 13.04.2007 fand ich in einer offenen Flur bei Neudorf/Erzgebirge (MTB 5543/22), entlang eines Bächleins in Richtung Firstenweg und zu den Polmerfelsen schreitend, nördlich vom Unterdorf in einer Höhe von ca. 730 m auf einer Weide (*Salix*) ein kleines Moospolster von ca. 1 cm Durchmesser, das ich für *Orthotrichum pallens* hielt. Das Polster enthält 23 Pflanzen mit Sporophyten, vier mit alten braunen Kapseln und 19 mit gelb-grauen frischen Kapseln; die letzteren mit Kalyptren bzw. mit Deckeln. Die frischen Kapseln sind mit Sporen prall gefüllt, die alten mehr oder weniger leeren Kapseln sind unter der Mündung eingeschnürt. Die Vagina ist nackt. Die sehr kleinen Sporen haben ziemlich konstant einen Durchmesser von (10) 11 bis 12 (13)  $\mu\text{m}$ . Beim Abplatzen der Kapseldeckel von den reifen Kapseln spalten die acht Paarzähne des Peristoms rasch in Einzelzähne auf, jedoch nicht immer vollständig. Das innere Peristom besteht aus 16 unterschiedlich langen Zilien, die nicht auf beiden Seiten glatt sind (die Innenseite ist rau, aber nicht eindeutig papillös). Die Stomata liegen relativ dicht in der Kapselmitte und sind konstant von hochragenden, dickwandigen Exothecialzellen stark bedeckt (deutlich kryptopor).

b) Bestimmung der Moosprobe: Zur Bestimmung wurden alle einschlägigen Schlüssel probiert, ohne ein eindeutiges Ergebnis zu erhalten. Die vermutete Zuordnung zu *Orthotrichum pallens* konnte nicht bestätigt werden. Als entscheidende Trennungsmerkmale, die zur Art *Orthotrichum pallens* führen, werden stets einige wenige Kapselmerkmale genutzt: die Ausprägung der Spaltöffnungen und die Beschaffenheit der Kalyptra.

Als Beispiel soll hier der umfassende Bestimmungsschlüssel von LEWINSKY genannt werden: Im „Key C“ werden zunächst alle *Orthotrichum*-Arten mit der folgenden Merkmalskombination erfasst: „Stomates immersed. Exostomes reflexed or revolute when dry. Endostomes present or rarely absent. Capsules immersed or emergent.“ Hiervon werden mit einem dichotomen Merkmalspaar die *O. pallens*-ähnlichen Arten von den übrigen abgetrennt (Schritt 13): „Stomates scarcely to half covered by the subsidiary cells; calyptrae usually naked or rarely with many hairs.“ (das führt dann zu *Orthotrichum pallens*, *Orthotrichum pumilum* und einigen weiteren Arten) oder „Stomates half to completely covered by the subsidiary cells; calyptrae usually with at least few hairs.“ (das führt zu *Orthotrichum tenellum*, *Orthotrichum stramineum*, *Orthotrichum rogeri* und weiteren Arten; darunter taucht noch einmal *Orthotrichum pumilum* auf, das anschließend durch weitere Blatt- und Kapselmerkmale erfasst wird.) (LEWINSKY: A synopsis of the genus *Orthotrichum* Hedw. (Musci, Orthotrichaceae), Bryobrothera Vol. 2, 1993: 31).

Nach verglichenen Ansätzen, drei Pflanzen aus dieser Probe mit einem gängigen Schlüssel zu bestimmen, versuchte ich durch Vergleichen mit verschiedenen Artmonographien zu einem Ergebnis zu kommen. Schließlich ergab die Beschreibung einer neuen Art von LARA et al. (2000) große Übereinstimmungen mit meinem Fund aus dem Erzgebirge: *Orthotrichum hispanicum* sp. nov. Herr SCHÄFER-VERWIMP (Herdwangen-Schönach), der diese Moosprobe überprüfte, bestätigte die Zuordnung zu *Orthotrichum hispanicum* Lara et al. Er wies auf ein Vorkommen von *Orthotrichum hispanicum* Lara et al. in den Niederlanden hin (VAN DER PLUIJM 2004).

c) weitere Untersuchungen: Zur Sicherheit und zum Vergleich habe ich danach noch eine der alten Kapseln geschnitten. An diesen beiden präparierten Kapselhälften sind die Stomata weniger kryptopor als an den gerade reifen Kapseln, einzelne Spaltöffnungen ähneln einer pseudophaneroporen Ausprägung; die Sporen sind größer (14-17  $\mu\text{m}$ ). Das verunsicherte mich etwas in meinem Urteil, und ich überprüfte nochmals alle präparierten Kapselhälften. Zusätzlich wurde eine weitere Pflanze mit gerade reifer Kapsel präpariert. Demnach sind an allen frischen Kapseln die Stomata konstant (!) stark kryptopor. Wenn man berücksichtigt, dass die Merkmale von gerade reifen Kapseln (die Deckel springen bei Berührung ab) allgemein einen größeren Wert für die Bestimmung haben als die durch Alterung und Witterungseinflüsse veränderten Kapseln, dürfte die Zuordnung der Moosprobe zu *Orthotrichum hispanicum* auch weiterhin berechtigt sein.

d) Diskussion: In der Folgezeit habe ich alle in den vergangenen Wochen frisch gesammelten und als *Orthotrichum pallens* angesehenen Moosproben besonders auf die folgenden drei Merkmale hin untersucht: Ausprägung der Stomata bei gerade reifen und bei alten Kapseln, Sporengröße und Beschaffenheit des Peristoms. Dabei erhärtete sich die Beobachtung, dass bei *Orthotrichum pallens* die Ausprägung der Stomata doch stärker variiert als gewöhnlich angenommen wird. Das könnte vom Alter und zusätzlich von den ökologischen Bedingungen des Standortes abhängen. Immerhin erfüllen die Spaltöffnungen ihre Hauptfunktion, den Gaswechsel, an den grünen, zur Photosynthese fähigen Sporophyten, also an den unreifen Kapseln. Ein stärkerer Schutz durch eine größere Bedeckung mit Exothecialzellen in dieser Funktionsphase wäre zweckmäßig. Später könnte sich der Spannungszustand der Zellschicht an den alternden Kapselwänden derart

verändern, dass die Bedeckung der Schließzellen durch die Exothecialzellen abnimmt. Bei bestimmten Ökotypen ist, als Anpassung an die Witterungsbedingungen exponierter Standorte, auch eine morphologische Veränderung denkbar, z.B. eine unterschiedliche Dicke der Zellwände und eine stärkere Aufwölbung der Zellen. Das entspricht allerdings nicht genau den bisherigen Beobachtungen: An einigen untersuchten Proben zeigte sich deutlich, dass die Stomata an Kapseln vom gleichen Stämmchen bei verschiedenem Alter kryptopor (frische Kapsel) bzw. pseudophaneropor (alte Kapsel) erscheinen können; so war das auch bei der als *Orthotrichum hispanicum* Lara et al. bestimmten Probe. Bei wieder anderen Proben von *Orthotrichum pallens* wurden aber auch frische Kapseln mit deutlich pseudophaneroporen Stomata gefunden; dort stimmte das Merkmal also auch mit den alten Kapseln überein. Schließlich sind auch an unreifen, grünen Sporophyten wenig bedeckte Stomata zu beobachten.

