

Verbreitung, standortökologische Bindung und Populationsentwicklung der Natternzungengewächse (Ophioglossaceae) in ehemaligen Braunkohleabbaugebieten Sachsen-Anhalts

Sabine Tischew und Andreas Lebender

Zusammenfassung

Am Beispiel der Bergbaufolgelandschaft Sachsen-Anhalts wird anhand eines Vergleiches von Verbreitungskarten gezeigt, dass anthropogene Sekundärstandorte zunehmend wichtige Ersatzlebensräume für das Vorkommen von Ophioglossaceen darstellen. Für die Arten *Ophioglossum vulgatum* (Gemeine Natternzunge), *Botrychium lunaria* (Mondrautenfarn) sowie *Botrychium matricariifolium* (Ästige Mondraute) werden die standörtliche Bindung und die Vergesellschaftung auf den Folgeflächen des Braunkohletagebaus gezeigt. Die Natternzungengewächse stellen typische Beispiele für naturschutzrelevante Arten dar, die nach dem Durchlaufen der Pionierphase auf den Kippenflächen in mittleren Sukzessionsstadien auftreten. Sie bevorzugen nährstoffarme, lichte Pionierwälder in Kombination mit krautschichtarmen Offenlandmosaiken. Infolge der relativ langsam verlaufenden Sukzessionsprozesse besteht vor allem auf Extremstandorten die Möglichkeit, ohne Pflegeaufwand langfristig geeignete Lebensräume für diese Arten zu erhalten. Die Ergebnisse von Untersuchungen auf Dauerbeobachtungsflächen zeigen, dass insbesondere die Populationen der Gemeinen Natternzunge starken Schwankungen in der Populationsdichte unterliegen. Auf den grundwasserfernen Standorten reagiert die Art sehr sensibel auf den Witterungsverlauf und bildet unterirdische Ruhestadien aus. Insgesamt sind die Konkurrenzsituation und das Entwicklungspotenzial für die Arten der Ophioglossaceen auf den meisten Standorten positiv zu bewerten. Eine wesentliche Grundlage für den Erhalt der Arten in der Bergbaufolgelandschaft im Sinne des Prozessschutzes sind die Ausweisung und der Schutz von möglichst ausgedehnten Sukzessionsflächen mit unterschiedlichen Entwicklungsstadien.

1 Einleitung

Durch den über Jahrhunderte andauernden Braunkohleabbau sind im Mitteldeutschen Raum großflächig ursprüngliche Landschaften vollkommen zerstört worden. Der vegetationslose, wüstenähnliche Charakter nach dem Abbau ist in vielen Bereichen der Bergbaufolgelandschaft heute kaum mehr zu erkennen. Aus biologisch-ökologischer Sicht können auf den sekundären Standorten der Folgelandschaft eine Wiederbesiedlung und natürliche Sukzession beobachtet werden, wie sie in ähnlicher Weise auch nach den Eiszeiten stattgefunden haben könnten. Vor allem in der umgebenden Landschaft seltene Arten müssen bei diesen Besiedlungsprozessen relativ große Entfernungen überwinden. Es kann daher angenommen werden, dass unter diesen seltenen Arten vor allem jene mit sehr kleinen, leichten und damit an Fernausbreitung über Wind angepassten Diasporen an den Wiederbesiedlungsprozessen beteiligt sind (BONN & POSCHLOD 1998). Sie sollten zusätzlich von den konkurrenzarmen Bedingungen der nährstoffarmen und über längere Zeiträume spärlich besiedelten Kippenflächen profitieren, denn im Gegensatz zur umgebenden Kulturlandschaft stehen diesen Arten mit wenig oder keinem Nährstoffdepot in den Diasporen für die risikoreiche erste Etablierungsphase geeignete Standorte zur Verfügung. Am Beispiel der Ophioglossaceen soll deshalb ein Vergleich der früheren

und aktuellen Verbreitung in Sachsen-Anhalt unter besonderer Beachtung der Tagebaufolgelandschaft vorgenommen werden. Eine Zusammenstellung aller aktuellen Fundorte der Ophioglossaceen mit den Populationsgrößen soll einen Überblick zur derzeitigen Verbreitung dieser Arten in der Bergbaufolgelandschaft liefern.

Die Forschungsergebnisse der letzten Jahre zeigten, dass unterschiedliche Substratbeschaffenheit sowie kleinflächig wechselnde bodenchemische Eigenschaften auf den Kippenflächen bereits nach wenigen Jahren bzw. Jahrzehnten zu kleinräumig stark differenzierten Vegetationsstrukturen führen (TISCHEW 1996, TISCHEW & MAHN 1998, FBM 1999). Neben der Entwicklung von Sandtrockenrasen (Goitsche), Halbtrockenrasen (Geiseltal) sowie Niedermoorinitialen, Sümpfen und Röhrichten (z. B. Muldenstein, Nordfeld Jaucha) wird die Bergbaufolgelandschaft auch durch unterschiedlich strukturierte Birkenvorwälder geprägt. Während die Bedeutung der z. T. großflächigen Offenland-Biotopkomplexe für den Naturschutz hoch eingeschätzt wird, wird die Ablösung durch Birkenpionierwälder im Rahmen der natürlichen Sukzession oft negativ bewertet. Die Bedingungen in den lichten und nährstoffarmen Birkenvorwäldern der Tagebaufolgelandschaft bieten aber einer Reihe gefährdeter Arten optimale Etablierungsmöglichkeiten. So können regelmäßig Wintergrüengewächse (Pyrolaceen) und erste Waldorchideen in den Vorwaldbereichen der Tagebaufolgelandschaft gefunden werden. Besonders hervorzuheben sind im Zusammenhang mit dieser Arbeit die Vorkommen der seltenen Farnarten *Ophioglossum vulgatum* (Gemeine Natterzunge) und *Botrychium lunaria* (Mondrautenfarn) sowie das einmalige Vorkommen von *Botrychium matricariifolium* (Ästige Mondraute) aus der Familie der Natterzungengewächse (Ophioglossaceae). Ein zweiter Schwerpunkt der Arbeit soll deshalb die räumliche und zeitliche Einnischung der Ophioglossaceen in die Besiedlungsprozesse der Bergbaufolgelandschaft zeigen, um eine langfristige Sicherung der Vorkommen zu unterstützen und gegebenenfalls als Entscheidungsgrundlage für Maßnahmen des Naturschutzes in der Bergbaufolgelandschaft zu dienen.

2 Methodische Grundlagen

Im Rahmen der Forschungsprojekte FBM (1995-1998) zu spontanen Sukzessionsprozessen in der Tagebaufolgelandschaft sowie FLB (1999-2002) zur Landschaftsentwicklung der Tagebaugelände wurden im Mitteldeutschen Braunkohlerevier umfangreiche Kartierungsarbeiten und Geländebegehungen zur Ökologie und Verbreitung der Ophioglossaceen durchgeführt (vgl. FBM 1999, FLB 2003). Um Aussagen hinsichtlich der ehemaligen bzw. aktuellen Verbreitung der Ophioglossaceen im Untersuchungsraum treffen zu können, wurden Fundortangaben der Floristischen Kartierung Sachsen-Anhalts (unterteilt in Artnachweise vor 1949, 1950-1992 sowie nach 1992) sowie alle bekannten aktuellen Fundorte ausgewertet.

In den Beständen der Natterzungenfarnen wurde mit LiCor-Photosensoren die photosynthetisch aktive Strahlung gemessen. Der pH-Wert des Bodens wurde in einer Tiefe von 0-10 cm bestimmt (elektrometrische Messung in 0,01 mol CaCl₂-Lösung; VDLUFA Methoden-Katalog). Die Bestimmung des Gesamt-Stickstoffgehaltes erfolgte mittels Elementaranalyse (Atomabsorptionsspektrometer). Die Feinbodenart wurde nach der Bodenkundlichen Kartieranleitung (AD-HOC-ARBEITSGRUPPE BODEN 1994) aufgenommen.

