

# Bestandsdynamik, Ökologie und Soziologie von *Botrychium simplex* in der Senne (Nordrhein-Westfalen)

H. Wilfried Bennert, Bochum, Irmgard und Willi Sonneborn, Bielefeld &  
Karsten Horn, Uttenreuth

## 1 Einleitung

*Botrychium simplex* E. HITCHC. (Einfache Mondraute) ist eine Art der gemäßigten bis kühl-gemäßigten Zone mit einem Areal, das Europa, Grönland, das östliche und westliche Nordamerika sowie Japan umfasst (DOSTÁL 1984, HULTÉN & FRIES 1986). In Europa besitzt die Art zwei Teilareale: Ein nördliches, das Island, Skandinavien, das Baltikum, Nordrußland und Dänemark einschließt und Vorposten in Norddeutschland aufweist sowie ein südliches, das sich über die mitteleuropäischen Gebirge bis zu den Pyrenäen, Norditalien und Korsika erstreckt (JALAS & SUOMINEN 1972). In diesem Teilareal wird *Botrychium simplex* als Glazialrelikt gedeutet.

In Deutschland ist *B. simplex* die seltenste Mondrauten-Art und war jahrzehntelang verschollen. Erst 1993 gelang wieder ein sicherer Nachweis durch I. und W. SONNEBORN (1994) in der Senne bei Bielefeld. Dieses Vorkommen ist insofern bemerkenswert, als die Art vorher nie in Nordrhein-Westfalen gefunden wurde. *B. simplex* ist allerdings besonders kleinwüchsig (Blätter nur 1–15 cm lang) und kann leicht übersehen werden. MELZER (1990) hat sie trefflich als Pflanze charakterisiert, die man nur "auf allen vieren" zu Gesicht bekommen kann. Die übrigen Nachweise aus Deutschland stammen, von ganz wenigen Ausnahmen abgesehen, aus dem 19. Jahrhundert (BERTSCH 1951, BENKERT 1982, SEBALD et al. 1993). Im Jahre 1962 wurde *B. simplex* in Brandenburg (Treuenbrietzen) entdeckt, wobei es sich vermutlich um den Wiederfund eines längst verschollenen Vorkommens handelte (BENKERT 1982). Allerdings konnte dieses Vorkommen trotz Nachsuche in den letzten Jahren nicht bestätigt werden. Über die Populationsbiologie von *B. simplex* ist wenig bekannt. Die Art gilt als noch unbeständiger, als dies bei Mondrauten generell der Fall ist. Mancherorts kann sie jahrzehntelang ausbleiben, um dann am gleichen Wuchsort erneut zu erscheinen (ØLLGAARD & TIND 1993).

Seit der Entdeckung des Vorkommens in der Senne wurde der Bestand von drei der Autoren (I. S., W. S. und W. B.) alljährlich im Frühjahr aufgesucht. Dabei wurden die Bestandsgröße und populationsbiologische Besonderheiten protokolliert. Im Jahr 1996 wurde die Vergesellschaftung der Art durch pflanzensoziologische Aufnahmen dokumentiert. Über diese achtjährigen Beobachtungen soll im Folgenden berichtet werden.

## 2 Material und Methoden

Der Bestand von *B. simplex* wurde von 1994–2001 jeweils im Frühjahr aufgesucht, wobei nach Möglichkeit der phänologisch günstigste Zeitpunkt (gerade einsetzende Sporenreife) ausgewählt wurde; je nach Witterungsverlauf war dies der Zeitraum zwi-

schen Mitte Mai und Mitte Juni. Danach verwelken die Blätter rasch, vor allem bei Trockenheit, und bereits im Juli sind die Pflanzen oberirdisch nicht mehr aufzufinden. Die Bestandsgröße wurde durch Auszählen der Blätter ermittelt, wobei auch sterile Blätter mit gezählt wurden. Die Blattzahl liefert allerdings kein genaues Maß für die Anzahl der Individuen, da von einem unterirdischen Rhizom in einer Vegetationsperiode 1 bis 10 Blätter gebildet werden können. Die Zählungen sind mit Fehlern behaftet, da vor allem die kleineren Blätter (die gerade mal 10 mm Länge erreichen) in der Vegetationsdecke selbst in gebückter Haltung nur schwer auszumachen sind. Die Zahlenangaben stellen daher die unterste Grenze der tatsächlichen Verhältnisse dar. Um Mehrfachzählungen auszuschließen, wurden die Pflanzen markiert (mit Streichhölzern, Holzstöckchen oder Plastikspießchen). Weiterhin wurden die Blattgröße ermittelt (durch Ausmessen der größten und kleinsten Blätter sowie einiger Blätter mit mittlerer Größe) und Angaben zur Sporenproduktion notiert.

1995 wurde eine (mechanisch beschädigte) größere Pflanze mit Blättern, Rhizom und Wurzeln sowie ein winziger Sporophyt mit kleinem Rhizom (der zufällig bei der Entnahme einer Bodenprobe entdeckt wurde) für morphologische Analysen entnommen. Die Pflanzen wurden in Alkohol fixiert und später mit einem Zeichenapparat gezeichnet.

Im Jahr 1996 wurde die Vergesellschaftung durch pflanzensoziologische Aufnahmen nach der Methode von BRAUN-BLANQUET (1964) dokumentiert; verwendet wurde eine verfeinerte Artmächtigkeitsskala nach REICHELT & WILMANN (1973) in Anlehnung an BARKMAN et al. (1964). Die Nomenklatur richtet sich bei den Gefäßpflanzen nach WISSKIRCHEN & HAEUPLER (1998), bei den Moosen nach KOPERSKI et al. (2000) und bei den Flechten nach SCHOLZ (2000).

