© Verlag Alexander Just, Dorfbeuern - Salzburg - Brüssel; download unter www.biologiezentrum.at

Sauteria 15, 2008 Festschrift zu Ehren von Volkmar WIRTH 529-543

Veränderungen der epiphytischen Moos- und Flechtenflora im Nationalpark „Sächsische Schweiz" Ergebnisse von Dauerbeobachtungsflächen von 1999 bis 2005

Changes in the epiphytic bryophyte and lichen flora in the national park "Sächsische Schweiz" Results from permanent observation plots from 1999 till 2005

K.M. STETZKA & C. WERTHSCHÜTZ

Schlagwörter: Dauerbeobachtungsflächen, Moose, Flechten, Nationalpark „Sächsische Schweiz", Luftverunreinigungen, Eutrophierungszeiger, *Trentepohlia.*

Key words: permanent observation plots, bryophytes, lichens, national park "Sächsische Schweiz", air pollution, indicators of eutrophication, *Trentepohlia.*

Zusammenfassung: Die Ergebnisse der Wiederholungskartierung epiphytischer Moose und Flechten auf Dauerbeobachtungsflächen im Nationalpark „Sächsische Schweiz" werden vorgestellt. Die SO_2-Immissionen sind im Untersuchungsgebiet weiter zurückgegangen. Die Stickstoff-Einträge liegen auf niedrigem Niveau. Vergleichende Rinden-pH-Wert-Messungen ergaben einen Anstieg von knapp einer Einheit.

Zu den weggefallenen Arten zählen sowohl empfindliche als auch toxitolerante Arten. Eutrophierungszeiger sind auf den Flächen nicht mehr vorhanden.

Während *Lecanora conizaeoides* als Acidophyt seine Deckung stark reduziert hat, konnte bei *Hypnum cupressiforme* und epiphytischen *Trentepohlia*-Algen eine Zunahme festgestellt werden.

Die neu nachgewiesen Arten *Evernia prunastri* und *Pertusaria amara* weisen eine mittlere Toxitoleranz gegenüber SO_2 auf und tolerieren nur eine geringe Eutrophierung.

© Verlag Alexander Just: Dorfbauern - Salzburg - Bucerat - in Kommission bei Verlag Alexander Just

Summary: The results of the repeated mapping of epiphytic bryophytes and lichens in permanent observation plots in the national park "Sächsische Schweiz" are presented.
SO_2 air pollution has decreased further in the research area. Airborne nutrients are still on a low level. Bark pH-values have been rising by one unit.
The omitted species belong to toxi-intolerant as well as toxi-tolerant species respectively. There are no indicators of eutrophication left in the plots.
While *Lecanora conizaeoides* as an acidophyt declined, the dominance of *Hypnum cupressiforme* and epiphytic *Trentepohlia*-algae increased.
The new recorded species *Evernia prunastri* und *Pertusaria amara* indicate intermediate toxitolerance against SO_2 and low eutrophication levels.

Einleitung

Die vor den Toren der Stadt Dresden (Sachsen) gelegene einmalige Erosionslandschaft des Elbsandsteingebirges, in welcher der 1990 gegründete Nationalpark „Sächsische Schweiz" eingebettet liegt, ist vielen Botanikern auf Grund des Vorkommens von botanischen Seltenheiten bekannt. Viele dieser Kleinode, wie z.B. der Englische Hautfarn *Hymenophyllum tunbrigense* oder die Lungenflechte *Lobaria pulmonaria* sind schon jahrzehntelang - nicht zuletzt wegen übermäßiger Sammeltätigkeit - ausgestorben. Andere, wie die hier epilithisch wachsende Wolfsflechte *Letharia vulpina*, sind infolge der „Geheimhaltung" des Standortes auch heute noch vorhanden. Hauptursache für den Rückgang der Moos- und Flechtenflora war in Sachsen aber die über Jahrzehnte anhaltende vergleichsweise sehr hohe Immissionsbelastung durch SO_2 und die damit verbundene Versauerung der Substrate. Von diesem Artenrückgang besonders betroffen waren die epiphytischen Arten. In weiten Teilen des Landes herrschte eine fast vollständige so genannte „Epiphytenwüste", allein die hoch säuretolerante Krustenflechte *Lecanora conizaeoides* konnte den Gegebenheiten trotzen. Die in anderen Bundesländern häufige Strauchflechte *Evernia prunastri* war in Sachsen bis Mitte der 90er Jahre des vergangenen Jahrhunderts verschollen, von *Xanthoria parietina* waren landesweit nur ca. 10 Fundpunkte belegt und *Hypogymnia physodes* als „Gefährdet" eingestuft (GNÜCHTEL 1996). An Gebieten, die noch eine nennenswerte Epiphytenvegetation in Sachsen aufwiesen, seien das Vogtland, das Westerzgebirge, die Lausitz und die Sächsische Schweiz genannt. Um einen Überblick zu erhalten, welche Arten die jahrzehntelang andauernden Immissionen überlebt haben, wurde im Jahre 1999 im Gebiet des Nationalparks „Sächsische Schweiz" eine Inventur der epiphytischen Moos- und Flechtenflora durchgeführt (KAMPRAD & STETZKA 2002). Am epiphytenreichsten erwiesen sich die tiefen Schluchten des Polenztals, die Kirnitzschtalstraße, das Kirnitzschtal und die Kirnitzschklamm. Es konnten 84 Moose und 62 Flechten nachgewiesen werden. Zeitgleich wurden 28 Dauerbeobachtungsflächen (DBF) angelegt, um zu einem späteren Zeitpunkt die Entwicklung bzw. Dynamik von Epiphytenbeständen sowie eventuelle Erholungstendenzen dokumentieren zu können. In

© Verlag Alexander Just: Dorfbeuern - Salzburg - Brüssel; download unter www.biologiezentrum.at
der vorliegenden Arbeit werden die Ergebnisse der ersten Wiederholungskartierung der DBF 2005 vorgestellt.