e) Ergebnis: Die unterschiedliche Beschaffenheit der Stomata bei den beobachteten, *pallens*-ähnlichen Moosproben lässt sich also nicht widerspruchsfrei funktional erklären. Die Annahme, dass verschiedene Sippen mit feinen Unterschieden in der betrachteten Merkmalskombination, auch unabhängig von Alter und Standort, existieren könnten, ist also nicht abwegig und öffnet wiederum den Weg zur Begründung neuer Arten. Damit bleibt die taxonomische Zuordnung der eingangs beschriebenen Moosprobe weiterhin unsicher.

f) Schlussfolgerung: Die Erkennung und Unterscheidung jener *Orthotrichum*-Arten, die dem *Orthotrichum pallens* sehr ähnlich sind, wird also schwierig bleiben, im Einzelfall auch ganz unmöglich sein. Damit steht allerdings auch die reale Existenz solcher Arten wie *Orthotrichum hispanicum* Lara et al. auf dem Prüfstand. Die genannten spanischen Autoren gaben zwischen 1997 und 2000 insgesamt drei neue *Orthotrichum*-Arten bekannt, die alle mehr oder weniger auch mit *Orthotrichum pallens* verwechselt werden können: *Orthotrichum lewinskyae* (Garilieti et al. 1997), *Orthotrichum casasianum* (MAZIMPAKA et al. 1999: 47-53) und das bereits genannte *Orthotrichum hispanicum* (LARA et al. 2000). Weitere neue Arten sind seitdem hinzugekommen, z.B. aus Tschechien die Art *Orthotrichum moravicum* (PLASEK et al. 2009: 329-336). Die dargestellten Schwierigkeiten bei der Determination von Moosproben ergeben sich nicht nur aus möglichen ungenügenden Fähigkeiten beim Umgang mit Bestimmungsschlüsseln und mangelhafter technischer Ausstattung. Es muss auch an noch nicht abgeschlossene Artbildungsprozesse innerhalb dieser „Sippenschwärme“ von „*Orthotrichum pallens* agg.“ gedacht werden. Wenn sich nach sorgfältiger mikroskopischer Untersuchung Merkmalskombinationen ergeben, die im Sinne einer Artzuordnung nicht gut zusammenpassen, wäre eine Kennzeichnung als *Orthotrichum pallens* agg. angebracht. Damit sollten vorläufig solche Funde bezeichnet werden, die einzelne oder mehrere Merkmale „neuer Arten“ wie *Orthotrichum casasianum*, *O. moravicum* oder auch *O. hispanicum* besitzen. Im Umkreis des postulierten „*Orthotrichum pallens* agg.“ kommt es besonders auf diffizile Merkmale des Peristoms, aber auch auf einige Blattmerkmale an:

- a) Endostom-Segmente: Anzahl (16 oder 8), Länge (alle gleich lang oder 8 längere und 8 kürzere), Ausrichtung im Raum (alle stark nach innen gebogen oder nur die langen), seitliche Anhängsel (fehlend, relativ kurz oder so lang, dass sich diese gegenseitig berühren), Ornamentierung (glatt, mit Streifen oder mit Papillen).
- b) Exostomzähne: Anzahl und Ausrichtung (Paarzähne rasch aufspaltend und unregelmäßig zurückgebogen oder nicht spaltend und regelmäßig zurück gebogen), Ornamentierung (mit Papillen oder netzartigen Strukturen)
- c) Form und Farbe der Kapsel (z.B. bauchige Basis, scharfe oder allmählicher Übergang in die Seta, gleichmäßige Färbung oder an der Basis heller u.a.).
- d) Bedeckungsgrad der kryptoporen Spaltöffnungen in der Kapselwand (wenig oder stark von Exothecialzellen bedeckt, der althergebrachte Begriff „pseudophaneropor“ wird überflüssig).
- d) spezifische Blattmerkmale (z.B. Blattspitzen flach oder konkav bis zusammengezogen, Blattbasis gleichmäßig lanzettlich oder mit verbreiteter Basis u.a.).

Bei einer typischen Kombination solcher Merkmale wird die untersuchte Moosprobe als neue Art von *Orthotrichum pallens* unterschieden bzw. abgetrennt und nun z.B. *Orthotrichum casasianum* oder *Orthotrichum moravicum* genannt. Der verbleibende Rest wäre „*Orthotrichum pallens* s. str.“ Eine Revision aller in der Vergangenheit als *Orthotrichum pallens* bestimmten Moosproben müsste eigentlich folgen. Trotz vieler Bedenken wird es bei der weiteren Bearbeitung von Herbarproben aus dem vergangenen Jahrzehnt und bei der laufenden Sichtung und Bestimmung von aktuellen Epiphytenfunden stärker darauf ankommen, die Existenz neuer *Orthotrichum*-Arten in Europa zu berücksichtigen. Dazu müssten neu gewichtete Bestimmungsschlüssel herangezogen werden, um sehr ähnliche Arten überhaupt noch voneinander unterscheiden zu können. In solchen Schlüsseln (z.B. LARA et al. 2009: 129-142) werden hohe Ansprüche an die technische Ausrüstung zur Merkmalsanalyse gestellt. So ist zum Beispiel das Erkennen von Feinstrukturen des Peristoms (OPL und PPL der Exostomzähne bzw. der Segmente des Endostoms) äußerst diffizil. Um die Ornamentierung der Zähne und Segmente sicher deuten zu können, reichen die lichtmikroskopischen Möglichkeiten wohl nicht mehr aus. In der Praxis der Moosbestimmung wird das oft dazu führen, dass Proben unbestimmbar bleiben; denn Peristome sind oft durch Alterung, Witterungseinflüsse oder mechanische Einwirkungen beim Sammeln verändert oder beschädigt; Blattmerkmale sind ohnehin ziemlich variabel. Eine Determination wird dann nur noch sehr erfahrenen Bryologen mit

guter technischer Ausrüstung möglich sein. Als Alternative bleibt, bei jeder Art zunächst von einer natürlichen Variabilität auszugehen und erst dann von neuen Arten zu sprechen, wenn die jeweilige Kombination der spezifischen Merkmale konstant bleibt und keine andere schlüssige und überprüfbare Erklärung innerhalb des bisherigen Artenkanons vorgelegt werden kann. Damit stellt sich erneut die theoretische Frage nach den „guten Arten“, aber auch die praktische Frage nach der künftigen Rolle von Laien in der Bryologie. Es wäre bedauerlich, wenn sich unser Beitrag zur Erforschung der heimatischen Natur nur noch auf das Sammeln von Moosproben und das Kartieren von „weißen Flecken“ einengte.