Die Dauerbeobachtungsflächen sind 1 × 1 m groß und wurden mit vier bis elf Wiederholungen in den Populationen angelegt und eingemessen. Auf den Dauerbeobachtungsflächen wurden Gesamt-Individuen oder -Triebzahlen sowie bei *Ophioglossum vulgatum* und *Botrychium lunaria* der Anteil fertiler und steriler Triebe bzw. Individuen (nachfolgend Triebe) bestimmt. Die Vegetationsbedeckung aller Arten und Schichten wurde prozentgenau aufgenommen, in einem

Tab. 1: Untersuchte Standorte und Populationsgrößen (Anzahl von Trieben) der Ophioglossaceen in der Tagebaufolgelandschaft Sachsen-Anhalts (Stand 2001)

Tagebau	<i>Botrychium lunaria</i>	<i>Botrychium matricariifolium</i>	<i>Ophioglossum vulgatum</i>
Tagebauregion Bitterfeld			
Halde 10/35	bis 10 (verstreut)	628 (2 Standorte)	> 2.000 (5 Standorte)
Tagebau Muldenstein	ca. 10 (1 Standort)	–	–
Tagebauregion Gräfenhainichen			
Tagebau Golpa III	ca. 10 (1 Standort)	–	–
Tagebauregion Halle-Ost			
Tagebau Lochau	ca. 10	–	ca. 1.000 (mehrere Standorte)
Tagebauregion Geiselatal			
Halde Blösien	ca. 50 (1 Standort)	–	> 50 (1 Standort)
Mücheln-Innenkippe	ca. 100 (1 Standort)	–	ca. 200 (1 Standort)
Tagebau Kayna-Süd	ca. 70	–	–
Tagebau Rossbach	> 1.000 (verstreut)	–	> 100 (1 Standort)
Tagebauregion Zeitz/Weißenfels/Hohemölsen			
Tagebau Jaucha	vereinzelt	–	ca. 500 (3 Standorte)
Alt-Tagebau Vollert	–	–	ca. 300 (1 Standort)
Tagebau Domsen	–	–	vereinzelt
Tagebauregion Südraum Leipzig (Sachsen)			
Tagebau Witznitz	–	–	ca. 600 (4 Standorte)

größerem Umkreis um die Dauerbeobachtungsflächen wurden Vegetationsaufnahmen nach einer modifizierten Braun-Blanquet-Skala (WILMANN 1989) angefertigt.

3 Ergebnisse

3.1 Verbreitung in der Tagebaufolgelandschaft

In den letzten Jahrzehnten konnten im mitteleuropäischen Raum viele Fundorte der Ophioglossaceen nicht mehr nachgewiesen werden (BENNERT 1999). Dieser Trend kann auch für den Untersuchungsraum im Südosten Sachsen-Anhalts bestätigt werden. Waren im Kartierzeitraum zwischen 1950 bis 1992 in Sachsen-Anhalt noch über 50 Messtischblattquadranten von den Vertretern der Ophioglossaceen (*Ophioglossum vulgatum*, *Botrychium matricariifolium* oder *Botrychium lunaria*) besiedelt, sind es heute nur noch 28 Messtischblattquadranten (siehe Abb. 1 bis Abb. 3). Diesem Trend steht die Anzahl an Neuetablierungen auf Sekundärstandorten entgegen. Von den aktuell besiedelten Messtischblattquadranten entfallen 12 Flächen auf Sekundärstandorte in Abgrabungsgebieten. Neben Neubesiedlungen auf Halden der Kali-Industrie sind viele Etablierungen in der Folgelandschaft des Braunkohlebergbaus zu verzeichnen.

Die Fundortangaben vor 1949 geben sicherlich nicht die vollständige Verbreitung der Arten wider, zeigen aber dennoch die ehemaligen Verbreitungszentren.

Die Populationsgrößen der aktuell untersuchten Bestände von *Ophioglossum vulgatum*, *Botrychium matricariifolium* und *Botrychium lunaria* sind aus Tabelle 1 ersichtlich. Durch den Rückgang der Ophioglossaceen auf natürlichen Standorten sind einige Vorkommen in der Tagebaufolgelandschaft mehr als 50 km von den nächstgelegenen Fundorten entfernt. Die großräumigen

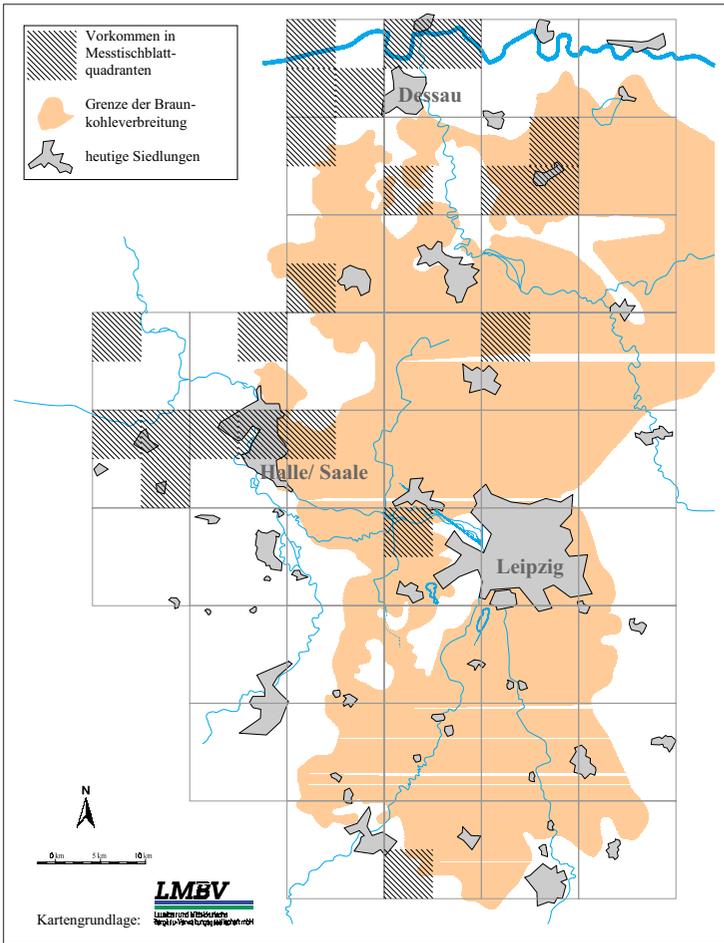


Abb. 1: Vorkommen von Arten der Ophioglossaceen in Messtischblattquadranten vor 1949.

Tagebaulflächen können damit als überdimensionale „Diasporenfallen“ mit sehr gut geeigneten Konkurrenz- und Standortbedingungen für die Ophioglossaceen wirken (TISCHEW & KIRMER 2003). Nach erfolgreicher Etablierung kann *Ophioglossum vulgatum* durch die Fähigkeit der ungeschlechtlichen Vermehrung mittels Adventivsprossen schneller und häufiger Bestände mit zahlreichen Trieben aufbauen als die Arten der Gattung *Botrychium*, denen die Möglichkeit der ungeschlechtlichen Vermehrung fehlt. Folglich genügt bei *Ophioglossum vulgatum* die Keimung eines oder nur sehr weniger Sporen zur Gründung einer Population (GÜRGENS 1966/67, WOLFF 1969). Die *Ophioglossum vulgatum*-Populationen der Tagebaufolgelandschaft entsprechen mit durchschnittlich mehreren Hundert Trieben den Populationsgrößen auf gewachsenen Standorten (Tab. 1). Nach BENNERT (1999) weisen über die Hälfte der Vorkommen im mitteleuropäischen Raum zwischen 100 und 1.000 Wedel auf.