Untersuchungsgebiet

Der Nationalpark „Sächsische Schweiz" ist mit einer Fläche von 93 km² vergleichsweise klein. Er besteht aus zwei räumlich getrennten Arealen im östlichen Teil des Elbsandsteingebirges, der Vorderen und der Hinteren Sächsischen Schweiz. Die Geländehöhen reichen von 120 m u. NN (Elbspiegel) bis 552 m ü. NN (Großer Winterberg). Als Grundgestein dominiert flächenmäßig der Sandstein, gefolgt von Granodiorit und Granit. Für die Hintere Sächsische Schweiz sind außerdem örtlich auftretende Basaltdurchbrüche charakteristisch.

Das Großklima im Nationalpark kann als Übergang zwischen dem subatlantischen und subkontinentalen Klima bezeichnet werden. Innerhalb des Gebietes treten deutliche klimatische Unterschiede auf. So weist das Elbtal eine jährliche Durchschnittstemperatur von 8-9° C bei einem Jahresniederschlag von 600–700 mm auf. In der Hinteren Sächsischen Schweiz ist es mit Durchschnittswerten von 6,9° C und knapp 900 mm wesentlich kühler und feuchter. Für das (ehemals) reiche Vorkommen von epiphytischen Moosen und Flechten ist aber das Eigenklima der Schluchten, Gründe und Täler, dass so genannte „Kellerklima", von besonderer Bedeutung. Im Gegensatz zu windoffenen Ebenheiten findet sich hier ganzjährig geringe Sonneneinstrahlung, minimale Luftbewegung und eine geringe Ausstrahlung. Im Sommer herrscht hier ein feuchtkühles und im Winter ein vergleichsweise mildes Klima (BEER et al. 2001).

Über viele Jahrzehnte zählten das Erzgebirge und das Gebiet der Sächsischen Schweiz als Grenzregion zwischen Deutschland, Polen und Tschechien zu den europaweit am stärksten mit SO_2 belasteten Gebieten („Schwarzes Dreieck"). Während in den Jahren 1989 und 1990 im Gebiet der Sächsischen Schweiz (Messstation Bad Schandau) noch Jahresmittelwerte von knapp 100 µg SO_2/m^3 gemessen wurden, lag zur gleichen Zeit der Wert im Bayerischen Wald bei nur noch 10 µg SO_2/m^3 (MACHER 1992). Seit Anfang der 90er Jahre verringerte sich die SO_2-Konzentration im Untersuchungsgebiet aufgrund von Rauchgasentschwefelung der Großfeuerungsanlagen, dem Einsatz umweltfreundlicherer Brennstoffe oder Betriebsstilllegungen. Die aktuellen SO_2-Konzentrationen liegen heute (Messstation Mittelndorf) bei unter 10 µg SO_2/m^3 und somit deutlich unter dem kritischen Konzentrationswert (critical level) von 20 µg/m³. Bei den Stickstoffverbindungen ist bei NO eine nahezu konstante Konzentration von 2 µg/m³ gemessen worden, bei den NO_2-Einträgen konnte in den vergangen Jahren sogar eine Abnahme festgestellt werden. Sie liegen nach Informationen des Sächsischen Landesamtes für Umwelt und Geologie heute bei ca. 14 µg/m³.

Die angeführten Messwerte wurden wie angegeben an den Messstationen Bad Schandau bzw. Mittelndorf, also außerhalb der Schluchten, erhoben. Die

© Verlag Alexander Just: Dorfbeuern - Salzburg - Download unter www.biologiezentrum.at

Schluchten sind weitgehend vom direkten Einfluss der Immissionen abgeschirmt, je nach Wetterlage können aber auch Schadstoffe in diese Gebiete gelangen.

Die Sächsische Schweiz zählt sowohl historisch als auch gegenwärtig zu den lichenologisch und bryologisch am besten durchforschten Naturräumen Sachsens (MÜLLER 1996). Erste Angaben finden sich bereits bei FICINUS & SCHUBERT (1823). Namhafte Lichenologen und Bryologen wie HÜBNER, RABENHORST, STOLLE, SCHADE und RIEHMER wirkten hier. Eine Zusammenstellung der bisher veröffentlichten Funde von epiphytischen Moosen und Flechten ist KAMPRAD & STETZKA (2002) zu entnehmen.

Methoden

Die 1999 angelegten 28 DBF (KAMPRAD & STETZKA 2002) wurden im Jahr 2005 erneut aufgesucht. Bei der Referenzaufnahme 1999 wurden v. a. Trägerbäume mit in Sachsen seltenen Epiphyten gewählt. Die Phorophyten stehen alle entlang von Waldstraßen bzw. Waldwegen, die Lage der DBF am Stamm orientiert sich am Vorkommen der Epiphyten. Bei der aktuellen Aufnahme stellte sich heraus, dass 14 der ursprünglich 28 DBF nicht wieder aufzufinden waren. Einerseits fielen Bäume durch Sturmwurf aus, andererseits sind eine Reihe von Bäumen im Zuge von Straßenbauarbeiten gefällt worden. Um auch zukünftig die Entwicklung des Epiphytenbewuchses dokumentieren zu können, wurden im Bereich des Kleinen und Großen Zschand sechs neue DBF angelegt (WERTHSCHÜTZ 2007). Alle DBF haben eine Größe von15cm x 20cm und sind an allen vier Eckpunkten mit je einem Reißnagel gekennzeichnet. In der Mitte der unteren Kante wurde mit Hilfe einer Stahlschraube eine Plastikplakette mit der eingravierten Nummerierung angebracht. Jede DBF wurde photographisch dokumentiert. Über jede DBF wurde eine transparente DIN A4 Folie gelegt und die Umrisse der Moospolster und der Flechtenthalli im Maßstab 1:1 abgezeichnet. Die einzelnen Arten wurden mit unterschiedlicher Schraffur dargestellt. Darüber hinaus wurden alle außerhalb der DBF vorkommenden Arten bis Reichhöhe gesondert vermerkt. Die im Gelände angefertigten Folien wurden nochmals auf Folie per Hand im Maßstab 1:1 sauber übertragen und dann digitalisiert. Die Berechnung der Polster- und Thallusgrößen sowie deren prozentualer Anteil an der Gesamtgröße der DBF erfolgte mit dem Programm „Flechtenanalyse", welches in der Veröffentlichung „Flächenbestimmung von Flechten zur ökologischen Langzeitbeobachtung" (KIRSCHBAUM et al. 2002) detailliert beschrieben ist. Bei inniger Mischung von zwei oder mehren Arten wurde ein gleicher Mischungsanteil angenommen. Die Nomenklatur der Moose folgt KOPERSKI et al. (2000) die der Flechten WIRTH et al. (2008). Zum Zwecke der pH-Wert-Bestimmung der Baumborken wurde von jedem Trägerbaum ca. 20cm unterhalb der DBF eine etwa 5cm² große Borkenprobe entnommen. Die Proben

© Verlag Alexander Just: Dorfbeuern - Salzburg - Brüssel; download unter www.biologiezentrum.at

wurden mit einer Schlagkreuzmühle gemahlen und je zweimal 1g (2. Einwaage als Kontrollmessung) unter Zugabe von 50ml destilliertem Wasser auf einem Schüttler extrahiert und anschließend in einem Vakuum-Filter filtriert. Die Bestimmung der pH-Werte erfolgte mit Hilfe des pH-Messgerätes Mettler DELTA 320.