## 4 Betrachtungen zum Artverständnis in der Bryologie

Als der Hallenser Privatgelehrte KARL MÜLLER (1818-1899) seine „Synopsis muscorum frondosorum“ (1848-1851) herausbrachte, stellte er den Lesern auch 473 neue Moosarten in zahlreichen neuen Gattungen vor (FRAHM & EGGERS 2001: 333). Sein umfangreiches Moos-Herbarium enthielt 60000 Belege von 11000 Arten (HARDTKE et al. 2004: 217). „MÜLLER HALENSIS“ hatte damit der Fachwelt eine Unmenge an Moosproben und Artbeschreibungen hinterlassen, die schon bald namhafte Bryologen wie FLEISCHER und HERZOG zu kritischen Äußerungen veranlassten. FRAHM & EGGERS führen „die vielen Konfusionen, die er geschaffen [...] hat“, darauf zurück, dass MÜLLER als „Gegner des ‚darwinistischen Prinzips‘“ andere Ansichten zur Abgrenzung von Arten vertrat und dass viele dieser ‚Arten‘ „heute nur als Modifikationen gelten würden“. Die gleichen Autoren erinnern aber auch an die anerkennende Äußerung von HERZOG, es sei KARL MÜLLER letztlich zu verdanken, „daß er die zahllosen Formen, welche ihm zuflogen, mit dem Nimbus des Artwertes umkleidet hat, sonst wären sie uns vielleicht dauernd verloren gegangen.“ (S. 334)

Die *Orthotrichum*-Spezialistin LEWINSKY hat später bemängelt, dass von Karl Müllers 54 neuen *Orthotrichum*-Arten „leaving only 8 good species.“ Sie begründet ihre Feststellung mit einer kritischen Wertung seines Artkonzeptes: „Many of his species were distinguished by minor differences no longer regarded as sufficient for separation at the specific level.“ (LEWINSKY 1993: 3).

Beim Anwenden von bryologischen Bestimmungsschlüsseln fällt auch heute immer wieder auf, dass oft feinste morphologische Unterschiede ausreichen, um Arten bzw. Varietäten voneinander abzugrenzen. Dabei ist wahrscheinlich nicht immer ausreichend geklärt, ob es sich um modifikative Abänderungen (Ökotypen, Anpassungen innerhalb der genetisch fixierten Reaktionsnorm) oder um genetisch bedingte Neubildungen (Mutanten) handelt; auch an Neukombinationen durch Kreuzung nahe verwandter Sippen (Hybriden) ist in manchen Fällen zu denken. Hinzu kommen noch die möglichen Folgeprodukte solcher Ereignisse, zum Beispiel Individuen, die aus Rückkreuzungen, erneuten Kreuzungen oder durch weitere Modifikation bei veränderten Umweltfaktoren entstanden sind. Es ist immer problematisch, die taxonomische Eignung feinsten Merkmalsunterschiede zur Abgrenzung von Sippen richtig zu handhaben. Es entsteht auch heute noch der Eindruck, dass dabei gelegentlich unbegründete und auf Dauer nicht haltbare Bewertungen bzw. Festlegungen getroffen worden sind. Es geht gar nicht darum, die Feinheiten der erblichen bzw. nicht erblichen Variabilität zu ignorieren, sondern um Kritik an deren taxonomischer Nutzung.

In der Bryologie wurde ursprünglich, wie in allen anderen biologischen Disziplinen auch, ausschließlich das typologische (morphologische) Artkonzept angewandt. Es hat sich auch hier lange erhalten, behindert aber zunehmend die taxonomische Erforschung der Moose.

Nach MAYR (1998: 177/178) ist der typologische Speziesbegriff wie folgt gekennzeichnet:

„Das typologische Artkonzept postuliert vier Artmerkmale: 1) Arten bestehen aus ähnlichen Individuen mit derselben gemeinsamen „Essenz“. 2) Jede Art ist von allen anderen durch eine scharfe Diskontinuität getrennt. 3) Jede Art ist räumlich und zeitlich konstant. 4) Die mögliche Variation innerhalb jeder Art ist eng begrenzt.“

Die Möglichkeiten und Grenzen des althergebrachten Typus-Konzepts ergeben sich aus der einseitigen Betrachtung der Ähnlichkeit von Lebewesen. Durch übertriebene Nutzung feinsten morphologischer Unterschiede kommt es zur Postulierung von Sippen, die als Einheiten von taxonomischem Rang bewertet werden. Gerade darin liegt die Schwäche dieser Methode; denn nicht einmal jede genetisch fixierte Merkmalsvariation, die bei einer Individuengruppe ermittelt wird, gehört in den Rang einer taxonomischen Einheit. Im Gegenteil, die genetische Variabilität innerhalb einer Sippe ist gerade eine notwendige Grundlage für den erfolgreichen intra- und interspezifischen Wettbewerb und befähigt diese Populationen, dem ökologischen Druck bei sich ändernden Umweltverhältnissen widerstehen zu können.

Bevor nicht einige wesentliche Fragen zur Entstehung und zur Beständigkeit variierender Merkmale bei Moosen gründlicher als bisher geklärt sind, bleibt Zurückhaltung, wie sie z.B. SMITH (1978: 2) geäußert hatte, sehr berechtigt: „The natur and status of intraspecific variants in many moss species are very debatable, partly because it is unknown whether variation is genotypic or phenotypic and partly because nothing is known of the breeding systems involved.“ Diese Ansicht bekräftigte SMITH (1978: 473) bei der Gattung *Orthotrichum* noch einmal: „Some species show considerable morphological variation. Whether this is environmental genotypic or due to hybridity is not know.“

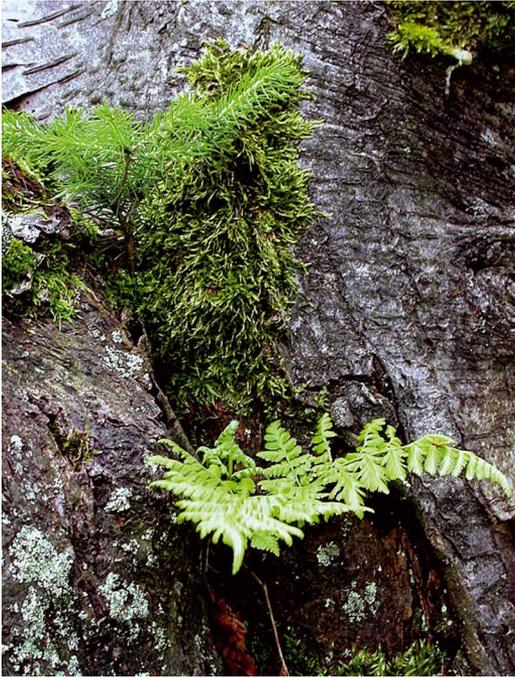


Abb. 23

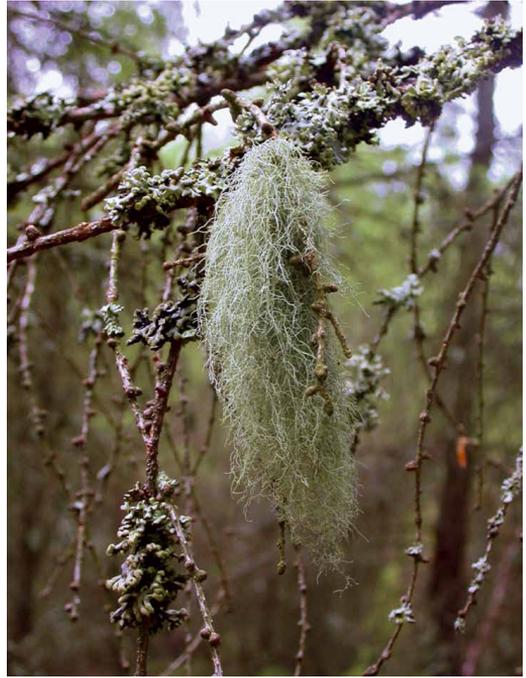


Abb. 24



Abb. 25

**Abb. 23 Epiphyten sind „Aufsitzerpflanzen“**

Epiphyten (von griech. *epi* für „auf“ und *phyton* für „Pflanze“) nutzen andere Pflanzenkörper als Wuchsunterlage. An diese besondere Lebensform als „Aufsitzerpflanzen“ hat sich auch eine ganze Reihe von Moos- und Flechtenarten angepasst, aber auch einheimische Sproßpflanzen probieren gelegentlich die epiphytische Lebensweise. Hier wachsen auf dem Stamm einer alten Eberesche verschiedene Laubmoose gemeinsam mit jungen Farnpflanzen und Fichtensämlingen als Epiphyten.