Die Populationen der *Botrychium*-Arten haben in der Regel wesentlich weniger Triebe. Zwei Drittel der Populationen von *Botrychium lunaria* weisen Dichten bis 50 Individuen auf (BENNERT 1999). Noch individuenärmer sind die wenigen bisher bekannten Fundorte von *Botrychium matricariifolium*. Die Populationen von *Botrychium lunaria* im Tagebau Roßbach mit weit über 1.000 Individuen und von *Botrychium matricariifolium* in der Goitsche mit ca. 630 Individuen im Jahre 2001 gehören somit zu den wenigen individuenreichen Populationen im mitteleu-

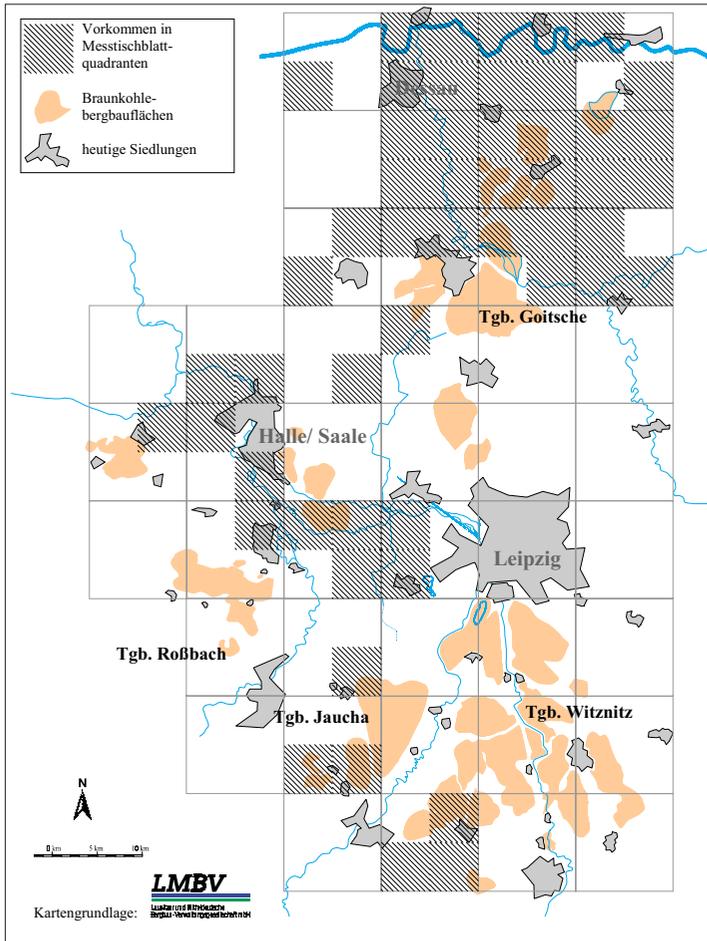


Abb. 2: Vorkommen von Arten der Ophioglossaceen in Messtischblattquadranten zwischen 1950 und 1992 (Tgb. = in diesem Beitrag erwähnte Tagebaue).

ropäischen Raum und untermauern den Stellenwert der Tagebaufolgelandschaft als Ersatzlebensraum für diese Artengruppe. Individuenreiche Populationen dieser konkurrenzschwachen Arten gehen häufig auch auf stabile Habitatbedingungen zurück. Nur auf Flächen mit sehr langsam fortschreitender oder vorwiegend stagnierender Entwicklung in mittleren Sukzessionsstadien können sich diese Arten über längere Zeit behaupten und überdurchschnittlich große Populationen aufbauen. Derartige Bedingungen sind vor allem in den unsanierten Tagebaubereichen mit den unentwickelten und nährstoffarmen Böden gegeben.

3.2. Standortökologische Einnischung der Ophioglossaceen

Eine Besiedlung der Tagebaufflächen erfolgt erst auf 20- bis 30jährigen Standorten. Bevorzugt werden nährstoffarme, lichtreiche Kippenflächen mit einer geringen Deckung der Kraut- und Strauchschicht besiedelt (LEBENDER et al. 1999). Sie sind damit in der Braunkohlebergbaufolgelandschaft typische Arten mittlerer Sukzessionsstadien. Offensichtlich müssen erst bestimmte Bodenentwicklungen, vor allem die Besiedlung mit geeigneten Mykorrhizapilzen abgeschlossen sein, damit sich diese Arten etablieren können. Die Prothallien (Vorkeime) der Ophioglossaceen sind im Gegensatz zu anderen Farnen heterotroph und können sich ohne symbiontische Pilze nicht entwickeln (BENNERT 1999).

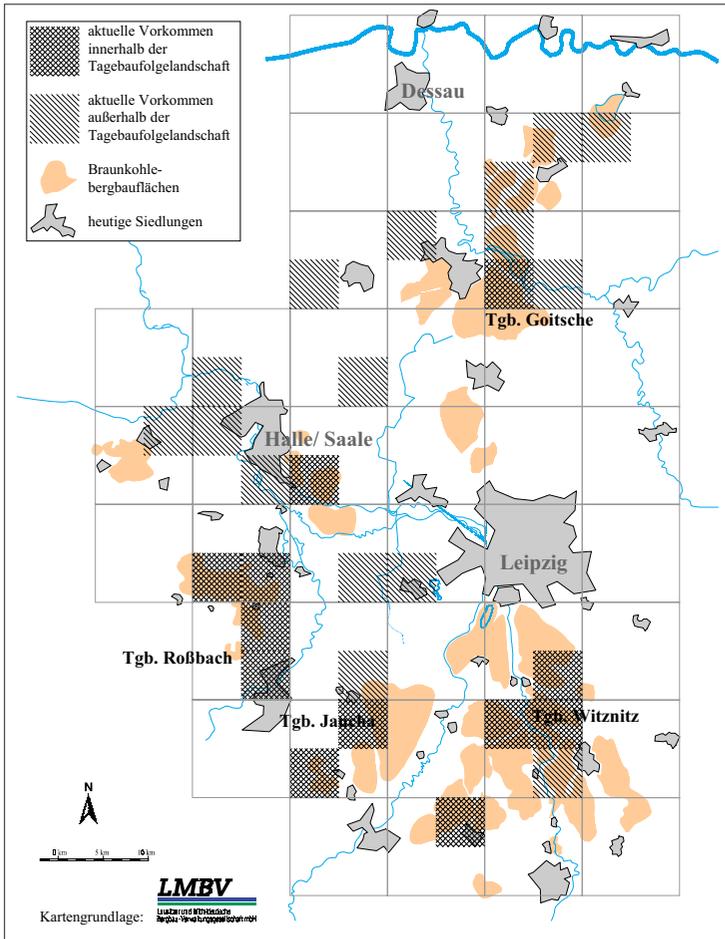
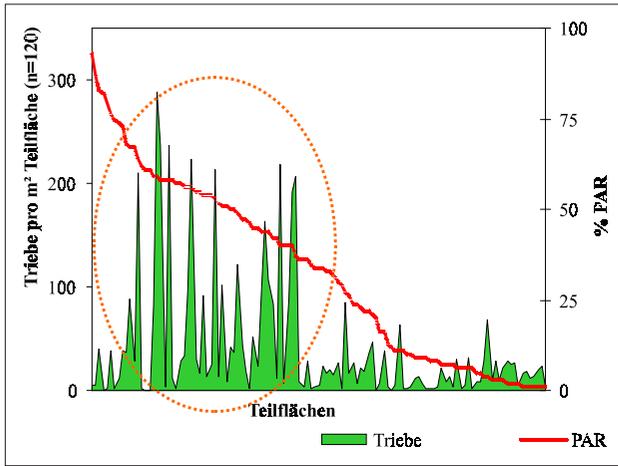


Abb. 3: Aktuelle Vorkommen (nach 1992) von Arten der Ophioglossaceen in Messtischblattquadranten (Tgb. = in diesem Beitrag erwähnte Tagebaue).

Auf den Standorten der Braunkohlebergbaufolgelandschaft mit Vorkommen von *Ophioglossum vulgatum* wurde während der Vegetationsperioden 1999–2001 mit LiCor-Photosensoren die photosynthetisch aktive Strahlung (PAR) in den Beständen der Art gemessen (Abb. 4).

Im Bereich von 36–64 % PAR im Bestand sind die höchsten Triebzahlen zu erkennen. Wird dieser Bereich der photosynthetisch aktiven Strahlung über- oder unterschritten, nehmen die Triebzahlen deutlich ab. Diese Ergebnisse unterstreichen die Bindung der Art an lichte Pionierwälder der Bergbaufolgelandschaft. In der unverritzten Kulturlandschaft ist die Art dagegen häufiger in Offenlandbiotopen (z.B. Feuchtwiesen) zu finden (BENNERT 1999).

Ophioglossum vulgatum besiedelt als feuchteliebende Art bevorzugt grundwassernahe Bereiche bzw. Substrate mit ausgeglichenem Wasserhaushalt. Die beiden *Botrychium*-Arten sind allgemein auf trockeneren Standorten zu finden und meiden stark gehölzbestandene Bereiche. Hinsichtlich des pH-Wertes wird von den Ophioglossaceen ein breites Spektrum von stark sauer bis schwach alkalisch besiedelt (Abb. 5). In Übereinstimmung mit Untersuchungen in anderen Regionen (WOLFF 1987, BREMER 1988, HUCK 1999) konnten eine Bindung von *Botrychium matricariifolium* an saure, sandige Substrate festgestellt und der durchschnittlich höhere pH-Wert an den Standorten von *Botrychium lunaria* und *Ophioglossum vulgatum* bestätigt wer-



den. Die extrem sauren Tertiär-Substrate werden aber von allen Arten gemieden. Mit einem Gehalt von 0,05-0,1 % N_t waren die Kippsubstrate des Wuchsortes sehr stickstoffarm.