Ergebnisse

Das Trägerbaumspektrum der 14 DBF umfasst hauptsächlich Edellaubhölzer mit höherem Borken-pH sowie eine Schwarz-Erle und eine Fichte, deren Borke zur Gruppe der Bäume mit niedrigerem pH-Wert gerechnet wird. Bei der Erstaufnahme der DBF im Jahr 1999 fanden sich 20 Flechten- und 12 Moosarten (Tab. 1 und 2). Die im Jahr 2005 durchgeführte Wiederholungskartierung ergab eine Artenzahl von 15 Flechten und 8 Moosen. Zu den weggefallenen Flechten zählen *Candelariella xanthostigma, Lecanora saligna, Physcia tenella, Physconia enteroxantha, Physconia grisea, Platismatia glauca* und *Thelotrema lepadinum*. Alle sieben angeführten Arten waren jeweils nur auf einer DBF vorhanden (Tab. 1). Neu hinzugekommen sind *Chaenotheca ferruginea* (DBF 4) und *Melanohalea exasperatula* (DBF 1). Die Veränderungen bei den Moosen (Tab. 2) waren mit dem Wegfall von *Bryum subelegans* (DBF 7), *Platygyrium repens* (DBF 6 u. 7) und *Ptilidium pulcherrimum* (DBF 6) nicht so stark wie bei den Flechten. Neue Moose konnten bei der aktuellen Aufnahme nicht festgestellt werden. Einen Sonderfall stellt die DBF 3 dar. Diese Fläche kann nicht in den Vergleich einbezogen werden, da sie im Jahr 2005 fast komplett von mehreren Exemplaren des Flachen Lackporlings *(Ganoderma lipsiense)* überwachsen war.

Betrachtet man das ökologische Verhalten der Flechten (Tab. 1) so fällt auf, dass alle vier als Eutrophierungszeiger ausgewiesenen Arten entweder ganz weggefallen sind oder wie *Physcia adscendens* und *Xanthoria candelaria* ihren Deckungsgrad stark verringert haben. Bezogen auf die Toxitoleranz der Arten, also dem Maß für die Empfindlichkeit der Art gegenüber Luftverunreinigungen (To 1 = sehr geringe Toleranz; To 9 sehr hohe Toleranz), ist festzustellen, dass mit *Thelotrema lepadinum* (To 2) und *Physconia enteroxantha* (To 3) die empfindlichsten Arten der DBF verschwunden sind. Aber auch bei den Arten, die eine sehr hohe Toxitoleranz (To = 9: *Amandinea punctata, Lecanora conizaeoides, Lepraria incana)* aufweisen, ist überwiegend eine Verminderung der Deckung festzustellen. Die Analyse der Reaktionszahlen zeigt keine eindeutige Tendenz. Einerseits kam es bei Säurezeigern wie *Lecanora conizaeoides* und *Platismatia glauca* zu einer Verminderung der Deckung bzw. Verlust der Art, andererseits gibt es auch Säurezeiger wie *Chaenotheca ferruginea, Lecanora pulicaris* und *Hypocenomyce*

© Verlag Alexander Just, Dorfbeuern - Salzburg - Zugleich Verlag Ulrich Mosthaf, Salzburg - Download unter www.biologiezentrum.at

Tab. 1: Arteninventar und Veränderungstendenzen der Flechten; Vergleich der Aufnahmen 1999 und 2005 der DBF 1-14.

DBF-Nr.				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Baumart				BAh	SAh	SAh	Es	SAh	SAh	SAh	BAh	Ap	FUl	BAh	SEr	BAh	Fi
	To	**R**	**EZ**														
Artname																	
Amandinea punctata	9	5		-	-		+ +				+ +						
Candelariella xanthostigma	6	5										W					
Chaenotheca ferruginea	8	2					N										
Cladonia coniocrea		4				?	+ +	N							+ +		+
Hypocenomyce scalaris	8	2															+
Hypogymnia physodes	8	3												+			
Lecanora argentata	4	5												+ +			
Lecanora conizaeoides	9	2															
Lecanora pulicaris	6	2														+ +	
Lecanora saligna	6	4					W										
Lepraria incana	9	3			-			N	-				W			+ +	+
Opegrapha varia	-	6											+				
Melanohalea exasperatula	6	5		N													
Parmelia omphalodes		3						W									
Parmelia saxatilis	7	3			-		W	-						+ +	=		
Parmelia sulcata	8	5		+				-									
Physcia adscendens	8	7	Ja	-						W							
Physcia tenella	8	6	Ja									W					
Physconia enteroxantha	3	6											W				
Physconia +grisea	7	7	Ja							W							
Platismatia glauca	5	2						W									
Thelotrema lepadinum	2	4														W	
Xanthoria candelaria	6	6	Ja														

Abkürzungen: Baumarten: Ap = Apfel; BAh = Bergahorn; Es = Esche; Fi = Fichte; FUl = Flatterulme; SAh = Spitzahorn; SEr = Schwarzerle. To = Toxitoleranz; R = Reaktionszahl; EZ = Eutrophierungszeiger. - = Abnahme; -- = Abnahme > 50%; = = minimale Veränderung; + = Zunahme; ++ = Zunahme > 100%; N = Art neu auf Fläche; W = Art weggefallen; ? = Verände-

© Verlag Alexander Just: Dorfbeuern - Salzburg - Brüssel - Stuttgart - Wien - Zürich - Download unter www.biologiezentrum.at

rung nicht feststellbar. To und R nach KIRSCHBAUM & WIRTH (1997) und WIRTH (1992), Einordnung als EZ nach VDI-RICHTLINIE 3957 BLATT 13 (2005).