**Abb. 24 *Usnea filipendula* – eine gegenüber Umwelteinflüssen sehr empfindliche Bartflechte**

Auch eine große Anzahl von Flechtenarten lebt epiphytisch. Gemeinsam mit Moosen besiedeln sie die Stämme und Äste von Gehölzen. Auch sie waren zum großen Teil durch unterschiedliche Luftschadstoffe geschädigt, vom Aussterben bedroht und teilweise ausgerottet worden. Mit dem Rückgang der Immissionen und der damit einhergehenden Verbesserung der Luftqualität begann auch eine allmähliche Wiederausbreitung verschollener Flechtenarten, darunter verschiedene Bartflechten der Gattung *Usnea*. Bartflechten zeigen somit die hohe Luftgüte ihrer Standorte an und eignen sich zur Bioindikation. Sie wachsen besonders in niederschlagsreichen, luftfeuchten und kühlen Regionen. Im sächsischen Raum findet man sie zum Beispiel in den Bergwäldern des Erzgebirges und des Vogtlandes in Baumkronen von Laub- und Nadelbäumen (vorwiegend Lärchen). Als Bewohner saurer, nährstoffarmer Rinden sind sie durch zunehmende Eutrophierung ihrer Umwelt erneut gefährdet.

**Abb. 25 Baumfällungen am Ufer der Zschopau bei Scharfenstein**

Für Epiphyten bilden Gehölze einen wichtigen biotischen Umweltfaktor. Durch Fällungen an Ufern, Straßenrändern und Heckensäumen werden, manchmal völlig unnötig, wertvolle Epiphytenträger vernichtet. Für Ufergehölze, Streuobstwiesen, Alleebäume und Hecken gelten klare naturschutzrechtliche Bestimmungen, die von Gemeinden, Straßenmeistereien, wasserwirtschaftlichen und landwirtschaftlichen Betrieben einzuhalten sind. Wenn sich solche Maßnahmen nicht verhindern lassen, sollten möglichst an gleicher Stelle neue Gehölze gepflanzt werden, ersatzweise auch an anderen geeigneten Orten.

Seit CHARLES DARWIN hat sich in vielen Bereichen der Biologie, zwar schrittweise, aber beständig zunehmend, der biologische Artbegriff durchgesetzt. Der biologische Spezies-Begriff kann wie folgt gefasst werden: „*Spezies sind Gruppen von sich miteinander fortpflanzenden Populationen, die reproduktiv von anderen solchen Gruppen isoliert sind. [...] eine neue Spezies muß infolge des Prozesses der Speziation reproduktiv isoliert sein; sie muß zudem über einen neuen stabilen, gut integrierten Genotyp verfügen und hat in den meisten Fällen eine artspezifische Nische besetzt.*“ (MAYR 1988: 206/207)

10 Jahre später präzierte E. MAYR den Inhalt des biologischen Artbegriffs noch durch einen Hinweis auf das erforderliche methodische Konzept: „*Danach ist eine Art eine Gruppe von sich miteinander fortpflanzenden Populationen, die reproduktiv (genetisch) durch physiologische oder Verhaltensbarrieren von anderen derartigen Gruppen isoliert ist. [...] Das Abgrenzen und Gruppieren von Arten anhand der Ähnlichkeit stellt dabei den ersten, das Überprüfen der Monophylie dieser Gruppen und ihrer genealogischen Anordnung den zweiten Schritt dar.*“ (MAYR 1998: 178/188)

Der wesentliche Vorzug dieses neuen Konzeptes liegt darin, dass zwei verschiedene Betrachtungsebenen zusammengeführt werden, die Ähnlichkeit und die Genealogie.

Nach MAYR blieb dieser Zwei-Kriterien-Ansatz der Darwinschen Klassifikation bis in die Mitte des 20. Jahrhunderts trotz einiger Inkonsequenzen die unangefochtene Methodik, wenn auch die Beurteilung der Genealogie oft noch auf wackeligen Füßen stand. Erst in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts, wohl als Konsequenz aus den erkannten Unzulänglichkeiten, kamen konkurrierende Artkonzepte auf, zunächst die Numerische Phänetik und danach die Kladifikation. Das Phylogenetische Artkonzept (= Kladifikation, Kladistik) verwendet nur ein Kriterium, die Genealogie. Es wird also nur die phylogenetische Analyse betrieben. Die Kladifikation (Kladistik, Hennigsche Systematik) ist für die phylogenetische Analyse wertvoll. Wie die Darwinsche Klassifikation betont auch die Kladistik die Beachtung des eigentlichen Grundes für die vorgenommene Klassifikation, nämlich den Nachweis der Monophylie. Probleme ergeben sich in der Kladistik aus Hennigs Konzept der Holophylie: Das Kladon ist die Stammart incl. aller Abkömmlinge; folglich werden beim Kladifizieren die Rangfolge der Taxa und das Ausmaß des evolutionären Wandels (Ähnlichkeit) nicht gebührend berücksichtigt. Die Numerische Phänetik verwendet ebenfalls nur ein Kriterium, die Ähnlichkeit; es wird also nur Merkmalsanalyse betrieben. Die Probleme liegen bei diesem Artkonzept darin, dass ungleiche Evolutionsraten bei verschiedenen Merkmalskomple-

nen nicht berücksichtigt werden und ebenfalls keine Methodik zur Bestimmung der Rangfolge der Taxa zur Anwendung kommt. Die neuen Schwierigkeiten bei der Anwendung dieser beiden modernen biologischen Artkonzepte bestehen in der Einseitigkeit und Überbewertung einzelner Kriterien. Auch andere Artkonzepte (Nominalistisches Artkonzept und Evolutionäres Artkonzept) führten zu keiner befriedigenden Lösung.