Abb. 4: Anzahl von Trieben von *Ophioglossum vulgatum* in Abhängigkeit von der photosynthetisch aktiven Strahlung (PAR) im Bestand der Vorkommen in der Bergbaufolgelandschaft.

Botrychium matricariifolium ist auf der Halde 10/35 im Tagebau Goitsche vorzugsweise auf trockenen, sandigen Substraten zu finden; unmittelbar angrenzende Bereiche mit stark tonigen und damit wasserspeichernden Substraten wurden von dieser Art nicht besiedelt.

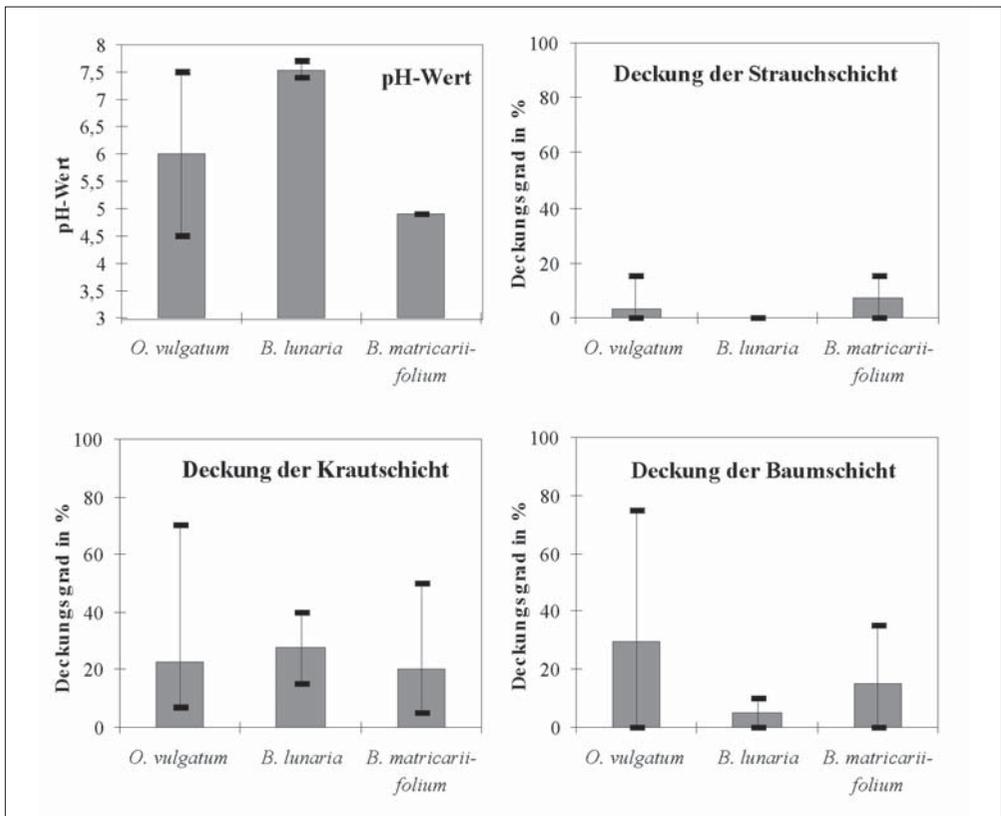


Abb. 5: Standortökologische Parameter der Ophioglossaceen-Populationen in der Tagebaufolgelandschaft (*O. vulgatum* L.: n = 54; *B. lunaria* (L.) SW.: n = 18; *B. matricariifolium* (RETZ.) KOCH: n = 7).

3.3 Untersuchungen zur Populationsentwicklung von *Ophioglossum vulgatum* auf ausgewählten Standorten

Die Population im ca. 30 Jahre alten lichten Pionierwald im Nordfeld Jaucha zeigte während des Untersuchungszeitraumes eine stabile Entwicklung (Abb. 6). Trotz geringer Deckung der Baum- und Strauchschicht blieb die Krautschicht so lückig, dass die lichtbedürftigen *Ophioglossum vulgatum*-Triebe optimale Standortbedingungen vorfanden. Dazu trug sicherlich, neben den nährstoffarmen Bedingungen (niedrige N_t -Gehalte von 0,1 %; pH-Wert 5,3-5,4), auch das hochanstehende Grundwasser bei, so dass die geringen Niederschläge in den Vegetationsperioden 1996, 1997 und 1999 (Abb. 8) kaum eine Auswirkung auf die Bestandsgröße und -struktur hatten. Die hohe Standardabweichung bei den Gesamt-Triebzahlen ist sicherlich durch die ein- bis gelegentlich mehrjährigen Ruhephasen bedingt, die *Ophioglossum vulgatum* ohne Ausbildung oberirdischer Organe einlegen kann (BENNERT 1999). Für diese insgesamt sehr individuenreiche Population wird auch für die nächsten Jahre eine stabile Bestandsentwicklung prognostiziert.

Außer der oben besprochenen Population in lichten Pionierwäldern wurde eine weitere Population in einem dichteren Pionierwald des Nordfeldes Jaucha untersucht. Diese Population

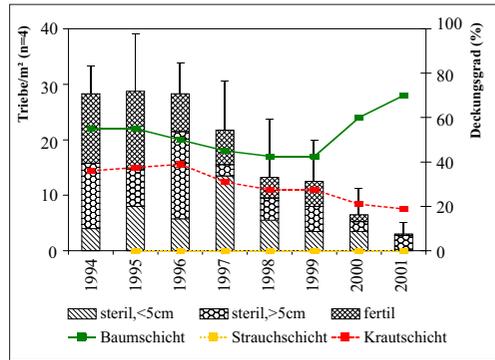
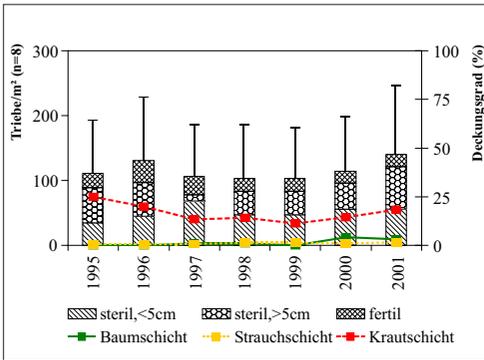


Abb. 6: Entwicklung der *Ophioglossum vulgatum*-Population im lichten Pionierwald im Nordfeld Jaucha (J4) im Untersuchungszeitraum 1995 bis 2001 (Flächengröße: 1 m²). Die Standardabweichungen wurden für die Gesamt-Triebzahlen angegeben.

Abb. 7: Entwicklung der *Ophioglossum vulgatum*-Population im dichten Pionierwald im Nordfeld Jaucha (J1) im Untersuchungszeitraum 1994 bis 2001 (Flächengröße: 1 m²). Die Standardabweichungen wurden für die Gesamt-Triebzahlen angegeben.

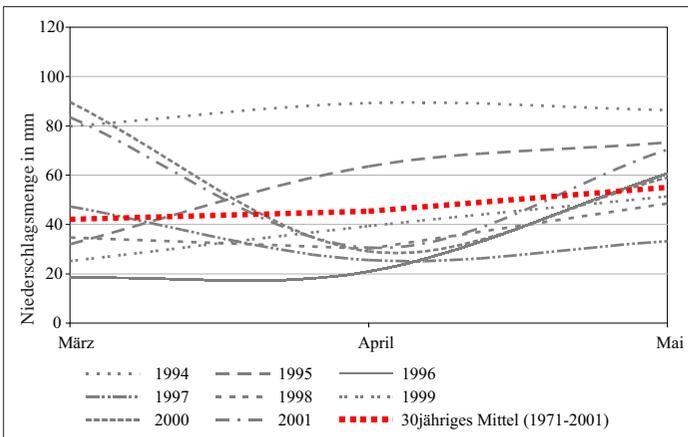


Abb. 8: Niederschlagsverteilung im Untersuchungszeitraum (Klimastation Doebri-Pirkau, Referenzstation für Nordfeld Jaucha).

weist aufgrund der im Vergleich zu Fläche J4 höheren Baumschichtdeckung eine wesentlich geringere Triebdichte/m² auf. Auf Grund einer Veränderung der Konkurrenzsituation in der Krautschicht (Zunahme von *Eupatorium cannabinum*) in Kombination mit einer weiteren Zunahme der Baumschichtdeckung wurde hier ein Zusammenbruch der Population beobachtet (Abb. 7). Die mittlere Triebzahl von *O. vulgatum* betrug 2001 nur noch weniger als 3 Triebe/m² und es konnten kaum noch fertile Wedel ausgebildet werden. Ebenso wie die Population im lichten Pionierwald ist der grundwassernahe Standort durch einen stickstoffarmen, lehmig-schluffigen Sand gekennzeichnet. Lediglich der pH-Wert ist mit 6,5-7,5 höher und könnte eine Ursache für die raschere Sukzession sein, in deren weiterem Verlauf mit einer vollständigen Verdrängung der *Ophioglossum vulgatum*-Population zu rechnen ist.