Tab. 2: Arteninventar und Veränderungstendenzen der Moose; Vergleich der Aufnahmen 1999 und 2005 der DBF 1-14.

Abkürzungen: Baumarten: Ap = Apfel; BAh = Bergahorn; Es = Esche; Fi = Fichte; FUl = Flatterulme; SAh = Spitzahorn; SEr = Schwarzerle. E = Empfindlichkeitswert; R = Reaktionszahl; - = Abnahme; -- = Abnahme > 50%; = = minimale Veränderung; + = Zunahme; ++ = Zunahme > 100%; N = Art neu auf Fläche; W = Art weggefallen; ? = Veränderung nicht feststellbar. E nach VDI 3957 BLATT 12 (2006), R nach DÜLL (1992).

DBF-Nr.			**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**
Baumart			BAh	SAh	SAH	Es	SAh	SAh	Sah	BAh	Ap	FUl	BAh	SEr	BAh	Fi
	E	**R**														
Artname																
Bryum subelegans	2	6							W							
Dicranoweisia cirrata	1	5														
Dircanum montanum	2	2					+ +	+ +		+ +	W			+		
Frullania dilatata	4	7		+ +								W				
Hypnum cupressiforme	1	4	+ +	+	?	=	N	+								
Leucobryum juniperoideum		2												++		N
Metzgeria furcata	4	6		+ +				+								
Orthotrichum pumilum	4	7			?											
Platygyrium repens	4	6						W	W							
Ptilidium pulcherrimum	2	2						W								
Radula complanata	4	7														
Tetraphis pellucida		1												++		

© Verlag Alexander Just: Dorfbeuern - Salzburg - Brüssel; download unter www.biologiezentrum.at

scalaris, die neu auf Flächen zu finden waren, eine deutliche Zunahme aufwiesen oder Zu- und Abnahme zeigten. Die Arten, die die höchsten Reaktionszahlen der DBF aufwiesen (R = 7: *Physcia adscendens*, *Physconia grisea)* haben ihre Deckung verringert oder sind ganz weggefallen.

Der für die epiphytischen Moose in Tab. 2 ausgewiesene Empfindlichkeitswert (E) ist ein Maß für die artspezifische Belastungstoleranz. Äußerst empfindlichen Arten wird ein E-Wert von 16, unempfindlichen Arten ein E-Wert von 1 zugeordnet. Störzeiger, das sind Arten, die normalerweise Gestein besiedeln aber heute immer häufiger auf Bäumen anzutreffen sind und vermutlich Eutrophierung anzeigen, erhalten einen E-Wert von 0,5 (VDI 3957 BLATT 12, 2006). Bei der Erstaufnahme der DBF fanden sich fünf Moose mit einen E-Wert 4 = mäßig empfindliche Arten, Störzeiger waren nicht vorhanden (Tab. 2). Von diesen mäßig empfindlichen Arten fehlte *Platygyrium repens* bei der Wiederholungsaufnahme, *Radula complanata* hat seine Deckung verringert, *Frullania dilatata* weist auf den drei DBF, auf denen die Art vorkam, keinen klaren Trend auf. Für *Orthotrichum pumilum* (DBF 3) kann wie oben angeführt keine Aussage getroffen werden. Von den wenig empfindlichen Arten (E 2) sind *Ptilidium pulcherrimum* und *Bryum subelegans* nicht mehr vorhanden, *Dicranum montanum* weist eher auf eine Zunahme im Untersuchungsgebiet hin. Von den unempfindlichen Arten (E 1) hat *Dicranoweisia cirrata* (DBF 4) seine Deckung verringert. Interessant ist die Entwicklung von *Hypnum cupressiforme*, das von allen Moosen am häufigsten auf den DBF anzutreffen war und ist. Bei der Erstaufnahme war das Moos auf sieben DBF präsent. In den aktuellen Aufnahmen konnte *Hypnum cupressiforme* die DBF 5 neu besiedeln, drei Flächen weisen eine Zunahme in der Deckung auf, auf der DBF 4 blieb die Deckung annähernd gleich und auf den DBF 7 und 10 verringerte sich die Deckung. Keine eindeutigen Aussagen sind bei der DBF 3 möglich aber die Art ist vorhanden und hat stellenweise den Baumpilz überwuchert.

Betrachtet man das Artenspektrum unter dem Gesichtspunkt der Reaktionszahlen so zeigte sich, dass die Säurezeiger *Leucobryum juniperoideum* und *Tetraphis pellucida*, in ihrer Deckung deutlich zugenommen haben bzw. neu auf einer DBF aufgetaucht sind *(Leu. juni.* auf DBF 14). Bei diesen Arten handelt es sich um typische fakultative Epiphyten (kein E-Wert vergeben), die nur bei sehr hoher Luftfeuchte auf Borke anzutreffen sind. Zudem besiedeln sie die einzigen beiden Baumarten der untersuchten Bäume mit saurer Borke. Bei den anderen beiden Säurezeigern *(Dircranum montanum, Ptilidium pulcherrimum)*, bei denen es sich um obligatorische Epiphyten handelt, ist die Entwicklung uneinheitlich. *Dircranum montanum* ist auf sechs DBF vorhanden und weist überwiegend eine Zunahme in der Deckung auf, *Ptilidium pulcherrimum* war auf einer DBF vorhanden und konnte nicht mehr bestätigt werden. Die Arten mit höheren Ansprüchen an den pH-Wert der Borke zeigen keine eindeutige Tendenz.