Die heutige Situation in der Bryologie hat FRAHM (2001: 25) im Zusammenhang mit der Artenzahl bei Moosen wie folgt charakterisiert: „Andererseits hängt die Artenzahl auch vom taxonomischen Konzept ab und dieses vom Zeitgeist. So wurden insbesondere im letzten Jahrhundert Farbmodifikationen und andere nicht genotypische Merkmale als Arten aufgefasst. Speziell in den letzten Jahrzehnten gab es eine kritische Phase mit breitem Artbegriff. Neuerdings sind wieder Tendenzen zur Aufspaltung und einer Verwässerung des Artbegriffs durch „morphs“ erkennbar.“

FRAHM (2001: 256) verdeutlichte an gleicher Stelle seine Sicht am Beispiel der neuen Moosart *Hypnum heseleri* ANDO & HIGUCHI: „Auf Grund der starken morphologischen Unterschiede und einem morphologischen, nicht genetischen Artkonzept folgend, wurde die Mutante jedoch als eigene Art (*Hypnum heseleri*) beschrieben (Ando & Higuchi 1994).“

Bei seinen populationsgenetischen Betrachtungen kommt FRAHM (2001: 260) zu folgendem Schluss: „Die infraspezifische genetische Variabilität ist bei Moosen hoch und durch Isoenzymanalysen belegbar. Mit ihr lassen sich standortbedingte und vegetationsgeschichtlich bedingte Populationsunterschiede belegen.“

Wenn man nach der Eignung unterschiedlicher Aspekte für das Klassifizieren von Moospflanzen fragt, müssen neben einem brauchbaren Artkonzept auch die Besonderheiten der natürlichen Existenz dieser Lebewesen beachtet werden: Moose weisen einen heterophasischen und heteromorphen Generationswechsel auf. Dabei folgt auf die haploide, autotrophe, sich sexuell vermehrende Generation des Gametophyten (grüne Moospflanze) die diploide Generation des Sporophyten, der sich asexuell fortpflanzt (Reduktionsteilung, Bildung haploider Sporen), zeitlebens mit dem Gametophyten verbunden bleibt und weitgehend von diesem ernährt wird. Nur bei den Hornmoosen (*Anthocerotophyta*) lebt der Sporophyt hauptsächlich autotroph; bei den Koboldmoosen (*Buxbaumia*) mit stark reduzierten Gametophyten besteht eine symbiontische Beziehung zu Mykorrhizapilzen im Boden; ihre Sporophyten sind phototroph und können assimilieren. Auf die Frage, welchen Anteil die Merkmale der Gametophyten und der Sporophyten bei der Klassifikation haben, kann man unterschiedlich argumentieren.

FRAHM (2001: 19) hatte die verschiedenen Betrachtungsebenen in zwei klaren Argumenten zusammengefasst: „Die Abgrenzung der Gattungen erfolgte seit Schimper im wesentlichen an Hand der Gametophyten. Dies folgt dem Postulat, dass es die Gametophyten sind, die den wesentlichen Teil der Moospflanze bilden und dass die Gametophyten direkt den ökologischen Standortbedingungen unterliegen und ihre Evolution von Standortanpassungen geprägt sind.“

Demgegenüber steht die Ansicht, dass die Peristommerkmale konservativer sind und daher Vorrang haben. Peristommerkmale entscheiden außerdem über die Effizienz der Sporenaussaat und damit über das Überleben der Art.“

Wichtig sind hierbei auch die folgenden evolutionsbiologischen Überlegungen: Wenn die Selektion an den Gametophyten (Haplonten!) erfolgt, kann jedes einzelne Gen, im Gefüge des Genoms, besser auf Umwelteignung geprüft werden. Als Ergebnis dieser scharfen Selektion stehen dann unterschiedlich überlebensfähige Gametophyten-Individuen, die zusätzlich durch zufällige Ereignisse, unabhängig von Anpassungsmerkmalen, weiter dezimiert oder gefördert werden können. Jeder positive oder negative Einfluss eines Gens wird sich also im Zusammenwirken mit den anderen Genen auf die Fitness der einzelnen Moospflanzen auswirken können. Das kann zu Verlusten, aber auch zur Förderung günstiger Varianten führen und so die genetische Zusammensetzung von Populationen verändern. Da der diploide Sporophyt durch Befruchtung, d.h. durch Neukombination von Genen aus den haploiden Gametophyten entsteht und weiterhin vom angepassten Gametophyten abhängig bleibt, ist die nun wirkende Selektion auf die Abläufe der Sporenbildung (Rekombination der Gene bei der Meiose auf die große Zahl der haploiden Sporen) und die sich anschließenden Selektionsmechanismen bei der Sporenaussaat gerichtet. Die Entwicklung der neuen Moosgeneration verläuft nach der Sporenaussaat wie folgt weiter: Durch die folgenden mitotischen Teilungen entstehen das haploide Protonema und danach wieder ein haploider Gametophyt, deren Genome einer erneuten Selektion unterworfen sind. Frühe somatische Mutationen an diesen Haplonten können weitere phänotypische Veränderungen bewirken. Bei relativ konstanter Umwelt kommt es zur Einnischung vieler spezialisierter Arten. Bei raschem Wechsel der Umweltbedingungen, unter anderem auch durch anthropogene Faktoren, kann es zum Erlöschen von Populationen kommen und ein Florenwandel initiiert werden. Die oben aufgeworfene Frage, ob die Merkmale des Gametophyten oder jene des Sporophyten für die Klassifikation wesentlicher sind, muss dahingehend beantwortet werden, dass die jeweils an ganzen Individuen (Phänotypen) ansetzende Selektion alle Lebesenseigenschaften bewertet, also die Überlebensfähigkeit der Individuen ebenso wie deren Fortpflanzungsmöglichkeit. Die Sporophytenmerkmale sind allerdings beständiger gegenüber Umweltveränderungen und eignen sich somit besser zur Bestimmung und systematischen Einordnung.

Die Begründung von Systemen der Moose auf der Basis von Peristommerkmalen hat eine lange Tradition. Nachdem PHILIBERT gegen Ende des 19. Jahrhunderts die verschiedenen Peristomtypen zytologisch bearbeitet und klassifiziert hatte (nematodont und arthrodont; die letzteren unterteilt in haplolepide und diplolepide Peristome) entwickelte FLEISCHER (1861-1930) auf dessen Erkenntnissen ein neues System der Laubmoose. Es wurde später von BRÖTHERUS (1925) übernommen und hat sich bis heute grundsätzlich gehalten. Durch Entwicklung spezieller Peristomformeln (EDWARDS 1979, 1984) wurde die Klassifikation weiter präzisiert. Ausführlicher hat FRAHM (2001: 18/19 u. 89-96) über die Geschichte der Klassifikation der Laubmoose berichtet.