### 3 Bestandsdynamik

#### 3.1 Ergebnisse des Bestandsmonitorings im Zeitraum 1994–2001

Im Jahre 1994 umfasste der Bestand folgende 4 räumlich dicht beieinander liegende Teilpopulationen:

- Teilpopulation 1 mit etwa 50 Blättern auf einer Fläche von 234 m<sup>2</sup>,
- Teilpopulation 2 mit etwa 200 Blättern auf 40 m<sup>2</sup>,
- Teilpopulation 3 mit ebenfalls etwa 200 Blättern auf 180 m<sup>2</sup>,
- Teilpopulation 4 mit nur 1 Individuum; an dieser Stelle wurden in den Folgejahren keine Pflanzen mehr gefunden.

Der Gesamtbestand umfasste also etwa 450 Blätter (Abb. 1), die sich auf eine Fläche von 454 m<sup>2</sup> verteilten. Ein Teil der Pflanzen war mit Blattlängen bis zu 15 cm optimal entwickelt. Im Durchschnitt maßen die Wedel jedoch nur etwa 6 cm. Alle Pflanzen waren fertil, und die Vitalität wurde als gut bis sehr gut eingestuft.

Während das Jahr 1994 gemessen an der Zahl und dem Entwicklungszustand der Pflanzen optimal war, wirkte sich im Jahre 1995 die wechselhafte Maiwitterung offenbar ungünstig aus. Die erste Maihälfte war warm, die zweite hingegen kühl und regnerisch; in kleinen Senken standen die Pflanzen zeitweise im Wasser. In diesem Jahr wurden nur 225 Blätter gezählt. Die Pflanzen waren zwar voll entwickelt, an den sterilen Blattabschnitten waren aber bereits erste Absterbeerscheinungen zu beobachten. Die Sporangien waren teilweise noch grün, teilweise bereits braun gefärbt, aber allesamt (trotz des späten Beobachtungstermins Mitte Juni) noch geschlossen. Vermutlich wurden in

diesem Jahr keine Sporen freigesetzt. Etliche Pflanzen waren durch Tritteinwirkung deutlich beschädigt.

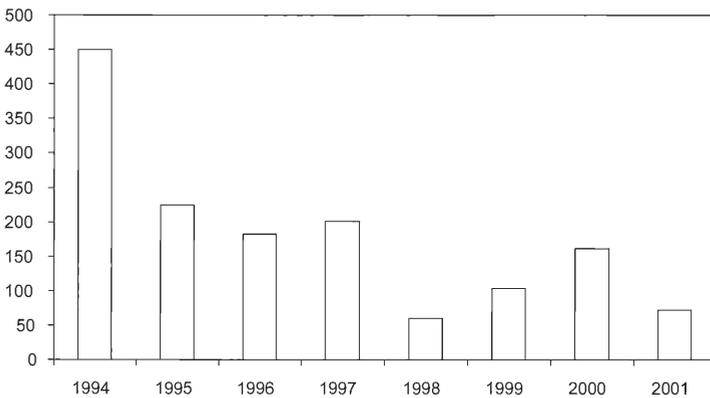


Abb. 1: Entwicklung der Blattzahl in der Gesamtpopulation von *Botrychium simplex* im Zeitraum von 1994 bis 2001.

Im folgenden Jahr (1996) ergab sich mit 182 Blättern ein weiterer leichter Rückgang. Die Pflanzen zeigten starke Trockenschäden und zudem bereits am frühen Nachmittag deutliche Welkeerscheinungen. Die Sporangien waren wiederum bei den meisten Pflanzen noch ungeöffnet und überwiegend noch grün, z. T. aber auch braun gefärbt.

Bei der Kartierung im Jahre 1997 wurde festgestellt, dass der Wuchsort der Teilpopulation 3 durch schwere Kettenfahrzeuge völlig umgepflügt worden war und dabei offenbar alle Pflanzen vernichtet wurden. In den Vorjahren waren an dieser Stelle zwischen 30 (1995) und ca. 200 (1994) Blätter gezählt worden. An den beiden anderen Stellen wurden insgesamt 201 Blätter ermittelt, so dass sich die Populationsgröße trotz der Vernichtung eines Teilbestandes stabilisiert hatte.

Im Jahr 1998 befand sich die Population im bislang schlechtesten Zustand: Die Blattzahl war auf ca. 60 zurückgegangen, wobei ein Teil der Pflanzen bereits vertrocknet war, ein weiterer Teil starke Fraßschäden aufwies. Auffallend war die Kleinwüchsigkeit der Blätter, die kleinsten Pflanzen erreichten nur knapp 1 cm! Zum ersten Mal wurde auch ein merklicher Anteil an sterilen Blättern beobachtet, die allesamt kleinwüchsig waren. Dieser Blatttyp ist besonders schwierig zu erkennen, da die als Suchhilfe gut geeigneten rundlichen Sporangien fehlen und der ungeteilte längliche sterile Blattabschnitt kaum von winzigen Blättern einiger Blütenpflanzen zu unterscheiden ist. Die Sporangien der fertilen Blätter waren z. T. geöffnet und bräunlich gefärbt (die Sporen waren zumeist ausgestreut), z. T. aber noch grünlich und kurz davor, sich zu öffnen.

Im darauffolgenden Jahr (1999) zeigte sich der Bestand leicht erholt, es wurden 104 Blätter gezählt. Wie im Vorjahr waren die Pflanzen überwiegend kleinwüchsig. Die kleinsten Pflanzen (alle steril) maßen nur 0,8 cm; die größten Blätter erreichten eine Länge von 5 cm, allerdings war dies bei lediglich 3 Pflanzen der Fall. Wiederum fiel ein gewisser Anteil steriler Pflanzen auf. Die Sporangien waren teils noch geschlossen, teils gerade reif und streuten bei Berührung Sporen aus; einige Sporangien waren abgefressen. Ein Teil der Pflanzen wies deutliche Trockenschäden auf.