© Verlag Alexander Just: Dorfbeuern - Salzburg - Brüssel; download unter www.biologiezentrum.at

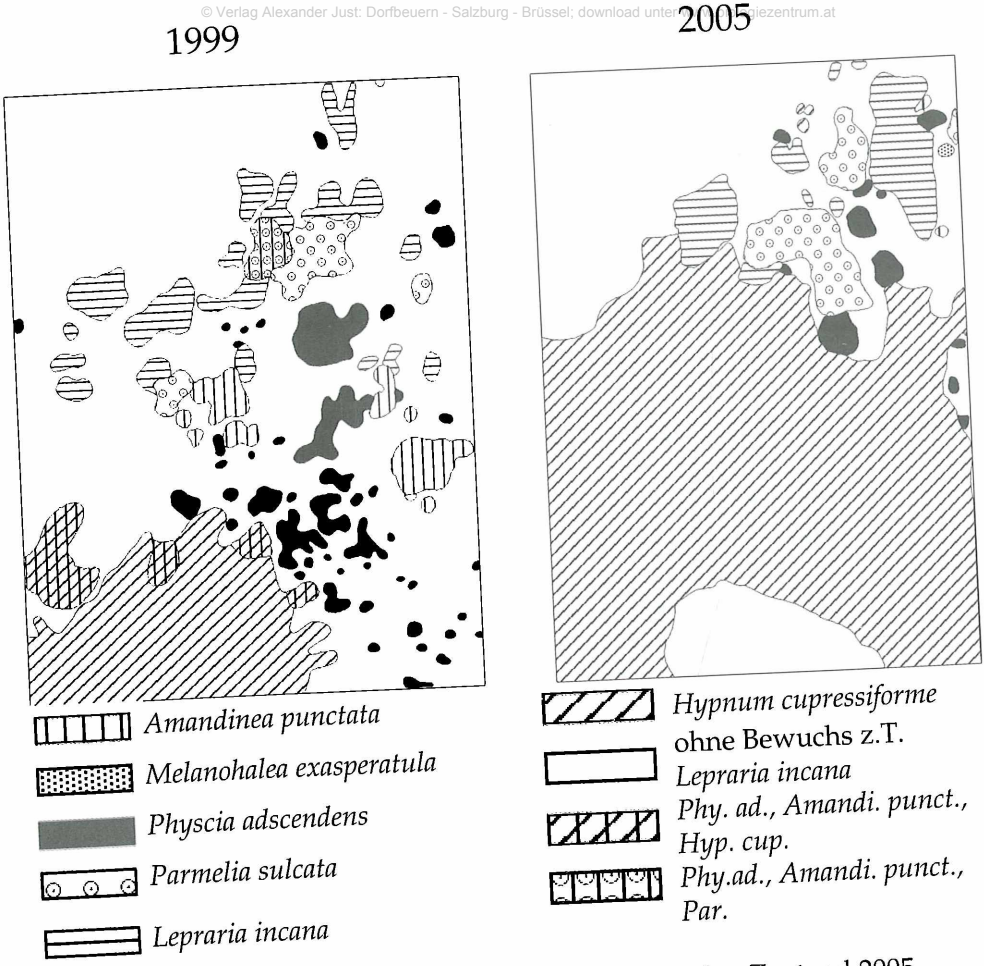

Abb. 1: Darstellung der DBF 1; Links Zustand 1999; Rechts Zustand 2005.

Von allen auf den DBF vorkommenden Moosen und Flechten weist *Hypnum cupressiforme*, ein pleurokarpes Moos mit weiter Standortamplitude, die größte positive Veränderung im Deckungsgrad auf. Ein Beispiel für die hohe Konkurrenzkraft des Mooses zeigt die Entwicklung der DBF 1 (Abb. 1). Bei der Referenzaufnahme betrug der Gesamtdeckungsgrad der Moose und Flechten 36,6%. *Hypnum cupressiforme* wies mit ca. 14,2% den höchsten Deckungsgrad auf, gefolgt von *Physcia adscendens* (ca. 8,6%), *Lepraria incana* (ca. 6,7%), *Amandinea punctata* (ca. 4,4%) und *Parmelia sulcata* (ca. 2,8%). Das pleurokarpe Laubmoos bedeckte in einem reinen Rasen den unteren linken Bereich der DBF und ging dann in einen Mischbestand mit *Physcia adscendens* und *Amandinea punctata* über. In der Mitte der Fläche fand sich neben den beiden zuvor genannten

© Verlag Alexander Just: Dorfbeuern - Salzburg - Brüssel; download unter www.biologiezentrum.at

Flechten noch ein Thallus von *Parmelia sulcata*, im oberen DBF-Bereich trat neben den angeführten Flechten noch die sorediöse Krustenflechte *Lepraria incana* hinzu. Bei der aktuellen Aufnahme im Jahre 2005 beträgt der Deckungsgrad der Epiphyten 67,3% und hat sich somit fast verdoppelt. *Hypnum cupressiforme* konnte seine Deckung auf 55,7% deutlich erhöhen, bis auf *Parmelia sulcata* verringerte sich die Deckung sämtlicher Flechten. Die untere Hälfte der DBF nimmt nun alleine *Hypnum cupressiforme* ein, die vorher im mittleren Bereich der Fläche vorkommenden Thalli bzw. Krusten von *Physcia, Parmelia* und *Amandinea* wurden überwuchert und sind abgestorben. Im oberen Bereich der DBF konnten sich *Lepraria incana* und *Parmelia sulcata* behaupten, ein winziger Thalli von *Parmelia exasperatula* ist am oberen rechten Rand der DBF neu hinzugetreten.

Interessant ist die Entwicklung auf der DBF 9 (Baumart: Apfel). Von allen untersuchten Flächen sind allein auf dieser DBF alle bei der Erstaufnahme vorhandenen Arten (Flechten: *Candelariella xanthostigma, Physcia tenella*; Moos: *Dircranum montanum)* bei der aktuellen Aufnahme nicht mehr vorhanden. Die Fläche ist heute fast vollständig von einer Luftalge *(Trentepohlia* spec.) überzogen (Abb. 2). Wie oben erwähnt wurde jeder Trägerbaum bis Reichhöhe nach weiteren Moos- und Flechtenarten abgesucht. Während bei den Moosen keine neuen Arten festgestellt werden konnten, fanden sich auf den vier Trägerbäumen im Polenztal drei neue Flechten. Es handelt sich um die Krustenflechten *Graphis scripta* (Baum Nr. 3) und *Pertusaria amara* (Baum Nr. 1) sowie die Strauchflechte *Evernia prunastri* (Baum Nr. 4; vier Thalli). Bemerkenswert ist, dass alle drei Arten keine oder nur sehr geringe Eutrophierung von außen tolerieren, auf ziemlich saure bis mäßig saure Rinden-pH-Werte hinweisen und eine mittlere bis mäßig hohe Toxitoleranz anzeigen. *Parmelia exasperatula*, die in der DBF 1 neu nachgewiesen werden konnte, fand sich noch an weiteren vier Untersuchungsbäumen (Polenztal und Kirnitzschlatstraße) außerhalb der kartierten DBF-Flächen. Die schon im Jahr 1999 nachgewiesenen Thalli der Bartflechte *Usnea* cf. *filipendula* (oberer Stammbereich, außer Reichhöhe; Trägerbaum DBF 11) konnte bestätigt werden.