Die Populationsentwicklung auf der Halde 10/35 im Tagebau Goitsche (Alter ca. 30 Jahre, toniges Substrat; pH-Wert 4,3-5,0) ist durch eine deutliche Abnahme der *Ophioglossum vulgatum*-Triebe im Untersuchungszeitraum zwischen 1995 und 2001 gekennzeichnet, die hauptsächlich auf Einbrüche in den Triebzahlen in den Jahren 1997 und 2000 zurückgeht (Abb. 9). Ähnliche Entwicklungen sind auch in der Krautschicht zu verzeichnen, während die Baum- und Strauch-

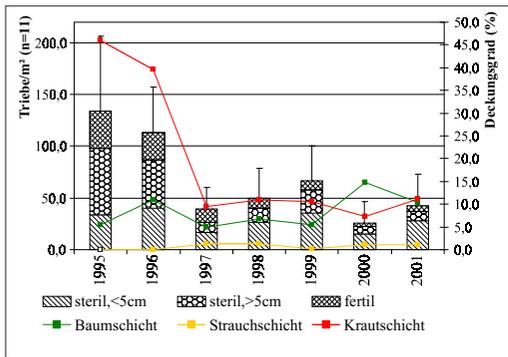


Abb. 9: Entwicklung der *Ophioglossum vulgatum*-Population im lichten Pionierwald Halde 10/35 (G) im Untersuchungszeitraum 1995 bis 2001 (Flächengröße: 1 m²). Die Standardabweichungen wurden für die Gesamt-Triebzahlen angegeben.

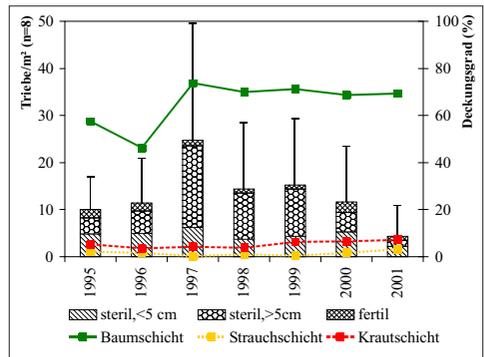


Abb. 11: Entwicklung der *Ophioglossum vulgatum*-Population im Pionierwald (Bruchwald Witznitz, Wil) im Untersuchungszeitraum 1995 bis 2001 (Flächengröße: 1 m²). Die Standardabweichungen wurden für die Gesamt-Triebzahlen angegeben.

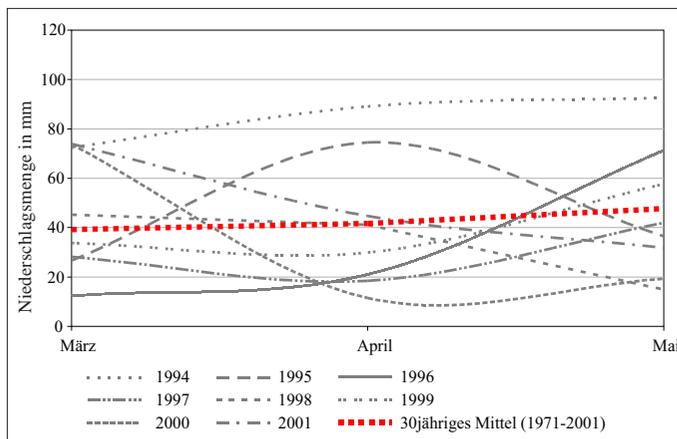


Abb. 10: Niederschlagsmengenverteilung im Untersuchungszeitraum (Klimastation Schönwölkau, Referenzstation zu Halde 1035, vgl. Abb. 11)

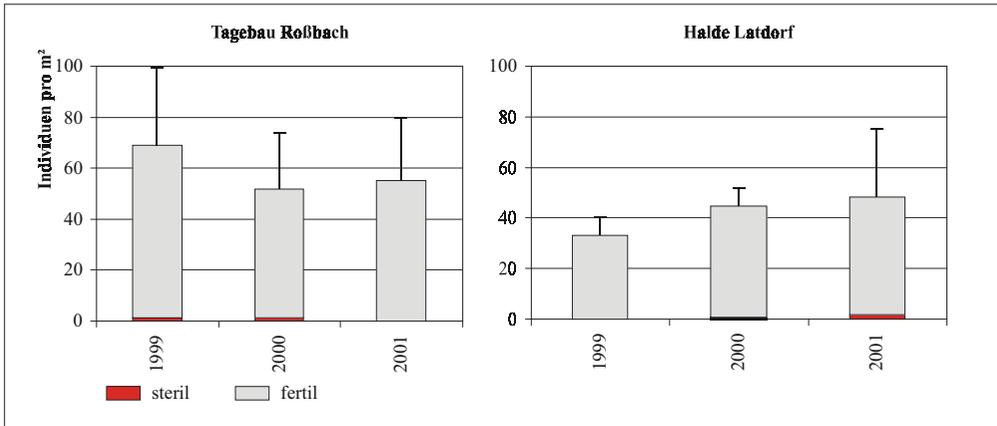


Abb. 12: Entwicklung der *Botrychium lunaria*-Population im Tagebau Roßbach und auf der Halde Latdorf im Untersuchungszeitraum 1999 bis 2001 (Flächengröße: 1m²). Die Standardabweichungen wurden für die Gesamt-Individuenzahlen angegeben.

schicht relativ konstante Werte aufweist. Damit kann nicht prinzipiell von einer Verschlechterung der Konkurrenzbedingungen für *Ophioglossum vulgatum* ausgegangen werden.

Vielmehr reagierte die Art auf dem grundwasserfernen Standort auf den Witterungsverlauf. Diese Hypothese wird durch den ähnlich starken Rückgang einiger Feuchte- und Nässezeiger unterstützt. Vor allem in den Untersuchungsjahren 1996, 1997 und 2000 wurden in den Monaten März, April und Mai unterdurchschnittliche Niederschlagsmengen gemessen, in deren Folge *Ophioglossum vulgatum* frühzeitig vertrocknete (Abb. 10). Die individuenstarke Gesamt-Population auf der Halde 10/35 wird jedoch zukünftig, zumindest mittelfristig, von der Flutung des Tagebaus und der damit gekoppelten Verbesserung des Wasserhaushaltes profitieren. Es ist davon auszugehen, dass das wahrscheinlich noch vorhandene Rhizomgeflecht in feuchteren Jahren wieder vermehrt austreiben kann und eine Neubesiedlung von den verbliebenen Teilpopulationen aus stattfinden wird.

Zu einem der ältesten Standorte mit einer Population von *Ophioglossum vulgatum* gehört der Tagebau Witznitz (Alter: 60 Jahre; pH-Wert: 4,8-5,0; schluffiger Sand mit hohem Kohlenanteil), der, obwohl in Sachsen gelegen, hier zum Vergleich vorgestellt werden soll. Auf dem ehemals grundwassernahen und inzwischen einer Grundwasserabsenkung unterliegenden Standort ging die Populationsdichte auf den Untersuchungsflächen immer mehr zurück (Abb. 11). Die außerhalb der Dauerbeobachtungsflächen beobachtete Zunahme von Trieben weist eventuell auf eine bessere Wasserversorgung der betreffenden Bereiche hin und zeigt auch ein Problem fest vermarkter Dauerbeobachtungsflächen bei der Bewertung der Gesamt-Populationsentwicklung auf. Die weitere Bestandsentwicklung wird einerseits von der weiteren Verfügbarkeit von Waldlichtungen und andererseits von der Entwicklung des Gebietswasserhaushaltes abhängen und ist deshalb, vor allem in Hinblick auf den Wasserhaushalt, schwer zu prognostizieren.