Bei der Kartierung im Folgejahr (2000) konnte eine weitere Erholung des Bestandes festgestellt werden; mit 161 Blättern betrug die Zunahme gegenüber dem Vorjahr immerhin rund 50 %. Auffällig war die sich bereits in den Vorjahren andeutende Konzentrierung der Pflanzen auf eine einzige Fläche (Teilpopulation 2), auf der im Jahr 2000 159 Blätter gezählt wurden. Auf der Fläche der ehemaligen Teilpopulation 1 wuchs lediglich 1 Exemplar. Diese Stelle war im Jahr 1997 von Wildschweinen zerwühlt worden, und seitdem wuchsen hier nur noch vereinzelt Pflanzen (maximal 4). Auch auf der Fläche von Teilpopulation 3, die 1997 durch Kettenfahrzeuge völlig umgepflügt worden war, wurde lediglich noch 1 Pflanze gefunden, obwohl die Bodenansrisse wieder zugewachsen und Schäden nicht mehr erkennbar waren. Wie in den Vorjahren überwogen kleinwüchsige Pflanzen bei weitem; die größte Pflanze erreichte lediglich eine Blattlänge von 4,5 cm. Allerdings war der Anteil steriler Pflanzen geringer als zuvor. Einige Blätter waren bereits vertrocknet, obwohl die Sporangien noch grün und geschlossen waren.

Das Jahr 2001 zeigte einen erneuten deutlichen Einbruch in der Bestandsgröße, nämlich von 161 Blättern im Vorjahr auf 72, was einer Halbierung des Bestandes entspricht. Alle Blätter wuchsen auf der Fläche von Teilpopulation 2; auf den beiden anderen Flächen blieben die Pflanzen völlig aus. Viele Pflanzen waren wiederum kleinwüchsig, etliche auch steril. Die größten Pflanzen (lediglich 8 Stück) erreichten Blattlängen von 3,0–5,5 cm. Zum Erfassungszeitpunkt (Mitte Juni 2001) waren einige Pflanzen bereits vertrocknet; die Sporangien waren braun gefärbt und geöffnet.

### 3.2 Blattproduktion und Bestandsdynamik

Es wurde bereits darauf hingewiesen, dass die Bestandsgröße durch Auszählen der Blätter ermittelt wurde, da dies die einzigen oberirdisch sichtbaren Organe sind. Zwar kann die Blattzahl als Maß für die Vitalität des Bestandes, nicht hingegen für die Anzahl der Individuen verwendet werden. Das im Boden überdauernde Rhizom (*B. simplex* ist ein Geophyt) bildet in einer Vegetationsperiode eine unterschiedlich große Zahl von Blättern aus.

Im ersten Beobachtungsjahr (1994) waren Trupps von dicht zusammenstehenden Blättern häufiger zu beobachten. Abb. 2 zeigt eine solche Ansammlung von 5 Blättern, die sehr wahrscheinlich einem gemeinsamen Rhizom entspringen, also zu einem einzigen Individuum gehören. Die Blätter zeigen den für *B. simplex* charakteristischen Blattbau: Sie sind nur kurz gestielt (in der Abb. ist der Stiel teilweise im leicht empor gewölbten Boden verborgen), in einen sterilen und fertilen Abschnitt gegliedert und dreidimensional verzweigt. Im typischen Fall trennen sich der sterile und fertile Blattabschnitt bereits 0,5–2 cm oberhalb der Stielbasis. Der sterile Abschnitt (Trophophor) ist ± deutlich gestielt und in der Form sehr vielgestaltig, seine Spreite ungeteilt (im Umriss rundlich-eiförmig, elliptisch oder spatelförmig), dreiteilig oder (bei besonders großen Blättern) ein- bis zweifach fiederteilig. Der fertile Wedelabschnitt (Sporophor) ist lang gestielt und überragt den sterilen bei weitem; bei kleinen Formen (wie in Abb. 2) ist er unverzweigt und trägt ährenartig angeordnete Sporangien, bei größeren kann er auch ein- bis zweifach fiederschnittig sein.

Wie stark der Blattbau variieren kann, zeigt die in Abb. 3b dargestellte, vermutlich durch Tritteinwirkung beschädigte Pflanze. Am ausgedehnten Rhizom entspringen 10 Blätter, von denen 7 steril und 3 fertil sind. Die normalerweise in Bodennähe abzweigenden Trophophore sind bei 3 Blättern weit nach oben verlagert und fehlen bei den üb-

rigen Blättern. Die Anzahl der Sporangien pro Sporophor schwankt zwischen 2 und ca. 24. Das andere Extrem stellt die in Abb. 3a dargestellte (ebenfalls beschädigte) Pflanze dar, die lediglich ein einziges Blatt produziert hat. Dieses ist nur 1 cm lang und besitzt an der Spitze einen zweispaltigen sterilen spreitigen Abschnitt, an dem allerdings jegliche Sporangien fehlen. Das eigentliche an der Stielbasis inserierende Trophophor ist abgebrochen.



Abb. 2: Foto einer Gruppe von 5 nahe zusammenstehenden fertilen Blättern von *Botrychium simplex*; vermutlich entspringen sie einem gemeinsamen unterirdischen Rhizom und gehören damit zu einer Pflanze (Foto: H. W. Bennert, 5.6.1994).

Die Tatsache, dass die Blattzahl pro Rhizom um den Faktor 10 schwanken kann, hat bedeutsame Auswirkungen auf die mögliche Veränderung der Individuenzahlen. Zunächst bleibt festzuhalten, dass durch den Totalverlust der Teilpopulationen 1 und 3 im Jahre 1997 mehr als die Hälfte des Gesamtbestandes erloschen ist. In Teilpopulation 2 wurden im optimalen Jahr 1994 etwa 200 Blätter ermittelt, zwischen 1998 und 2001 immerhin noch zwischen 60 und 160. Die Beobachtungen in den letzten Jahren bestätigen, dass parallel zu der festgestellten Reduktion der Blattgröße und der Fertilität auch die Zahl der von einem Rhizom gebildeten Blätter abgenommen hat. Blattansammlungen, wie in Abb. 2 zu sehen, fehlten in jüngster Zeit völlig, und zwischen nahezu allen registrierten Blättern war der seitliche Abstand so groß, dass sie zu verschiedenen Rhizomen

gehören. Vermutlich ist also der Rückgang an Individuen geringer, als es die auf der Blattanzahl basierenden Zählungsergebnisse nahe legen. Bei zukünftigen Überprüfungen der Population sollen Einzelblätter und Blattgruppen gesondert kartiert werden.