Bei den vergleichenden pH-Wert-Messungen der Borkenproben konnte eine deutliche Erhöhung der pH-Werte festgestellt werden. Der pH-Mittelwert der fünf wiederbeprobten Spitzahorne stieg von 1999 bis 2005 von 5,6 auf 6,4, der der vier Bergahorne von 5,1 auf 5,7 Die in der Kirnitzschklamm gemessenen mittleren pH-Werte an Fichten lagen 1999 bei 3,6, der aktuelle pH-Wert der Fichte DBF Nr. 14 liegt bei 4,4.

Diskussion

Die in Deutschland über Jahrzehnte anhaltende sehr hohe Immissionsbelastung durch SO_2 führte zu einer drastischen Verarmung der epiphytischen Moos- und Flechtenflora. In den alten Bundesländern, z. B. den hessischen Städ-

© Verlag Alexander Just: Dorfbeuern - Salzburg - Brüssel; download unter www.biologiezentrum.at

ten Wetzlar und Gießen, sank die SO_2 – Belastung schon Ende der 80er Jahre des letzten Jahrhunderts vielerorts unter den critical level von 20 µg/m³ (KIRSCHBAUM et al. 2006), im Gebiet des Nationalparks „Sächsische Schweiz" wurden solch niedrige Konzentrationen erst zehn Jahre später erreicht. Auf Grund der geschützten Lage in den luftfeuchten Schluchten konnten im Nationalpark dennoch einige Epiphyten überdauern. Das ökologische Verhalten dieser im Jahre 1999 auf den 14 DBF erfassten Moose und Flechten lässt sich wie folgt charakterisieren. Neben überwiegend immissionsunempfindlichen Arten mit hohen To-Zahlen (Flechten) bzw. niedrigen E-Werten (Moose) haben auch empfindlichere Arten wie z.B. *Thelotrema lepadinum* (To 2) und *Radula complanata* (E 4) überlebt. Das R-Zahlenspektrum umfasste Werte von R 1 bis R 7 Säurezeiger wuchsen nicht nur auf Baumarten mit von Natur aus sauerer Rinde wie z.B. Erle und Fichte, sondern auch auf Edellaubhölzern mit natürlicherweise subneutraler bis basischer Rinde. Die 1999 gemessenen mittleren pH-Werte (Spitzahorn: pH 5,6; Bergahorn: pH 5,1) liegen zwar unter den von BARKMANN (1958) angegebenen Werten, deuten aber im Vergleich zu Werten von MEZGER & BORNKAMM (1989), die für Spitzahorn einen pH-Wert von 3,0 publizierten, auf eine vergleichsweise moderate Rindenversauerung hin. Im Gegensatz zur extrem hohen SO_2- Belastung war und ist die Immissionsbelastung durch eutrophierende Stickstoffverbindungen (NO und NO_2) im Untersuchungsgebiet in den vergangenen Jahrzehnten gering. Die Werte von NO um 2 µg/m³ und 14 µg/m³ beim NO_2 liegen deutlich unter den von z.B. FRANZEN-REUTER et al. (2006) für stickstoffbelastete Flächen in Nordrhein-Westfalen angegebenen. Zu bedenken ist aber, dass die nach neuesten Erkenntnissen (FRAHM 2007) für die Ausbreitung von Eutrophierungszeigern wichtigen N-Verbindungen Ammoniak und Ammoniumsalze nicht gemessen wurden. Erwartungsgemäß fand sich so bei der Aufnahme 1999 nur eine geringe Anzahl von Eutrophierungszeigern, die zudem nur eine geringe Deckung aufwiesen. In dem Zwischenraum von sechs Jahren bis zur aktuellen Aufnahme 2005 sanken die SO_2- Einträge weiter, die N-Einträge verharrten auf niedrigem Niveau und die Rinden-pH-Werte stiegen an. Im Gegensatz zu anderen Dauerflächenbeobachtungen (FRANZEN-REUTER et al. 2006; KIRSCHBAUM et al. 2006; STAPPER 2002; STAPPER 2005; ZIMMER 2000) konnten auf den untersuchten DBF aber keine steigenden Artenzahlen beobachtet werden, eher das Gegenteil ist der Fall. Die auf den DBF vorhandenen empfindlichsten Flechten *Thelotrema lepadinum* und *Physconia enteroxantha* sowie das Moos *Platygyrium repens* konnten nicht mehr bestätigt werden. Der Wegfall von Flechten kann stellenweise, wie z.B. bei *Platismatia glauca* durch Überalterung der Thalli, Schneeanhaftung etc. erklärt werden (WIRTH et al. 1999), bei Krustenflechten wie *Thelotrema lepadinum*, die zudem vollkommen unbedrängt auf der DBF wuchsen und deren Wuchsort heute nicht durch andere Arten besetzt ist, greift diese Erklärung jedoch nicht. Die festgestellte Abnahme des Starksäurezeigers *Lecanora conizaeoides* entspricht dem überall in Deutschland beobachteten Trend.