LEWINSKY revidierte 1993 die weltweit verbreitete Gattung *Orthotrichum*, wobei sie 116 Arten und 11 Varietäten in 7 Subgenera aufteilte, wovon zwei (*Gymnoporus* und *Pulchella*) weiter in Sectionen unterteilt sind. Mit drei Sectionen ist das Subgenus *Pulchella* am reichsten gegliedert: Die Section *Pulchella* mit 14 Arten (hierher gehören *Orthotrichum pulchellum*, *O. consimile* und *O. scanicum*), die Section *Rivularia* mit 2 Arten (*Orthotrichum rivulare* und *O. sprucei*) und die Section *Diaphana* mit 29 Arten (hierzu zählen neben *Orthotrichum diaphanum* auch die Arten *O. pallens*, *O. pumilum*, *O. patens*, *O. stramineum*, *O. tenellum* und *O. rogeri*). Zur Klassifikation der Gattung *Orthotrichum* hatte LEWINSKY (1993: 43) auf der Grundlage von Sporophytenmerkmalen ein Kladogramm erstellt. Auf die besondere taxonomische Eignung von stabilen spezifischen Merkmalen hatte sie ausdrücklich hingewiesen: „*The evolutionary diagram of Orthotrichum presented below in thus to a great extent based on sporophytic characters, since in some of their based features (e. g. cell divisions, ornamentation, connecting membrane) they seem to be more conservative and maybe also less influenced by changes in the environments than are gametophytic characters.*“

Von LEWINSKY (1993) stammen neben dem aussagekräftigen Kladogramm des Genus *Orthotrichum* auch Feststellungen zur weltweiten Verbreitung und Vermutungen über den zeitlichen Ablauf der Evolution dieser Gattung. Dazu hat sie die Daten aus Verbreitungskarten der *Orthotrichum*-Arten, unter Beachtung des endemischen Vorkommens, zusammen mit den Resultaten anatomisch-morphologischer und zytologischer Vergleiche ausgewertet. Sie erarbeitete mit dem Rüstzeug der Kladistik unter Verwertung biogeographischer Erkenntnisse einen Überblick über den möglichen evolutionären Wandel innerhalb der Gattung und die verwandtschaftlichen Beziehungen zwischen den einzelnen Arten. LEWINSKY weist dabei auf interessante Korrelationen zwischen der Chromosomenanzahl und morphologischen Merkmalen hin: Mit der Chromosomenzahl  $n=6$  korrelieren häufig phaneropore Stomata in der Sporenkapselwand und langgestreckte, dickwandige knotige Zellen in der Blattbasis. Mit der Chromosomenzahl  $n=11$  korrelieren dagegen kryptopore Stomata und rektanguläre, hyaline, dünnwandige Basalzellen der Blätter. Außer den beiden häufig auftretenden Chromosomenzahlen  $n=6$  und  $n=11$  kommen bei anderen *Orthotrichum*-Arten die Zahlen  $n=13$  (*Orthotrichum stramineum*) und  $n=21$  bzw. 22 (*Orthotrichum patens*) oder weitere von den Grundzahlen ableitbare Werte vor (7, 12, 18, 22).

Ein Vergleich der unterschiedlichen Chromosomenzahlen legt die Vermutung nahe, dass es während der Evolution der Orthotrichen u.a. zu verschiedenen Chromosomen-Mutationen, zum Beispiel zum Verlust oder zur Verwachsung einzelner Chromosomen, aber auch zu Vervielfachungen unterschiedlicher Art gekommen ist. LEWINSKY (1993: 35/36) beurteilt entsprechend die Chromosomenzahl  $n=6$  als „plesiotypic“ (plesiomorph, ursprünglich) und  $n=11$  als „apotypic“ (apomorph, abgeleitet). Für die Gattung *Orthotrichum* unterscheidet LEWINSKY (1993) die folgenden Merkmale unter „apotypischen“ bzw. „plesiotypischen“ Aspekt (Übersetzung und Anordnung in einer Tabelle: E. SEIFERT):

**Tabelle 3** Ursprüngliche und abgeleitete Merkmale bei Arten der Gattung *Orthotrichum*

Merkmal	plesiotypic	apotypic
Geschlechtsverhältnisse	diözisch	autözisch
Chromosomenzahl	$n = 6$	$n = 11$
Habitat	epiphytisch	epilithisch
Spaltöffnungen	phaneropor	kryptopor
Peristom-Orientierung	zurückgebogen oder zurückgeschlagen	aufrecht oder spreizend
Verbindungsmembran	vorhanden	nicht vorhanden
Endostom-Segmente	gut entwickelt glatt frei papillös an der Außenseite	reduziert gekielt an der Spitze verbunden glatt
IPL-Teilungen (IPL = innere Peristomzellschicht)	symmetrisch	asymmetrisch oder sekundär symmetrisch

Prostom (Vorperistom)	vorhanden	nicht vorhanden
Sporen	klein	groß
Blatt-Ornamentierung (Papillen)	mit einfachen, niedrigen Papillen	mit hohen, verzweigten Papillen
Blattspitze	spitz bis zugespitzt	gezähnt, haarförmig, abrupt endend, kanalförmig
Gestalt der trockenen Blätter	aufrecht, gerade	gebogen, gedreht
Farbe der Blätter	grün	schwärzlich
Kalyptra	nackt	behaart
Kapselwand (trocken)	stark gefurcht	glatt oder wenig gefurcht
Zellen rings der Spaltöffnungen	linear orientiert	radiär orientiert
Gemmen	fehlen	vorhanden

Gegenwärtig wird durch die elektronenmikroskopische Untersuchung räumlicher Feinstrukturen, z.B. die Ornamentierung der Außen- und Innenseiten der Zähne und Segmente des Peristoms, die morphologische Unterscheidung von Sippen weiter vorangetrieben. Damit erhalten zwar auch die Anhänger eines morphologisch-typologischen Artkonzepts zusätzliche Argumente; gleichzeitig kann aber mit Hilfe der Kladistik, die streng zwischen ursprünglichen (plesiomorphen) und abgeleiteten (apomorphen) Merkmalen unterscheidet, die phylogenetische Analyse vorangetrieben werden. Das führt zu einer weiteren Stärkung des biologischen Artkonzeptes. Durch die zusätzliche Nutzung verschiedener biochemischer und molekularbiologischer Methoden, aber auch der vollständigeren Erfassung der Variabilität von Arten und der Auswertung von Hybridisierungsexperimenten, wird künftig in der Taxonomie der Moose ein vollständiger Übergang zum biologischen Artkonzept (E. MAYR) möglich werden.

Von GOFFINET & VITT (1998) wird zum Beispiel eine neue, kommentierte Klassifikation der Orthotrichaceae vorgestellt, „based on a molecular phylogeny and comparative morphology“.

Sie nutzten neben Daten der vergleichenden Morphologie auch Nukleotidsequenzen des Chloroplasten-Gens *rbcl*. GOFFINET & VITT teilen mit, dass „several genera of the Orthotrichaceae represent para- or polyphyletic assemblages“ und vertreten den Standpunkt, dass die Gattungen *Amphidium* und *Drummondia* aus der Familie der Orthotrichaceae herausgelöst werden sollten. Die beiden Unterfamilien *Orthotrichoideae* und *Zygodontoideae* werden als eine monophyletische Gruppe angesehen, wohingegen die Unterfamilie *Macromitrioideae* stammesgeschichtlich als mit jenen weniger nahe verwandt betrachtet wird. Dem hypothetischen Vorfahren („ancestor“) der Orthotrichaceae sprechen GOFFINET & VITT (1998: 146) die folgende Merkmalskombination zu:

- 1) dickwandige und glatte Laminazellen, unterschieden in untere rektanguläre Zellen und obere isodiametrische Zellen.
- 2) am Stengelende stehende (terminale) Perichaetien.
- 3) ein diplolepides Peristom mit einem Exostom, das aus 16 freien Zähnen zusammengesetzt ist, welche stärker bedeckt sind auf dem OPL als auf dem PPL, ein aus 16 Segmenten zusammengesetztes Endostom als Ergebnis von symmetrischen Teilungen und in alternierender Lage zu den Zähnen.