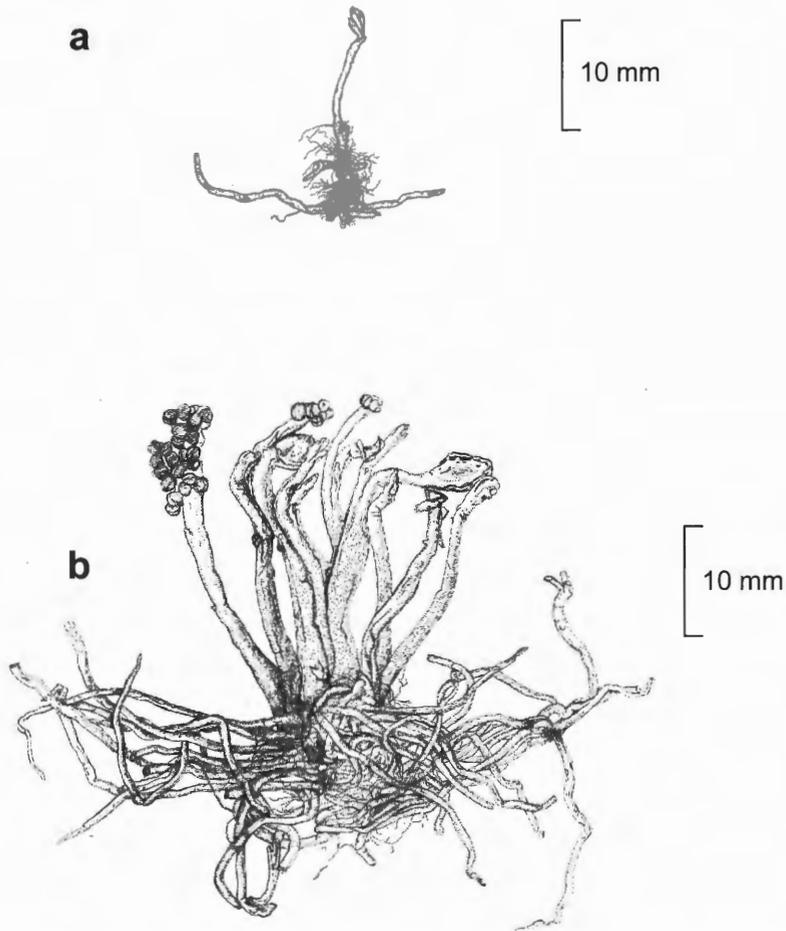


Abb. 3: Zeichnerische Darstellung der bei *Botrychium simplex* hinsichtlich der Blattzahl beobachteten extremen Gegensätze; a: kleinwüchsige Pflanze, die lediglich ein Blatt ausgebildet hat, welches steril ist und eine Länge von nur etwa 10 mm erreicht; b: kräftige Pflanze, an deren Rhizom 3 fertile und 7 sterile Blätter entspringen (Zeichnungen: I. Weßel).

#### 4 Ökologie und Vergesellschaftung

Die Wuchsorte liegen in einer Höhe von etwa 125 m und sind weitgehend eben, z. T. in einer kleinen Senke gelegen. Je nach Teilpopulation wachsen die Pflanzen in Biotopen, die als wechselfeuchter, bodensaurer Borstgras-Rasen, als heidiger, lückig bewachsener Sandweg sowie als extensiv durch Mahd genutztes Grünland charakterisiert werden können.

Es dominieren sandige, flachgründige Böden, die mäßig frisch bis mäßig feucht sind und eine fehlende bis geringe Humusaufgabe aufweisen. Der pH-Wert liegt im schwach sauren Bereich (5,6–6,5). *B. simplex* wächst unter halbschattigen bis voll besonnten Bedingungen (relativer Lichtgenuss 41–100 %). Der Wuchsort der einzigen aktuellen Teilpopulation ist unbeschattet.

Die von *B. simplex* in der Senne besiedelten Bestände lassen sich zwanglos dem Torfbinsen-Borstgras-Rasen (*Juncetum squarrosi*) zuordnen (Tab. 1); zur synsystematischen Gliederung dieser Gesellschaft vgl. PEPLER (1992) und PEPLER-LISBACH & PETERSEN (2001). Innerhalb dieser Assoziation lassen sich die dokumentierten Bestände zu der von PEPLER-LISBACH & PETERSEN (2001) aufgestellten Subassoziatio *Juncetum squarrosi holcetosum lanati* stellen. Diese Subassoziatio umfasst Rasen, in welchen eine Reihe hinsichtlich der Basen- und Nährstoffversorgung anspruchsvollerer Grünlandarten der *Molinio-Arrhenatheretea*-Gesellschaften wie beispielsweise *Plantago lanceolata*, *Holcus lanatus*, *Ranunculus acris* und das Moos *Scleropodium purum* auftreten.

## 5 Diskussion

Die achtjährigen Beobachtungen zeigen, dass bei *B. simplex* von Jahr zu Jahr nicht unbeträchtliche Populationschwankungen auftreten. Selbst wenn man berücksichtigt, dass vor allem die Anzahl der Blätter pro Rhizom und weniger die Individuenzahl abgenommen hat, ist der Trend unverkennbar, dass die Bestandsgröße rückläufig ist. Ursachen für den auch in der weitgehend ungestörten Teilpopulation 2 beobachteten Rückgang und Vitalitätsverlust der Pflanzen sind derzeit nicht eindeutig auszumachen. In Frage kommen negative standörtliche Veränderungen (etwa ein Rückgang der Bodenfeuchte oder ungünstigere klimatische Bedingungen) oder eine endogene artspezifische Populationsdynamik.