© Verlag Alexander Just: Dorfbeuern - Salzburg - Brüssel; download unter www.biologiezentrum.at
Die von WIRTH (1993) beschriebene Trendwende setzt im Untersuchungsgebiet jedoch um Jahre verzögert ein. Andere säureanzeigende Flechten mit höheren Ansprüchen an die Luftgüte wie z.B. *Hypogymnia physodes* zeigen hier keine eindeutigen Veränderungen an, werden in anderen Teilen von Sachsen wie dem Mittleren Erzgebirge, vor allem an Bruchweiden und jungen Lärchen, aber zunehmend beobachtet (NIXDORF 2001). Bemerkenswert ist der Verlust des einzigen Vorkommens des säuretoleranten Lebermooses *Ptilidium pulcherrimum* (DBF 6 auf SAh). Nach mündl. Mitteilung von Dr. MÜLLER (Inst. f. Botanik, Dresden) nimmt diese Art landesweit ab und auch STAPPER (2002) konnte in seinen Untersuchungen einen Rückgang feststellen. Bei den anderen säuretoleranten Moosen gilt nur *Dircanum montanum* als obligatorischer Epiphyt, ein klarer Veränderungstrend liegt nicht vor. Die vorhandenen Eutrophierungszeiger bei den Flechten sind zum größten Teil vollkommen verschwunden oder haben ihre Deckung verringert. Arten, wie *Phaeophyscia orbicularis*, *Physconia grisea* und *Xanthoria parietina*, die bei den angeführten Dauerflächenbeobachtungen in anderen Bundesländern neu hinzugekommen sind oder ihre Deckung erhöhten, fehlen. Die neu auf den DBF aufgefundenen Flechten *Chaenotheca ferruginea* und *Melanohalea exasperatula* waren schon bei der 1999 durchgeführten Kartierung (KAMPRAD & STETZKA 2002) im Untersuchungsgebiet vorhanden. Während *Chaenotheca ferruginea* damals schon 27 Fundpunkte aufwies, konnte *M. exasperatula* 1999 nur einen Fundpunkt aufweisen und hat sich bei aktuell fünf Vorkommen (DBF 1 und auf vier DBF außerhalb der Aufnahmefläche) etabliert. Schwerpunkt der Verbreitung ist das Polenztal. Auch die anderen drei Flechten, die außerhalb der DBF an den Untersuchungsbäumen neu nachgewiesen werden konnten, haben ihren Standort im Polenztal. Während *Graphis scripta* im ganzen Untersuchungsgebiet vorhanden war (1999: elf Vorkommen) konnten *Evernia prunastri* und *Pertusaria amara* erstmals für den Nationalpark wieder belegt werden. *Evernia prunastri* wird von GILBERT (1992) zu den sogenannten „schnellen Besiedlern" gerechnet, also einer Art, die bei reduzierter Immissionsbelastung als eine der ersten wieder zurückkehrt. Gleiche Beobachtungen machten auch STAPPER et al (2000) in Nordrhein-Westfalen, KIRSCHBAUM et al. (2006) in Hessen und ZIMMER (2000) in Schleswig-Holstein. Eine auf mehreren DBF beobachtete und in Abb. 1 detailliert dargestellte starke Zunahme von *Hypnum cupressiforme* haben auch FRANZEN-REUTER et al. (2006), STAPPER (2002) und WIRTH et al. (1999) beobachtet. Auf der dargestellten DBF 1 wurden einzelne Thalli der Blattflechten *Parmelia sulcata* und *Physcia adscendens* sowie das Hauptvorkommen der Krustenflechte *Amandinea punctata* überwuchert und starben ab. Ein wie bei WIRTH et al. (1999) beobachtetes „Verweilen" des Mooses vor den Thallusrändern von Krustenflechten durch vermutete allelopathische Wirkungen ist bei *Amandinea punctata* nicht zu verzeichnen.

Neben epiphytischen Moosen und Flechten finden sich in den letzten Jahren in luftfeuchten Lagen in ganz Sachsen vermehrt epiphytische Algen der

© Verlag Alexander Just: Dorfbeuern - Salzburg - Brüssel; download unter www.biologiezentrum.at

Gattung *Trentepohlia*, die die Stämme verschiedener Laubhölzer oft meterhoch mit einem rostroten Filz überziehen. Bei der in Abb. 2 dargestellten DBF sind alle bei der Erstaufnahme vorhandenen Moose und Flechten verschwunden und die Fläche nun vollkommen von der Alge überwuchert. Nach Aussagen von SCHÖLLER (1997) kann starker Algenbewuchs die Auskeimung von Diasporen von Flechten hemmen, inwieweit schon vorhandene Flechten und Moose geschädigt werden können, ist nicht bekannt. Die ökologischen Ansprüche der hier beobachteten *Trentepohlia*-Art sind, da eine genaue Artbestimmung noch nicht vorliegt, derzeit nicht geklärt. Sehr wahrscheinlich handelt es sich um *Trentepohlia aurea* (LINNÈ) MARTIUS 1817, die vor allem an luftfeucht gelegenen Mauern öfter im Untersuchungsgebiet auftritt.

Literatur

BARKMANN, J.J., 1958: Phytosociology and Ecology of Cryptogamic Epiphytes. - Van Gorcum & Comp., Assen. 628pp.

BEER, V., DENNER, M. & MÜLLER, F., 2001: Mikroklima und Moosverbreitung in den Sandsteinschluchten der Sächsischen Schweiz. Berichte der AG sächsischer Botaniker, NF Bd. **18**: 161-205.

DÜLL, R., 1992: Zeigerwerte von Laub- und Lebermoosen. - In: ELLENBERG et al. (1992): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. 2. Aufl. Scripta Geobotanica **XVIII**: 175-214.

FICINUS, H. & SCHUBERT, C., 1823: Flora der Gegend um Dresden. - 2. Abt. Kryptogamie. Dresden. 466pp.

FRAHM, J.-P., 2007: Die Rolle von Ammoniak bei der eutrophierenden Wirkung von Luftschadstoffen auf Flechten. - In: Tagungsband „Stickstoff und die Wirkungen auf die Vegetation", KRdL-Expertenforum in Braunschweig, KRdL- Schriftreihe Bd. **37**: 79-86.

FRANZEN-REUTER, I., GEHRMANN, J. & FRAHM, J.-P., 2006: Monitoring der Luftqualität mit Flechten und Moosen. Veränderungen des Epiphytenbewuchses zwischen 2002 und 2004 auf immissionsökologischen Dauerbeobachtungsflächen in Nordrhein-Westfalen. LÖBF-Mitteilungen **2/06**: 30-35.

GILBERT, O.L., 1992: Lichen reinvasion with declining air pollution. In: Bryophytes and lichens in a changing environment. BATES, J.W. & FARMER, A. M., Hrsg., Clarendon, Oxford: 159-177

GNÜCHTEL, A., 1996: Rote Liste der Flechten. - Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Radebeul. 14pp.