3.4 Populationsentwicklung von *Botrychium lunaria* auf ausgewählten Standorten

Die individuenstarke Population von *Botrychium lunaria* im Tagebau Roßbach wurde mit einer weiteren Population auf einem Sekundärstandort (Halde Latdorf, Kaliabbau) verglichen (Tab. 2). Beide Populationen sind in lichten Grasfluren auf trockenen Standorten zu finden.

Tab. 2: Angaben zu den Standorten von Populationen von *Botrychium lunaria*.

	Tagebau Roßbach	Halde Latdorf
Alter der Flächen bzw. Abbauende	1974	ca. 50 Jahre
pH-Wert	7,7	7,8
Substrat	Sand	Schluff

Im Untersuchungszeitraum konnten keine signifikanten Veränderungen der Populationsdichten festgestellt werden (Abb. 12). Im Gegensatz zu den langjährigen Untersuchungen an *Ophioglossum vulgatum* können auf Grund der kurzen Zeitreihen noch keine Prognosen gestellt werden. Die relativ stabilen Biotopstrukturen (Stagnation der Sukzession in lichten Grasfluren mit Einzelgehölzen) werden aber zumindest mittelfristig den Bestand der Populationen sicherstellen.

3.5 *Botrychium matricariifolium* in der Tagebaufolgelandschaft der Goitsche – Populationsdynamik, Vergesellschaftung und Entwicklungsprognose

Die Besiedlung der Halde 10/35 ging eventuell von einer Population nahe Bitterfeld aus (VOIGT 1993), die aber derzeit als verschollen gilt. Alle anderen Populationen, zum Beispiel im ehemaligen Verbreitungsschwerpunkt im Harz, sind bereits vor mehr als 50 Jahren erloschen.

Die frühen Sukzessionsstadien erschwerten bisher die Eingliederung der Vorwälder nach soziologischen Gesichtspunkten. Diese Lücke schließt die Arbeit von KLEINKNECHT (2001a, b), in der die Vorwälder der Tagebaufolgelandschaft vegetationskundlich erfasst und beschrieben werden. Die Vorwälder der Halde 10/35 sind nach dieser Arbeit den Pionierwäldern trockener bis frischer Standorte auf Kippflächen zuzuordnen und werden als eine neue Assoziation, das Hieracio piloselloides-Betuletum pendulae, beschrieben. Die charakteristische Artenkombination des Betuletum pendulae mit *Betula pendula* (dominant), *Populus tremula*, *Calamagrostis epigejos*, *Solidago canadensis*, *Hieracium piloselloides*, *Hieracium laevigatum*, *Quercus robur* (Krautschicht), *Crataegus monogyna* (Krautschicht) ist auf der Halde 10/35 mit hoher Stetigkeit anzutreffen, weshalb die Zuordnung dieser Vorwälder zum genannten Vegetationstyp gerechtfertigt ist (Tab. 3). Typisch für diese Assoziation ist das gemeinsame Auftreten von ruderalen Arten vorangegangener Sukzessionsstadien (*Calamagrostis epigejos*, *Solidago canadensis*) als auch von Waldarten späterer Entwicklungsstadien (*Hieracium murorum*, *Poa nemoralis*, *Quercus robur*). Das Hieracio-Betuletum steht außerdem den Quercetalia robori-petraeae nahe (KLEINKNECHT 2001a, b) und läßt auf der Halde 10/35 im Rahmen der Sukzession eine Weiterentwicklung zu dieser Ordnung vermuten. Die Charakterarten der Assoziation *Deschampsia flexuosae*-Quercetum roboris (Birken-Eichenwälder der trockeneren, kontinentaleren Landschaften) sind mit den Gehölzarten *Quercus robur*, *Betula pendula*, *Pinus sylvestris* und *Sorbus aucuparia* sowie in der Krautschicht mit *Agrostis capillaris*, *Poa pratensis*, *Carex pilulifera* (SCHUBERT et al. 2001) bereits auf der Halde 10/35 vertreten.

Durch die mosaikartige, kleinräumige Verkipfung der unterschiedlichen Substrate verläuft die Sukzession oftmals heterogen. Neben Altersphasen der Pionierwälder sind immer wieder kleinräumige Bereiche mit jüngeren Vorwaldstadien oder sogar mit weitgehend offenen Magerrasenkomplexen zu finden. In diesen Bereichen mit verzögerter Sukzession konnten sich konkurrenzschwache Arten wie *Botrychium matricariifolium* etablieren und durch die relativ stabilen Bedingungen ihre derzeitigen Bestandsgrößen erreichen (vgl. Abb. 13). Auch die Vegetationsstruktur der Krautschicht scheint großen Einfluß auf die Etablierungsprozesse die-

Tab. 3: Pflanzensoziologische Einordnung der Aufnahmen am Standort von *Botrychium matricariifolium*; Angaben zur Häufigkeit in Stetigkeitsklassen

BAUMSCHICHT		Offenlandgesellschaften	
<i>Betula pendula</i>	III	O. Arrhenatheretalia	
STRAUCHSCHICHT		<i>Leucanthemum vulgare</i> agg.	III
<i>Betula pendula</i>	I	<i>Lotus corniculatus</i> agg.	I
<i>Pinus sylvestris</i>	II	<i>Leontodon autumnalis</i>	I
<i>Populus tremula</i>	I	<i>Picris hieracioides</i>	II
KRAUTSCHICHT		<i>Achillea millefolium</i> agg.	V
Vorwald- & Waldgesellschaften		<i>Cerastium holosteoides</i>	I
Hieracio piloselloidis-Betuletum pendulae		<i>Taraxacum officinale</i> agg.	I
<i>Betula pendula</i>	IV	Kl. Artemisietea	
<i>Populus tremula</i>	II	<i>Hypericum perforatum</i>	III
<i>Pinus sylvestris</i>	V	Kl. Sedo-Scleranthetea	
<i>Poa angustifolia</i>	IV	<i>Hieracium pilosella</i>	V
<i>Calamagrostis epigejos</i>	V	<i>Cerastium pumilum</i> agg.	II
<i>Quercus robur</i>	I	<i>Helichrysum arenarium</i>	I
<i>Hieracium piloselloides</i>	II	<i>Hypochoeris radicata</i>	I
<i>Solidago canadensis</i>	I	<i>Botrychium matricariifolium</i>	V
Kl. Quercetea robori-petraeae		Schlagflurarten/Pionierarten	
<i>Hieracium lachenalii</i>	III	<i>Epilobium angustifolium</i>	II
<i>Carex pilulifera</i>	I	<i>Gnaphalium sylvaticum</i>	III
<i>Hieracium murorum</i>	V	Sonstige Begleitarten	
		<i>Lysimachia vulgaris</i>	I
		<i>Rosa canina</i>	II
		<i>Valeriana officinalis</i> agg.	I

ser Farnart zu haben. Auffallend ist die hohe Dichte von *Botrychium matricariifolium* in den Dominanzbeständen von *Hieracium pilosella*. Durch seinen niedrigen Wuchs von wenigen Zentimetern scheint *Hieracium pilosella* für das konkurrenzschwache *Botrychium matricariifolium* ein idealer Partner zu sein. Die Rosetten bedecken stellenweise bis zu 60% des Bodens und begünstigen somit ausgeglichenerere Feuchteverhältnisse der sandigen Substrate. *Botrychium matricariifolium* erreicht dort Dichten von bis zu 30 Individuen pro m². In den weniger stark besonnten Bereichen wird *Hieracium pilosella* durch Dominanzbestände von *Fragaria vesca* (ebenfalls eine ausläuferbildende Rosettenpflanze) abgelöst. Auch die *Fragaria*-Bestände werden von *Botrychium matricariifolium* mit hohen Individuendichten von bis zu 10 Individuen pro m² besiedelt. Eher sporadisch sind Einzelindividuen des Rautenfarns in den übrigen, meist höherwüchsigen, konkurrenzstärkeren Pflanzenbeständen zu verzeichnen. Vor allem die dichten *Calamagrostis epigejos*-Dominanzbestände, mit den typischen, bis 20 cm starken Streumatten, sind für *Botrychium matricariifolium* schwer besiedelbar.