Generell ist bei *Botrychium* die Lebensdauer der ausgewachsenen Sporophyten und der Populationen sehr unterschiedlich (LESICA & AHLENSLAGER 1996). Arten der Untergattung *Botrychium* (zu der auch *B. simplex* gehört) sind eher kurzlebig; *B. matricariifolium* beispielsweise besitzt eine Halblebenszeit (Zeit, in der die Anzahl von Pflanzen einer Population um die Hälfte abgenommen hat) von 1,3 Jahren (MULLER 1993). Zur Untergattung *Sceptridium* hingegen gehören überwiegend Arten mit langlebigen Sporophyten; so wird für das nordamerikanische *B. dissectum* die Halblebenszeit mit 43,2 Jahren angegeben (MONTGOMERY 1990).

Welchen Einfluss die Klimaverhältnisse des aktuellen Jahres oder vorangegangener Jahre auf die Populationsdynamik, insbesondere das Ausbleiben von Sporophyten in einzelnen Jahren, hat, wird kontrovers diskutiert (MULLER 1992, LESICA & AHLENSLAGER 1996). Da das Aussterberisiko mit zunehmender Fluktuation der Populationsgröße ansteigt (LESICA & AHLENSLAGER 1996), sind vor allem kleine Populationen vom Aussterben bedroht. Mehrjährige Beobachtungen an einer größeren Population von *B. matricariifolium* in den Nordvogesen zeigten, dass trotz der von Jahr zu Jahr schwankenden klimatischen Verhältnisse keine erheblichen Veränderungen in der Populationsgröße auftreten (MULLER 1993). Bei dieser Art ist die Zeitspanne, in der ein Individuum Blätter und Sporen ausbildet, offenbar extrem kurz und wird auf durchschnittlich 2, maximal 4 Jahre geschätzt. Nur in wenigen Fällen (bei 7 % der 5 Jahre lang beobachteten Pflanzen) tritt eine zwischenzeitliche Pause ein, die bis zu 3 Jahre betragen kann (MULLER 1993).

Auch bei anderen Arten treten einjährige oder seltener auch mehrjährige Ruheperioden auf, in denen keine oder nur eine verminderte Anzahl oberirdischer Organe gebildet

Tab. 1: Pflanzensoziologischer Anschluss von *Botrychium simplex* im Truppenübungsplatz Senne, MTB 4118 (Vegetationsaufnahmen von K. Horn und M. Schmid, 6.6.1996; Aufn.-Nr. 1 u. 5 von Teilpopulation 2, Aufn.-Nr. 2 von Teilpopulation 1, Aufn.-Nr. 3 u. 4 von Teilpopulation 3).

Lfd. Nummer	1	2	3	4	5
Aufnahme Nr.	1	4	3	5	2
Aufnahmefläche [m <sup>2</sup> ]	18	1,2	4,5	4,5	60
Höhe [m ü. NN]	128	127	127	128	128
Deckung [%]					
Baumschicht, Höhe: 8 m	-	-	-	-	1
Krautschicht	95	98	92	95	90
Moosschicht	2	3	5	5	2
gesamt	95	99	95	98	90
Artenzahl	33	21	19	24	40
<i>Botrychium simplex</i>					
UVC, D Juncenion squarrosi					
<i>Juncus squarrosus</i>	1	1	1	1	1
<i>Pedicularis sylvatica</i>	r	.	.	.	.
<i>Molinia caerulea</i> s. str. (D)	+	1	1	1	.
<i>Carex panicea</i> (D)	1	+	.	.	.
d Juncetum squarrosi holcetosum lanati					
<i>Hieracium pilosella</i>	3	2a	2a	3	1
<i>Plantago lanceolata</i>	1	3	1	.	1
<i>Scleropodium purum</i>	+	.	.	+	1
<i>Holcus lanatus</i>	.	+	.	1	1
<i>Ranunculus acris</i>	.	.	.	.	r
VC Violion caninae					
<i>Festuca filiformis</i>	2a	3	3	2a	1
<i>Polygala vulgaris</i> ssp. <i>vulgaris</i>	1	.	.	1	.
<i>Danthonia decumbens</i>	+	.	.	+	.
OC Nardetalia					
<i>Luzula campestris</i> agg.	1	1	1	1	1
<i>Carex pilulifera</i>	1	.	1	2a	.
<i>Polygala serpyllifolia</i>	.	1	+	.	1
<i>Botrychium lunaria</i>	r	.	.	.	+
KC Calluno-Ulicetea					
<i>Calluna vulgaris</i>	2b	+	2b	1	+
Sonstige Gefäßpflanzen					
<i>Agrostis capillaris</i>	1	1	1	2a	1
<i>Achillea millefolium</i>	1	+	+	1	1
<i>Leontodon autumnalis</i>	1	1	.	1	1
<i>Hypochaeris radicata</i>	1	.	+	1	1
<i>Taraxacum</i> sect. <i>Ruderalia</i>	1	.	r	+	1
<i>Hypericum perforatum</i>	.	+	+	1	+
<i>Calamagrostis epigejos</i>	1	.	.	1	2a
<i>Cerastium holosteoides</i>	+	.	.	1	1
<i>Taraxacum tortilobum</i>	+	r	.	.	.
<i>Prunella vulgaris</i>	+	.	.	.	2a
<i>Poa compressa</i>	+	.	.	.	1
<i>Erigeron acris</i>	+	.	.	.	+
<i>Trifolium pratense</i>	r	.	.	.	1
<i>Festuca rubra</i> agg.	.	1	.	.	2a
<i>Dactylis glomerata</i>	.	1	.	.	1
Sonstige Moose und Flechten					
<i>Calliergonella cuspidata</i>	+	.	.	+	1
<i>Hypnum cupressiforme</i> agg.	.	1	1	1	.
<i>Polytrichum juniperinum</i>	1	.	1	+	.
<i>Cladonia furcata</i> s. l.	r	.	r	.	.