KAMPRAD, S. & STETZKA, K.M., 2002: Epiphytische Moose und Flechten im Nationalpark Sächsische Schweiz- Vorkommen, Ökologie und Gefährdung. Limprichtia No. **21**. 285pp.

© Verlag Alexander Ariel, Dr. Peter Sauerbrey, Düsseldorf, www.ariel-verlag.de

KIRSCHBAUM, U., SIEGMUND, M. & WIRTH, V. 2002: Flächenbestimmung von Flechten zur ökologischen Langzeitbeobachtung. - Herzogia **15**: 159-178.

KIRSCHBAUM, U., WINDISCH, U., VORBECK A. & HANEWALD, K., 2006: Mapping lichen diversity in Wetzlar and Giessen as indicator of air quality. (Comparison between the surveys of 1970, 1985, 1995 and 2005). - Gefahrstoffe, Reinhaltung der Luft, **66**, Nr. 6: 272-280.

KIRSCHBAUM, U. & WIRTH, V., 1997: Flechten erkennen, Luftgüte bestimmen. 2. Aufl. - Eugen Ulmer, Stuttgart. 128pp.

KOPERSKI, M., SAUER, M., BRAUN, W. & GRADSTEIN, S.R., 2000: Referenzliste der Moose Deutschlands. Bundesamt für Naturschutz. Schriftreihe für Vegetationskunde, H. **34**. 519pp.

MACHER, M., 1992: Epiphytische Flechten im Nationalpark Bayerischer Wald. Schriftreihe des Bay. Staatsministeriums f. Ernährung, Landwirtschaft u. Forsten, Heft **13**. 113pp.

MEZGER, U. & BORNKAMM, R., 1989: Rindenversauerung und azidophytische Flechten in Berlin. -Verh. D. Gesell. f. Öko. **18**: 419-424.

MÜLLER, F., 1996: Artenliste der Moose Sachsens. - Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Radebeul. 67pp.

NIXDORF, J., 2001: Besonderheiten der Flechtenflora im Mittleren Erzgebirgskreis. - Beiträge zum Naturschutz im Mittleren Erzgebirgskreis. Heft **1**: 56-61.

SCHÖLLER, H., 1997: Flechten. - Kleine Senkenberg-Reihe, Nr. **27**. 247pp.

STAPPER, J.N., 2002: Veränderungen der Immissionsbelastung nordrhein-westfälischer Waldökosystem-Dauerbeobachtungsflächen zwischen 1999 und 2001 ermittelt mit epiphytischen Moosen und Flechten als Bioindikatoren. - Limprichtia **20**: 179-204.

STAPPER, J.N., 2005: Bioindikation mit Epiphyten – Veränderungen der Flechten- und Moosflora im Ruhrgebiet. - Elektronische Aufsätze der Biol. Station Westliches Ruhrgebiet **1.5**. 11pp.

STAPPER, N.J., FRANZEN, I., GOHRBANDT, S. & FRAHM, J.-P., 2000: Moose und Flechten kehren ins Ruhrgebiet zurück. - LÖBF-Mitteilungen Nr. **2/00**: 12-21.

VDI 3957/BLATT 12, 2006: Biologische Messverfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen (Bioindikation). Kartierung der Diversität epiphytischer Moose als Indikatoren für Luftqualität. - Beuth Verlag, Berlin. 22pp.

VDI 3957/BLATT 13, 2005: Biologisches Messverfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen mit Flechten (Bioindikation). Kartierung der Diversität epiphytischer Flechten als Indikator für Luftgüte. - Beuth Verlag, Berlin. 27pp.

© Verlag Alexander Just: Dorfbeuern - Salzburg - Brüssel; download unter www.biologiezentrum.at

WERTHSCHÜTZ, C., 2007: Wiederholungskartierung der epiphytischen Dauerbeobachtungsflächen in der Sächsischen Schweiz. - Unveröff. Bachelorarbeit, TUD, Inst. f. Forstbotanik. 121pp.

WIRTH, V., 1992: Zeigerwerte von Flechten. In: ELLENBERG et al., 1992: Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. 2. Aufl. Scripta Geobotanica **XVIII**: 215-237

WIRTH, V., 1993: Trendwende bei der Ausbreitung der anthropogen geförderten Flechte *Lecanora conizaeoides?* - Phytocoenologia **23**: 625-636.

WIRTH, V., 1995: Die Flechten Baden-Württembergs. - 2. Aufl. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart. 1006pp.

WIRTH, V V. BRACKEL, W., DE BRUYN, U., CEZANNE, R., DÜRHAMMER, O., FEUERER, T., HAUCK, M., LITTERSKI, B., OTTE, V., SCHIEFELBEIN, U., SCHOLZ, P, SCHULTZ, M., 2008: Checklist of lichens and lichenicolous fungi of Germany. Version 1 January 2008. – http://www.biologie.uni-hamburg.de/checklists/lichens/europe/germany_l.htm.

WIRTH, V., CEZANNE, R. & EICHLER, M., 1999: Beitrag zur Kenntnis der Dynamik epiphytischer Flechtenbestände. - Stuttgarter Beitr. Naturk. Nr. **595**. 17pp.

ZIMMER, D., 2000: Dauerbeobachtung der epiphytischen Flechtenvegetaion unter immissionsökologischen Aspekten an Boden- Dauerbeobachtungsflächen in Schleswig-Holstein. - Bibl. Lichenol. **75**: 231-251.

Annex

Abb. 2 auf Seite VII

Adresse:

Klaus Max STETZKA (1) & Carolin WERTHSCHÜTZ (2)
Technische Universität Dresden
Institut für Forstbotanik und Forstzoologie
Pienner Str. 7
D-01737 Tharandt
Germany

E-Mail (1): stetzka@forst.tu-dresden.de
E-Mail (2): carolin.werthschuetz@gmx.net

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Sauteria-Schriftenreihe f. systematische Botanik, Floristik u. Geobotanik

Jahr/Year: 2008

Band/Volume: 15

Autor(en)/Author(s): Stetzka Klaus Max, Werthschütz Carolin

Artikel/Article: veränderungen der epiphytischen Moos- und Flechtenflora im Nationalpark "Sächsische Schweiz". Ergebnisse von Dauerbeobachtungsflächen von 1999 bis 2005 529-543