LEWINSKY (1993: 48) schloss ihre „Monographic studies on *Orthotrichum*“ mit einem bemerkenswerten Gedanken ab: „Changes will occur in the course of history and new patterns evolve. Moreover, speciation has not come to an end either, which is shown by the existence of such polymorphic species as e. g. *O. hookeri*, *O. pallens*, *O. rupestre* and *O. tasmanicum* to mention just a few.“

Damit beendete sie eine beeindruckende taxonomische und phylogenetische Untersuchung der weltweit verbreiteten artenreichen Gattung *Orthotrichum*. Das Ergebnis der genealogischen Analyse stellte sie in einem Kladogramm dar. Dort findet sich, neben 6 weiteren Subgenera, das Subgenus *Pulchella* mit drei Sectionen, darunter die Section *Diaphana*, zu der eine große Zahl der heimischen epiphytischen *Orthotrichum*-Arten mit einer Chromosomenzahl von  $n=11$  (12,13, 21, 22), kryptoporen Stomata und mehr oder weniger eingesenkten Sporogonen gehört: *Orthotrichum alpestre*, *O. diaphanum*, *O. pallens*, *O. patens*, *O. pumilum*, *O. rogeri*, *O. stellatum*, *O. stramineum* und *Orthotrichum tenellum*. Die Trennung der Arten erfolgt hauptsächlich durch spezifische Merkmale des Peristoms und der Ausprägung und Lage der Stomata; zusätzlich werden die Sporengröße und bestimmte Blattmerkmale (Form, Ausbildung der Blattspitze, Zellnetz) herangezogen, wobei die Merkmalsausprägung des Gametophyten stärker durch Veränderungen der Umwelt beeinflusst wird als die des Sporophyten.

Abschließend sei ausdrücklich darauf hingewiesen, dass Moose auch künftig nach einem möglichst übersichtlichen, kurzen und auf gut erkennbaren Merkmalen basierenden System bestimmt werden sollten; auch wenn der Schlüssel weiterhin ein „künstliches“ System repräsentiert. Der dichotome Schlüssel funktioniert zwar nach einem der Kladistik ähnlichen

Prinzip; es werden aber nur teilweise solche Merkmale eingesetzt, die die tatsächlichen Verwandtschaftsverhältnisse widerspiegeln. Im Gegensatz dazu wird aber die Klassifikation im natürlichen System grundsätzlich nach dem Abstammungsprinzip durchgeführt. Allerdings sollten die vorhandenen und die noch zu erwartenden evolutionsbiologischen und taxonomischen Erkenntnisse stärker als bisher die Artvorstellungen der Bryologen beeinflussen. Das hätte dann auch Auswirkungen auf die Abgrenzung und die Verschlüsselung von Arten.

## Dank

Die von mir langfristig und systematisch betriebene Kartierung von Moos-Epiphyten im Erzgebirge wurde auf unterschiedliche Weise wirkungsvoll unterstützt. So bekam ich wertvolle Hilfe beim Bestimmen schwieriger Arten durch Herrn Dr. LUDWIG MEINUNGER, Frau WIBKE SCHRÖDER (beide Ludwigstadt) und Herrn Dr. FRANK MÜLLER (Dresden). Sie überprüften eine ganze Reihe von Belegen. Herr ALFONS SCHÄFER-VERWIMP (Herdwangen-Schönach) überprüfte als Spezialist für seltene *Orthotrichum*-Arten ebenfalls einige Belege.

Dass ich relativ zeitig die ersten Beobachtungsergebnisse veröffentlichen konnte, verdanke ich auch der Bereitschaft von Herrn Prof. Dr. JAN-PETER FRAHM (Bonn), der meine Beiträge für die „LIMPRICHTIA“, zusätzlich neben Herrn Dr. FRANK MÜLLER, begutachtete.

Große Unterstützung erhielt ich von Herrn JENS NIXDORF (Scharfenstein). Er hat mich oft auf interessante Fundorte aufmerksam gemacht und mir die von ihm eingesammelten Fundproben zur Verfügung gestellt. Herr SIEGFRIED BIEDERMANN (Lauterbach) hat mich häufig zur Diskussion problematischer Fälle angeregt. Aus vielen Gesprächen über spezielle Kryptogamen und über Probleme des Natur- und Heimatschutzes mit den Herren BIEDERMANN, NIXDORF, und BALDAUF (Pockau) erhielt ich wertvolle Anregungen für eine kontinuierliche Arbeit.

Besonders in den letzten Jahren hat mich meine Frau AGATHE auf vielen Wanderungen und Exkursionen begleitet. Sie hat mir dabei durch so manche Handreichung geholfen und uns den gemeinsamen Gang durch die heimatliche Natur zusätzlich angenehmer gemacht. Allen Genannten möchte ich meinen herzlichen Dank aussprechen.

Vielleicht haben auch sie alle etwas davon gespürt, was uns die „scientia amabilis“ zusätzlich zum eigentlichen Arbeitsergebnis schenken kann. Der viel gerühmte und viel gescholtene MÜLLER HALENSIS hat es in treffenden Worten zum Ausdruck gebracht: „Das Höchste, was die Wissenschaft zu verleihen vermag, ein glückliches Selbstvergessen in den Widerwärtigkeiten des Lebens und eine gehobene Seelenstimmung auch unter dem Drucke dieser Leiden, das hat sie ihm reichlich geschenkt, und so hatte er für alle seine Mühen und Opfer, die er der „scientia amabilis“ brachte, doch einen Gewinn, welcher gerade so groß ist, wie der Verlust dessen, was er in seinem langen Leben sauer erwerben musste.“

(KARL MÜLLER, Verfasser der Synopsis muscorum frondosorum (1851) in seinem Nekrolog auf ERNST HAMPE, 1881)

## Literatur

Vom gleichen Autor erschien im November 2009 eine umfangreiche Arbeit über „Epiphytische Moose im Erzgebirge (1997-2008)“. Eine gekürzte Druckversion liegt als Heft 8 der Reihe „Spezial“ vor (Hrsg.: Zweckverband Naturpark Erzgebirge/Vogtland). Dort werden auch verschiedene Themen des Umwelt- und Naturschutzes dargestellt wie die Bedeutung wechselnder Schadstoffimmissionen und der Klimawandel, Bioindikation und Biomonitoring, Epiphytenschutz und Rote Listen der Moose. Der vollständige Text dieser Arbeit befindet sich auf einer dem Heft „Spezial 8“ beiliegenden CD.