Anhang zur Vegetationstabelle:

Außerdem in Lfd. Nr. 1: + *Medicago lupulina*, *Ceratodon purpureus*, r *Cytisus scoparius*; in 2: 1 *Bromus hordeaceus*, r *Daucus carota*; in 3: + *Plagiomnium affine* agg.; in 4: + *Odontites vulgaris*; in 5: 2b *Poa humilis*, 1 *Lolium perenne*, *Bellis perennis*, *Plantago major* ssp. *major*, *Poa pratensis* s. str. *Potentilla anserina*, *Trifolium repens*, *Veronica officinalis*, + *Elymus repens*, *Juncus tenuis*, *Poa annua*, r *Betula pendula*, *Pinus sylvestris* juv.

werden. Als Auslöser hierfür werden natürliche Umweltbelastungen, vor allem Trockenstreß (LESICA & STEELE 1994, LESICA & AHLENSLAGER 1996), angegeben.

Eine Stabilisierung der Populationen durch Jungwuchs oder auch Neuansiedlungen sind bei *Botrychium* (und den übrigen *Ophioglossaceae*) durch eine reproduktionsbiologische Besonderheit erschwert. Ihre Sporen keimen im Boden und nur bei Anwesenheit von Pilzen als Symbionten und bilden chlorophyllfreie, mykotrophe Prothallien aus (vgl. SCHMID & OBERWINKLER 1994). Typisch für diese obligaten Dunkelkeimer sind niedrigere Keimungsraten und ein wesentlich langsamerer Keimungsverlauf als bei Lichtkeimern. Das Wachstum der Prothallien und die Bildung neuer Sporophyten erfordern ebenfalls längere Zeiträume. Zwischen Befruchtung und Ausbildung des ersten oberirdischen Organs können je nach Art bis zu zehn Jahre vergehen (MULLER 1993).

In Skandinavien soll *B. simplex* noch unbeständiger sein, als dies bei Mondrauten generell der Fall ist. Mancherorts kann die Art jahrzehntelang ausbleiben, um dann am gleichen Wuchsort erneut zu erscheinen. In Anbetracht der Langlebigkeit von Sporen vieler Farnarten erscheint es durchaus möglich, dass sich solche Vorkommen mit Hilfe von Sporen, die aus der erloschenen Population stammen und Jahrzehnte zuvor in den Boden gelangt sind, neu etablieren können (ØLLGAARD & TIND 1993).

Als Wuchsorte von *B. simplex* werden quellige oder anmoorige Magerrasen und Moorzweiden in den Alpen (MELZER 1990, HORN & KORNECK in Vorb.) bzw. in Skandinavien (FÄHRÆUS 1981, ENGAN 2001), grasige Dünentäler (Norderney, Ostfriesische Inseln; BUCHENAU 1896), kurzrasige Triften an Seeufern (WARNSTORF 1871) sowie Stellen auf "fruchtbaren Wiesen in hohem Grase" (WARNSTORF 1892) angegeben. Fraglich erscheint eine Angabe von GÖRZ (1913) für eine Bergkuppe im Havelland (Brandenburg) mit vermutlich thermophilen Trockenrasen (vgl. BENKERT 1982). Daneben werden auch Sekundärstandorte wie Sandgruben (SCHNEIDER 1891), Bahnböschungen (HERGT 1906) und alte Bergwerkshalden (BERTSCH 1951) als Wuchsorte genannt.

Veröffentlichte Vegetationsaufnahmen mit *B. simplex* aus Mitteleuropa liegen unseres Wissens bislang nicht vor. Kürzlich konnten jedoch in Österreich einige Bestände von *B. simplex* erfasst werden (HORN & KORNECK in Vorb.). In den Ötztaler Alpen (Tirol) besiedelt die Einfache Mondraute Nardion-Gesellschaften sowie Eisseggen-Rasen (*Caricetum frigidae*) feuchter Standorte. Das von MELZER (1990) von einer anmoorigen Stelle auf einer Alm in den Stangalpen (Steiermark) beschriebene Vorkommen von *B. simplex* fand sich in einem Sumpferzblatt-Braunseggen-Rasen (*Parnassio-Caricetum fuscae*).

Aus Südeuropa liegen wenige publizierte Vegetationsaufnahmen mit *B. simplex* vor. So dokumentiert PROSSER (1994) aus dem Trentino (Italien) ein Vorkommen der Einfachen Mondraute ebenfalls in einem Braunseggen-Rasen, dort vergesellschaftet mit der in den Alpen seltenen, überwiegend nordisch verbreiteten Moosart *Paludella squarrosa* (vgl. auch PROSSER 2000). Auf Korsika wurde *B. simplex* in lückigen Rasen-Gesellschaften auf sickerfeuchten, mehr oder weniger torfigen Böden gefunden, welche neben Cynosurion-Elementen auch Arten der Borstenbinsen-Gesellschaft (*Stellario-Scirpetum setacei*) sowie anderer Vegetationseinheiten nasser Standorte aufweisen (LITARDIERE 1927). Für weitere Vorkommen auf Korsika sind Violion-Gesellschaften als besiedelte Vegetationseinheiten genannt (GAMISANS 1976), welche vom Autor als eigenständige Assoziation Ophioglosseto-Nardetum strictae klassifiziert werden.

In Skandinavien wird die Art für küstennahe Magerrasen angegeben. So nennt FÄHRÆUS (1981) für ein Vorkommen auf der Insel Fårö (Gotland, Schweden) u. a. *Agrostis capillaris*, *Nardus stricta*, *Carex arenaria*, *C. ericetorum*, *C. panicea* und *Hieracium pilosella* als typische Begleitpflanzen. Für Bestände von *B. simplex* in Østfold (Südost-

Norwegen) werden u. a. *Agrostis canina*, *Festuca rubra*, *Carex demissa*, *Leontodon autumnalis*, *Galium palustre* (HAUGE 1951) bzw. *Agrostis vinealis*, *Festuca ovina*, *Luzula campestris*, *Carex arenaria*, *C. flacca*, *C. panicea*, *Calluna vulgaris*, *Leontodon autumnalis*, *Rhinanthus minor* und *Thalictrum minus* (ENGAN 2001) genannt. Aus Dänemark (Insel Seeland) ist *B. simplex* ebenfalls für Magerrasen der Küstenzone dokumentiert, vergesellschaftet mit *Aira praecox*, *Festuca rubra*, *Luzula campestris*, *Poa humilis*, *Achillea millefolium*, *Astragalus danicus*, *Cerastium fontanum*, *Galium verum* und *Hieracium pilosella* (ØLLGAARD & TIND 1993).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Einfache Mondraute als äußerst kleinwüchsige und somit konkurrenzschwache sowie azidophile und feuchtigkeitsliebende Pflanzenart generell lückige und kurzrasige Pflanzengesellschaften auf nährstoffarmen und wechselfeuchten bis anmoorigen bzw. quelligen Standorten besiedelt.