Abbildung 13 zeigt auch die Individuenverteilung von *Botrychium matricariifolium* auf der Halde 10/35. Während östlich der Kernpopulation Neuetablierungen stattfanden, konnten westlich der Kernpopulation keine Individuen von *Botrychium matricariifolium* gefunden werden. Dies wird durch die Hauptwindrichtung Südwest bedingt. Diese Tatsache ist ein Hinweis auf den Einfluss der Windbewegungen für die lokale Ausbreitung nach der Etablierung über Fernausbreitung.

Im Jahr 1995 wurde die Art von der Erstautorin und Projektmitarbeitern bei Geländearbeiten entdeckt. Zu diesem Zeitpunkt wurde die Populationsgröße mit ca. 50 Individuen angegeben.

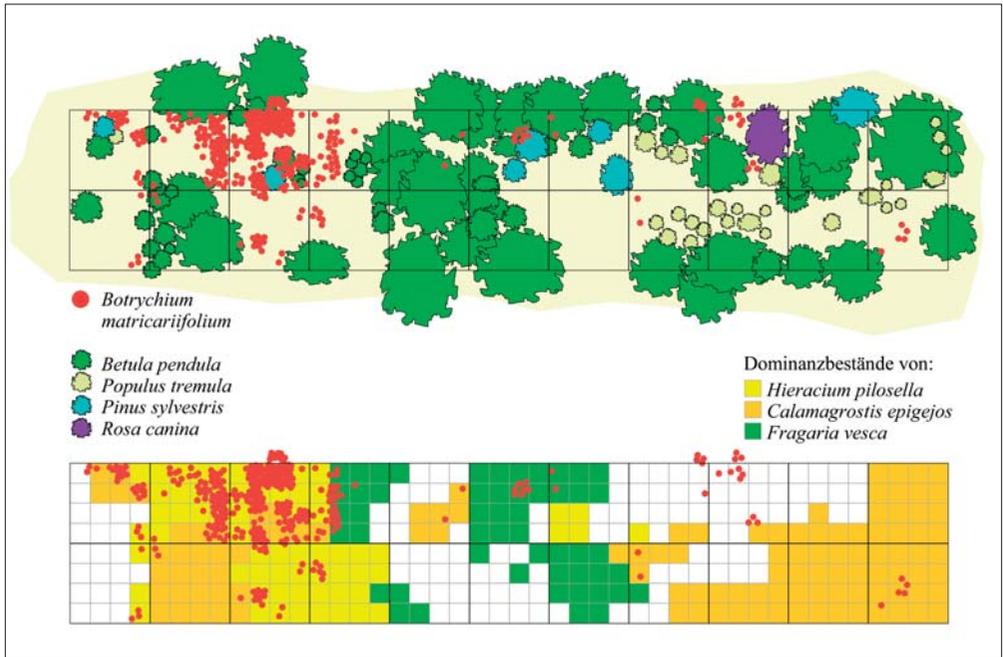


Abb. 13: Vergesellschaftung von *Botrychium matricariifolium* am Standort Halde 10/35 (Goitsche bei Bitterfeld). Rastergröße 1 m² (kleine Teilflächen) bzw. 16 m² (große Teilflächen).

Von 1997 bis 2001 wurden jährlich im Mai Individuenzählungen der Gesamtpopulation durchgeführt (Abb. 14). Bis heute ist die Population stetig gewachsen und erreichte in der Vegetationsperiode 2001 ca. 630 Individuen. Auf den sieben Dauerbeobachtungsflächen nahm die durchschnittliche Individuenzahl von 14,4/m² im Jahr 2000 auf 19,9/m² im Jahr 2001 zu. Nach aktuellen Angaben von BENNERT (1999) sind 3/4 aller bekannten Populationen von *Botrychium matricariifolium* sehr individuenarm (bis 10 Individuen). Nur ein beschriebener Standort in Deutschland umfasst derzeit mehr als 1.000 Individuen (BENNERT 1999). Die Population bei Bitterfeld ist mit ca. 630 Individuen demnach die zweitgrößte bekannte Population dieser Art in Deutschland.

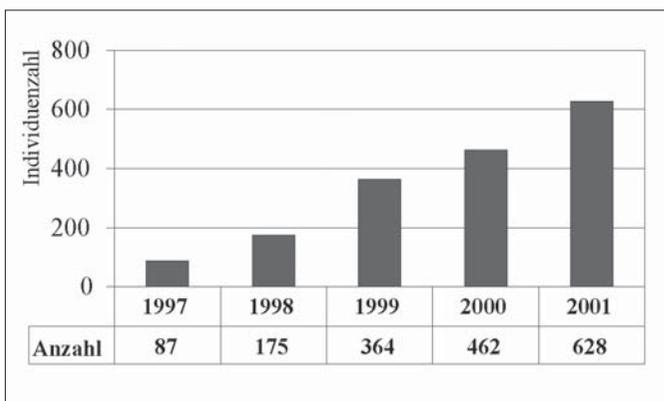


Abb. 14: Bestandsentwicklung von *Botrychium matricariifolium* von 1997 bis 2001.

Im Zuge neuer und engmaschigerer floristischer Kartierungen sind in letzter Zeit einige neue Fundortmeldungen zu Ophioglossaceen, insbesondere von *Botrychium matricariifolium* zu verzeichnen. *Botrychium matricariifolium* wurde deshalb z.B. in der bundesweiten Roten Liste von Kategorie 1 in Kategorie 2 überführt. Auch im Tagebaugebiet Spreetal bei Hoyerswerda konnte die Art nachgewiesen werden (HORN & SCHMID 1999). Zum Großteil befinden sich die Neufunde auf Sekundärstandorten, wie Leitungstrassen, Waldwegen oder Sandgruben (BENNERT 1999). Die häufige Vergesellschaftung mit Arten der frühen Entwicklungsstadien von Magerrasen (z.B. *Hieracium pilosella*, *Helichrysum arenarium*, *Hypochoeris radicata*) unterstreichen den Pioniercharakter dieser Art. *Botrychium matricariifolium* nutzt demnach auch deutschlandweit konkurrenzarme Standorte zur Etablierung und wird im Zuge der Sukzession von konkurrenzkräftigeren Arten wieder verdrängt. Voraussichtlich ist die Zeitspanne der möglichen Besiedelbarkeit bis zum Verschwinden von *Botrychium matricariifolium* auf Standorten außerhalb der Braunkohletagebaue wesentlich kürzer als innerhalb. Durch den großflächigen Abbau und die oberflächliche Ablagerung unterschiedlichster, sowohl steriler als auch besiedlungsfeindlicher Substratschichten im Zuge des Braunkohleabbaus, müssen in Extremfällen langjährige Phasen der Bodengenesse durchlaufen werden, damit Pflanzen diese Standorte besiedeln können. Das führt zum Nebeneinander unterschiedlichster Entwicklungsstadien, in denen auch für *Botrychium matricariifolium* geeignete Standorte entstehen.

4 Allgemeine Schlussfolgerungen zum Erhalt der Ophioglossaceen in der Bergbaufolgelandschaft

Die wohl einfachste und zugleich effektivste Möglichkeit zur Erhaltung der Ophioglossaceen ist das Zulassen einer ungestörten Sukzession auf möglichst vielen Standorten der Bergbaufolgelandschaft; kostenintensive Pflegemaßnahmen werden hierbei überflüssig. Voraussetzung ist der konsequente Verzicht auf weitere Maßnahmen zur Bodenverbesserung und zur Aufforstung in den Sukzessionsbereichen. Leider ist im Zuge von Gestaltungs- und Sanierungsmaßnahmen bereits ein deutlicher Rückgang potenzieller Standorte der Ophioglossaceen zu verzeichnen. Die verbliebenen Sukzessionsflächen in verschiedenen Bereichen der Braunkohlebergbaufolgelandschaft können jedoch bei entsprechender Sicherung den Erhalt gewährleisten. Da die Standorte z. Z. nur wenigen anthropogenen und natürlichen Störfaktoren ausgesetzt sind, ist wegen der relativ hohen Populationsgrößen mit zumeist mehr als 100 Individuen bzw. Trieben vor allem für *Ophioglossum vulgatum* das Auslöschungsrisko gegenwärtig als gering einzuschätzen. Für alle drei Arten ist auf Grund der Fähigkeit zur Fernausbreitung auch die Möglichkeit von Neubesiedlungen nach Erlöschen einzelner Teilpopulationen gegeben, da weitere Biotope in der Braunkohlebergbaufolgelandschaft während der nächsten 30 Jahren ein geeignetes Entwicklungsstadium erreicht haben werden (aktuell Rohbodenstadium analoger Standorte) und durch Flächenkäufe (z.B. durch den BUND) gesichert sind. Damit kann sicherlich die Verdrängung auf Grund fortschreitender Sukzessionsprozesse auf bereits besiedelten Flächen kompensiert werden (Besiedlung neuer Standorte, die sich nach Durchlaufen entsprechender Bodengenesse-Stadien zu geeigneten Standorten entwickeln).