- AICHELE, D. & SCHWEGLER, H.W. (1993): Unsere Moos- und Farnpflanzen; Stuttgart (Franckh-Kosmos).
- ANDO, H. & HIGUCHI, M. (1994): *Hypnum heseleri* sp. nov. (Hypnaceae), a curious new Moss from Europe. – J. Hattori Bot. Lab., **75**: 97-105.
- FRAHM, J.-P. (1990): Mysteriöses Moos im Saarland. – Bryologische Rundbriefe No. 2.
- FRAHM, J.-P. (1999): Mysteriöses Moos im Schwarzwald. – Bryologische Rundbriefe No. 29.
- FRAHM, J.-P. (2000): *Hypnum heseleri* ein zweites Mal in Deutschland gefunden. – Bryologische Rundbriefe, No. 39.
- FRAHM, J.-P. (2001): Biologie der Moose; Heidelberg, Berlin (Spektrum).
- FRAHM, J.-P. & EGGERS, J. (2001): Lexikon deutschsprachiger Bryologen; Norderstedt (BoD).
- GOFFINET, B. & VITT, D.H. (1998): Revised generic classification of the Orthotrichaceae based on a molecular phylogeny and comparative morphology. – In: BATES, J.W.; ASHTON, N.W. & DUCKETT, J.G. (eds.), Bryol. Twenty-first Cent., S. 143-159.
- HAMPE, E. (1873): Flora Hercynica, (Reprint 1995).
- KREMER, B.P. & MUHLE, H. (1991): Flechten, Moose, Farne; München (Mosaik-Verlag).

- LARA, F.; GARILETTI, R. & MAZIMPAKA, V. (2000): *Orthotrichum hispanicum* sp. nov. (Bryopsida, Oerthotrichaceae), from eastern Spain. – *Journal of Bryology*, **22**: 263-267.
- LARA, F.; GARILETTI, R.; MEDINA, R. & MAZIMPAKA, V. (2009): A new key to the genus *Orthotrichum* Hedw. in Europe and the Mediterranean Region. In: *Cryptogamie, Bryologie*, 30 (1): 129-142.
- LEWINSKY, J. (1993): Monographic studies on *Orthotrichum* (Musci): A synopsis of the genus *Orthotrichum* Hedw. (Musci, Orthotrichaceae). – *Bryobrothera*, **2**: 1-59; Helsinki (Bot. Mus.).
- LEWINSKY, J. (1995): Illustrierter Bestimmungsschlüssel zu den europäischen *Orthotrichum*-Arten. – *Meylania*, Sondernummer, Nr. 9.
- LEWINSKY, J. (1998): Orthotrichales. In: NYHOLM, E.: *Illustrated flora of nordic mosses*. Fasc. **4**: 373-404.
- MAYR, E. (1988): *Eine neue Philosophie der Biologie*; München-Zürich (Pieper).
- MAYR, E. (1998): *Das ist Biologie*; Heidelberg, Berlin (Spektrum).
- MAZIMPAKA, V.; LARA, F.; GARILETTI, R.; INFANTE, M. & HERAS, P. (1999): *Orthotrichum casasianum*, a new epiphytic moss from humid forests of Northern Spain. – *Journal of Bryology*, **21**: 47-53.
- MEINUNGER, L. & SCHRÖDER, W. (2007): *Verbreitungsatlas der Moose Deutschlands*, Bd. 1-3; Regensburg (Reg. Bot. Ges.).
- MIGULA, W. (1904): *Kryptogamen-Flora von Deutschland, Deutsch-Österreich und der Schweiz*. Band 1: Moose; Gera (Fr. v. Zezschwitz Bot. Verl.).
- MÖNKEMEYER, W. (1927): *Die Laubmoose Europas*; Leipzig (Akademische Verlagsgesellschaft).
- MÜLLER, F. & BORSODORF, W. (1991): *Rote Liste der Moose Sachsens*; Inst. Landschaftsforsch. Natursch., AG Dresden.
- MÜLLER, F. (1998): *Rote Liste der Moose Sachsens*. Materialien zu Naturschutz u. Landschaftspflege, Freistaat Sachsen (Landesamt für Umwelt und Geologie)
- MÜLLER, F. (2004): *Verbreitungsatlas der Moose Sachsens*. 309 S.; Tauer (Lutra).
- MÜLLER, F. (2008): *Rote Liste der Moose Sachsens*. Naturschutz u. Landschaftspflege, Freistaat Sachsen (Landesamt für Umwelt und Geologie).
- MÜLLER, F. & OTTE, V. (2008): *Verzeichnis und Rote Liste der Moos- und Flechtengesellschaften Sachsens*. Naturschutz u. Landschaftspflege, Freistaat Sachsen (Landesamt für Umwelt und Geologie).
- MÜLLER, K. (1853): *Deutschlands Moose oder Anleitung zur Kenntnis der Laubmoose Deutschlands, der Schweiz, der Niederlande und Dänemarks*. Halle (Schwetschke'scher Verlag).
- MÜLLER, K. (1906-1916): *Die Lebermoose Deutschlands, Oesterreichs und der Schweiz*. Leipzig (Eduard Kummer).
- PLASEK, V.; SAWICKI, J.; TRAVNICKOVA, V. & PASECNA, M. (2009): *Orthotrichum moravicum* (Orthotrichaceae), a new moss species from the Czech Republic. – *The Bryologist*, **112** (2): 329-336.
- NEBEL, M. & PHILIPPI, G. (Hrsg.) (2000, 2001 u. 2005): *Die Moose Baden-Württembergs*. Band 1-3; Stuttgart (Ulmer).
- PLUIJM, A. (2004): *Species of Orthotrichum new to the Netherlands*. – *Lindbergia*, **29**: 17-32.
- RABENHORST, L. (1863): *Kryptogamen-Flora von Sachsen, der Ober-Lausitz, Thüringen und Nord-Böhmen*. Leipzig (Eduard Kummer).
- RIEHMER, E. (1926): *Die Laubmoose Sachsens*. 1. Hälfte. – *Sitzungsber. Abh. Naturwiss. Ges. Isis Dresden*, Jahrg. 1925: 24-72.
- RIEHMER, E. (1927): *Die Laubmoose Sachsens*. 2. Hälfte. – *Sitzungsber. Abh. Naturwiss. Ges. Isis Dresden*, Jahrg. 1926: 17-95.
- SCHÄFER-VERWIMP, A. (1995): *Erstnachweis von Orthotrichum rogeri für Südwestdeutschland*. – *Herzogia*, **11**: 81-92.
- SEIFERT, E. & NIXDORF, J. (2002): *Beobachtungen zum Vorkommen epiphytischer Moose im Erzgebirge*. – *Limprichtia*, **20**: 151-166.
- SEIFERT, E. (2003): *Beobachtungen zum Vorkommen epiphytischer Moose (Teil 2)*. – *Limprichtia*, **22**: 157-176.
- SEIFERT, E. (2005): *Beobachtungen zum Vorkommen epiphytischer Moose im Erzgebirgsvorland*. – *Limprichtia*, **26**: 119-145.
- SEIFERT, E. (2004): *Epiphyten im Wandel. Zum Vorkommen epiphytischer Moose im Erzgebirge*. – *Beiträge zum Naturschutz im Mittleren Erzgebirgskreis*, **3**: 77-86.
- SMITH, A.J.E. (1978): *The Moss Flora of Britain & Ireland*. Cambridge (University Press).

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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Veröffentlichungen des Museums für Naturkunde Chemnitz](#)

Jahr/Year: 2009

Band/Volume: [32](#)

Autor(en)/Author(s): Seifert Erhard

Artikel/Article: [Bemerkenswerte Funde epiphytischer Moose im Erzgebirge im vergangenen Jahrzehnt \(2000-2009\) – praktische und theoretische Probleme der Artbestimmung 55-92](#)