## 6 Danksagung

Frau I. Weßel, Bochum, danken wir für die mühevollen Anfertigung der Zeichnung der beiden Pflanzen von *Botrychium simplex*. Herrn Dr. M. Schmid (†) gilt posthum unser Dank für die Mitarbeit beim Anfertigen der pflanzensoziologischen Aufnahmen. Herr Dr. W. Weiß (Erlangen) gab uns freundlicherweise Literaturhinweise zur Vergesellschaftung von *B. simplex* auf Korsika.

## 7 Zusammenfassung

*Botrychium simplex* ist in Deutschland aktuell nur aus der Senne bekannt, wo die Art erstmalig für ganz Nordrhein-Westfalen im Jahr 1993 entdeckt wurde. Seit 1994 wurde die Entwicklung des Bestandes jährlich verfolgt und als charakteristische Größe die Anzahl der Blätter ermittelt. Zusätzlich wurden Angaben zur Größe und Fertilität der Blätter protokolliert. Der Gesamtbestand umfasste im ersten Beobachtungsjahr (1994) etwa 450 Blätter und damit eine Größe, die in den Folgejahren nicht wieder erreicht wurde. Die Pflanzen verteilten sich in diesem Jahr auf 4 räumlich benachbarte Teilpopulationen, wobei die Anzahl der Blätter zwischen 1 und etwa 200 variierte und die besiedelte Flächen (bei den größeren Teilbeständen) zwischen 40 und 234 m<sup>2</sup> lag. Die Einzelpflanze (Teilpopulation 4) erschien in den späteren Jahren nicht mehr. Im Jahre 1997 traten zwei für den Gesamtbestand dramatische Ereignisse ein: Wuchsort von Teilpopulation 3 wurde durch schwere Kettenfahrzeuge völlig umgepflügt und Teilpopulation 1 von Wildschweinen zerwühlt. Diese Störungen führten zu einer zunehmenden Konzentrierung des Bestandes auf eine einzige Fläche (Teilpopulation 2), auf der im Jahr 2001 nur noch 72 Blätter festgestellt wurden.

Die Blattzahl kann zwar als Maß für die Vitalität des Bestandes, nicht hingegen für die Anzahl der Individuen verwendet werden. Das im Boden überdauernde Rhizom (*B. simplex* ist ein Geophyt) bildet in einer Vegetationsperiode eine unterschiedlich große Zahl von Blättern aus, die wie morphologische Analysen zweier vollständiger Pflanzen ergaben, zwischen 1 und 10 schwanken kann. Der Rückgang an Individuen dürfte daher etwas geringer sein, als die auf der Blattanzahl basierenden Zählungsergebnisse zunächst vermuten lassen.

Erstmals werden Vegetationsaufnahmen aus Mitteleuropa publiziert, welche die Vergesellschaftung von *B. simplex* dokumentieren. Sie lassen sich dem Torfbinsen-Borstgras-Rasen (*Juncetum squarrosi*) in der Subassoziation des *holcetosum lanati* zuordnen, welche durch einige hinsichtlich der Basen- und Nährstoffversorgung anspruchsvollerer Grünlandarten der *Molinio-Arrhenatheretea*-Gesellschaften differen-

ziert ist. An den Wuchsorten dominieren sandige, flachgründige Böden, die mäßig frisch bis mäßig feucht sind und nur eine geringe Humusaufgabe aufweisen. Der pH-Wert liegt im schwach sauren Bereich (5,6–6,5). *B. simplex* wächst unter halbschattigen bis voll besonnten Bedingungen (relativer Lichtgenuß 41–100 %).