Es wird bezweifelt, dass durch die Entnahme von Gehölzen in Beständen, in denen die Baum- und/oder Strauchschicht auf Grund fortgeschrittener Sukzession zu dicht wird, tatsächlich über längere Zeiträume geeignete Wuchsorte für die Natternzungenfarnen erhalten werden können. Vielmehr ist zu befürchten, dass durch derartige Maßnahmen andere, konkurrenzkräftigere Krautschichtarten von dem erhöhten Lichtgenuss stärker profitieren, da die Bodengenesse auf diesen Standorten ein entsprechendes Stadium erreicht hat. Der lichte Pionierwaldcharakter würde sich eventuell durch aufwändige weitere Maßnahmen wie Oberbodenentnahme oder

extensive Beweidung erhalten lassen. Auf sehr nährstoffarmen Standorten mit *Ophioglossum vulgatum*-Populationen kann durch eine Steuerung des Wasserhaushaltes (Vernässung) ein Gehölzaufkommen bei gleichzeitigem Erhalt einer lichten Krautschicht erfolgreich sein. *Botrychium lunaria*-Populationen werden dagegen vor allem auf extrem trockenen und sehr nährstoffarmen (aber durchaus karbonatreichen) Standorten von der verminderten Konkurrenz-kraft der Gehölze und anderer Krautschichtarten profitieren.

Insbesondere der Population von *Botrychium matricariifolium* auf der Halde 10/35 in der Goitsche muss trotz der positiven Populationsentwicklung und der erreichten Individuenzahl besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden, da sie die einzige in Sachsen-Anhalt ist und unvorhersehbare flächenhaft stochastische Ereignisse fatale Folgen hätten. Mit der weiteren Entwicklung von lichten Birkenvorwäldern in der Goitsche ist die Hoffnung auf eine Ausbreitung der Art verbunden.

Bei einem Monitoring der Populationen muss beachtet werden, dass die komplizierte und langwierige Reproduktionsphase der Ophioglossaceen, die kaum sichtbaren Prothallien und ein- bis gelegentlich mehrjährigen Ruhephasen ohne Ausbildung oberirdischer Organe (BENNERT 1999) oft Schwankungen in der (oberirdisch sichtbaren) Populationsdichte nach sich ziehen und damit Angaben zu den tatsächlichen Gesamt-Populationsgrößen nur im Rahmen von Langzeitbeobachtungen leistbar sind.

Literatur

- AD-HOC-ARBEITSGRUPPE BODEN (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung: Ad-hoc-Arbeitsgruppe Boden der Geologischen Landesämter und der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe der Bundesrepublik Deutschland. 4. Auflage. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- BENNERT, W. H. (1999): Die seltenen und gefährdeten Farnpflanzen Deutschlands - Biologie, Verbreitung, Schutz. Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.). Bonn. 382 S.
- BONN, S. & POSCHLOD, P. (1998): Ausbreitungsbiologie der Pflanzen Mitteleuropas: Grundlagen und kulturhistorische Aspekte. Quelle und Meyer, Wiesbaden. 404 S.
- BREMER, P. (1988): *Ophioglossum vulgatum* L. in de bossen van de IJsselmeerpolders. *Gorteria* **14**: 131–137.
- FBM - Forschungsverbund Braunkohlenfolgelandschaften Mitteldeutschlands (1999): Forschungsverbund Braunkohlentagebaulandschaften Mitteldeutschlands – Konzepte für die Erhaltung, Gestaltung und Vernetzung wertvoller Biotope und Sukzessionsflächen in ausgewählten Tagebausystemen. Endbericht. Auftraggeber: BMBF, LMBV, Land Sachsen Anhalt.
- FLB - Forschungsverbund Landschaftsentwicklung Mitteldeutsches Braunkohlenrevier (2003): Forschungsverbund Landschaftsentwicklung Mitteldeutsches Braunkohlenrevier „Analyse, Bewertung und Prognose der Landschaftsentwicklung in Tagebauregionen des Mitteldeutschen Braunkohlenreviers“. Endbericht. Auftraggeber: BMBF und Land Sachsen Anhalt.
- GÜRGENS, K. (1966/67): Zur Verbreitung, Ökologie und Vergesellschaftung der *Botrychium*-Arten im Vogtland. *Berichte der Arbeitsgemeinschaft sächsischer Botaniker* **8**: 159–167.
- HORN, K. & SCHMID, M. (1999): Ein Neufund der Ästigen Mondraute (*Botrychium matricariifolium*) im ehemaligen Braunkohletagebauegebiet Spreetal bei Hoyerswerda. *Sächsische Floristische Mitteilungen* **5**: 3–7.
- HUCK, S. (1999): Die Ästige Mondraute *Botrychium matricariifolium* im hessischen Buntsandsteinspessart. *Natur u. Mus.* **129**: 107–118.
- KLEINKNECHT, U. (2001a): Primäre Gehölzsukzession in der Bergbaufolgelandschaft des Leipziger Südraums. Dissertation. Univ. Leipzig.
- KLEINKNECHT, U. (2001b): Vegetationskundliche Beschreibung und Einordnung der natürlich aufgewachsenen Birken-Zitterpappel-Vorwälder der Bergbaufolgelandschaft des Leipziger Südraumes – das Hieracio piloselloidis-Betuletum pendulae ass. nov. *Tuexenia* **21**: 39–50.
- LEBENDER, A., TISCHEW, S. & HEYDE, K. (1999): Populations- und standortökologische Untersuchungen an Ophioglossaceen in der mitteldeutschen Tagebaufolgelandschaft. *Natur und Landschaft* **12**: 523–529.
- SCHUBERT, R.; HILBIG, W. & KLOTZ, S. (2001): Bestimmungsbuch der Pflanzengesellschaften Deutschlands. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg. 472 S.
- TISCHEW, S. (1996): Analyse von Mechanismen der Gehölzsukzession auf Braunkohlentagebaukippen. *Verh. Ges. Ökol.* **26**: 407–417.

- TISCHEW, S. & KIRMER, A. (2003): Entwicklung der Biodiversität in Tagebaufolgelandschaften: Spontane und initiierte Besiedlungsprozesse. *Nova Acta Leopoldina* NF 87, Nr. 328: 249–286.
- TISCHEW, S. & MAHN, E.-G. (1998): Ursachen räumlicher und zeitlicher Differenzierungsprozesse von Silbergrasfluren und Sandtrockenrasen auf Flächen des mitteldeutschen Braunkohlentagebaus – Grundlagen für Renaturierungskonzepte. *Verh. Ges. Ökol.* 28: 307–17.
- VOIGT, O. (1993): Flora von Dessau und Umgebung. 2. überarb. u. erg. Aufl. Naturwiss. Beitr. Mus. Dessau. Sonderheft. 160 S.
- WILMANN, O. (1989): Ökologische Pflanzensoziologie. Verlag Quelle und Meyer Heidelberg. 479 S.
- WOLFF, P. (1969): Ophioglossaceen im Saarland. *Faunistisch-floristische Notizen aus dem Saarland* 2: 27–42.
- WOLFF, P. (1987): Die Mondrauten *Botrychium matricariifolium* und *Botrychium lunaria* in der Westpfalz und im Ostsaarland. *Mitteilungen der Pollichia* 74: 205–220.

Anschrift der Autoren

Prof. Dr. Sabine Tischew
Hochschule Anhalt
Fachbereich Landwirtschaft,
Ökotrophologie und Landespflege
Strenzfelder Allee 28
D-06406 Bernburg
tischew@loel.hs-anhalt.de