## 8 Literaturverzeichnis

- Barkman J. J., Doing, H. & S. Segal (1964): Kritische Bemerkungen und Vorschläge zur quantitativen Vegetationsanalyse. – Acta Bot. Neerl. **13**: 394-419.
- Benkert, D. (1982): Verbreitungskarten brandenburgischer Pflanzenarten. 1. Reihe. *Ophioglossaceae* und *Pyrolaceae*. – Gleditschia **9**: 77-107.
- Bertsch, K. (1951): Kritische Pflanzen unserer Flora. – Jahresh. Ver. Vaterl. Naturkde. Württ. **106**: 46-68.
- Braun-Blanquet, J. (1964): Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde (3. Aufl.). – Springer, Wien, New York.
- BUCHENAU, F. (1896): Flora der Ostfriesischen Inseln (einschließlich der Insel Wangeroog). 3. Aufl. – Engelmann, Leipzig.
- Dostál, J. (1984): Familie *Ophioglossaceae*, Rautenfarngewächse. – In: Kramer, K. U. (Hrsg.): Illustrierte Flora von Mitteleuropa. Begr.: Hegi, G. Band 1, Teil 1. Pteridophyta: 84-98. Parey, Berlin, Hamburg.
- ENGAN, G. (2001): Dvergmarinøkkel *Botrychium simplex* funnet to steder i Hvaler i Østfold. – Blyttia **59**(4): 177-181.
- Fähræus, G. (1981): Nya gotländska *Botrychium*-fynd. – Svensk Bot. Tidskr. **75**: 97-101.
- GAMISANS, J. (1976): La végétation des montagnes corses. – Phytocoenologia **3**(4): 425-498.
- GÖRZ, R. (1913): Die Hügelflora um Brandenburg a. H. Ein Beitrag zur Charakteristik und Entwicklung der pontischen Flora des Havellandes. – Verh. Bot. Ver. Prov. Brandenburg **54**: 182-217.
- HAUGE, N. (1951): *Botrychium simplex* i Østfold. – Blyttia **9**: 16-21.
- HERGT, B. (1906): Die Farnpflanzen Thüringens. – Mitt. Thüring. Bot. Ver. N. F. **21**: 1-50.
- Hultén, E. & M. Fries (1986): Atlas of North European Vascular Plants North of the Tropic of Cancer. Vol. 1. – Koeltz, Königstein.
- Jalas, J. & J. Suominen (eds.) (1972): Atlas Florae Europaeae. Vol. 1: Pteridophyta (*Psilotaceae* to *Azollaceae*). – The Committee for Mapping the Flora of Europe and Societas Biologica Fennica Vanamo, Helsinki.
- Koperski, M., Sauer, M., Braun, W. & S. R. Gradstein (2000): Referenzliste der Moose Deutschlands. Dokumentation unterschiedlicher taxonomischer Auffassungen. – Schriftenr. Vegetationskde. **34**: 1-519.
- Lesica, P. & K. Ahlenslager (1996): Demography and life history of three sympatric species of *Botrychium* subg. *Botrychium* in Waterton Lakes National Park, Alberta. – Can. J. Bot. **74**: 538-543.
- Lesica, P. & B. M. Steele (1994): Prolonged dormancy in vascular plants and implications for monitoring studies. – Nat. Areas J. **14**: 209-212.
- LITARDIÈRE, R. DE (1927): Le *Botrychium simplex* HITCHC. en Corse. – Bull. Soc. Bot. France **74**: 729-734.
- Melzer, H. (1990): *Botrychium simplex* Hitchcock, die Einfache Mondraute – auch in der Steiermark. – Not. Flora Steiermark **11**: 1-6.
- Montgomery, J. D. (1990): Survivorship and predation changes in five populations of *Botrychium dissectum* in eastern Pennsylvania. – Amer. Fern J. **80**: 173-182.
- Muller, S. (1992): The impact of a drought in spring on the sporulation of *Botrychium matricariifolium* (Retz) A. Br. in the Bitcherland (Northern Vosges, France). – Acta Oecol. **13**: 335-343.

- Muller, S. (1993): Population dynamics in *Botrychium matricariifolium* in Bitcherland (Northern Vosges Mountains, France). – Belg. J. Bot. **126**: 13-19.
- ØLLGAARD, B. & K. TIND (1993): Scandinavian ferns. A natural history of the ferns, clubmosses, quillworts, and horsetails of Denmark, Norway, and Sweden. – Rhodos, Copenhagen.
- Peppler, C. (1992): Die Borstgrasrasen (Nardetalia) Westdeutschlands. – Diss. Bot. **193**: 1-404 + Anhang.
- Peppler-Lisbach, C. & J. Petersen (2001): Calluno-Ulicetea (G3). Teil 1: Nardetalia strictae. Borstgrasrasen. – Synopsis Pflanzengesellschaften Deutschlands **8**: 1-117.
- PROSSER, F. (1994): Segnalazioni per il Trentino di *Paludella squarrosa* (HEDW.) BRID. e *Thamnobryum alopecurum* (HEDW.) GANG. (Bryophyta). – Ann. Mus. Civ. Rovereto, Sez. Arch., St., Sc. Nat., **9**: 151-160.
- PROSSER, F. (2000): Segnalazioni floristiche Tridentine. VII. – Ann. Mus. Civ. Rovereto, Sez. Arch., St., Sc. Nat., **15**: 107-141.
- REICHEL, G. & O. WILMANN (1973): Vegetationsgeographie. – Westermann, Braunschweig.
- Schmid, E. & F. Oberwinkler (1994): Light and electron microscopy of the host-fungus interaction in the achlorophyllous gametophyte of *Botrychium lunaria*. – Can. J. Bot. **72**: 182-188.
- SCHNEIDER, L. (1891): Beschreibung der Gefäßpflanzen des Florengebiets von Magdeburg, Bernburg und Zerbst. Mit einer Uebersicht der Boden- und Vegetations-Verhältnisse (2. Aufl.). – Creutz, Magdeburg.
- Scholz, P. (2000): Katalog der Flechten und flechtenbewohnenden Pilze Deutschlands. – Schriftenr. Vegetationskde. **31**: 1-298.
- Sebald, O., S. Seybold & G. Philippi (Hrsg.) (1993): Die Farn- und Blütenpflanzen Baden-Württembergs. Band 1: Allgemeiner Teil, Spezieller Teil (Pteridophyta, Spermatophyta), *Lycopodiaceae* bis *Plumbaginaceae*. 2. Aufl. – Ulmer, Stuttgart.
- Sonneborn, I. & W. Sonneborn (1994): *Botrychium simplex* Hitchcock – Einfache Mondraute: Der Fund einer verschollenen oder ausgestorbenen Pflanzenart auf dem Truppenübungsplatz „Senne-lager“. – Natur u. Heimat **54**: 25-27.
- WARNSTORF, C. (1871): Systematische Zusammenstellung der bis zum Jahre 1870 in der Umgebung von Arnswalde beobachteten einheimischen und verwilderten Phanerogamen und Kryptogamen. – Verh. Bot. Ver. Prov. Brandenburg **13**: 1-46.
- WARNSTORF, C. (1892): Beiträge zur Ruppiner Flora mit besonderer Berücksichtigung der Pteridophyten. – Z. Naturwiss. Ver. Harzes Wernigerode **7**: 63-90.
- Wisskirchen, R. & H. Haeupler (1998): Standardliste der Farn- und Blütenpflanzen Deutschlands mit Chromosomenatlas von F. Albers. – Ulmer, Stuttgart.

#### Anschriften der Verfasser:

Prof. Dr. H. Wilfried Bennert  
Lehrstuhl für Spezielle Botanik, Ruhr-Universität Bochum  
Universitätsstraße 150, D-44801 Bochum

Irmgard & Willi Sonneborn  
Kürschnerweg 24, D-33659 Bielefeld

Dipl.-Biol. Karsten Horn  
Maria-Gebbert-Straße 17, D-91080 Uttenreuth