

# Die Verbreitung epigäischer Flechten und ihre Beziehungen zu ausgewählten Phanerogamengesellschaften im NSG Harslebener Berge und Steinholz (Sachsen-Anhalt)

Heike SCHULZE, Isabell HENSEN, Karsten WESCHE und Regine STORDEUR

2 Abbildungen und 2 Tabellen

## ABSTRACT

SCHULZE, H.; HENSEN, I.; WESCHE, K.; STORDEUR, R.: The distribution of epigeal lichens and their relationship to particular plant communities in the nature reserve "Harslebener Berge und Steinholz" (Saxony-Anhalt). - *Hercynia N.F.* 37: 73–85.

The nature reserve "Harslebener Berge und Steinholz" is characterised by a great diversity of substrates and microclimatically different habitats, which are relatively rich in lichens. The present study analyses how the distribution of epigeal lichens depends upon the structure of the vegetation and site conditions in five dry grassland and dwarf shrub communities. An indicator species analysis revealed that each of the communities *Spergulo morisonii-Corynephorum*, *Thymo-Festucetum cinereae* and *Euphorbio-Calunetum* was characterised by specific lichen species. These patterns were in most cases easily explained by preferences for certain site conditions such as exposure, humus type, coverage of phanerogams, soil pH-value and inclination. In stepe vegetation communities dominated by *Stipa* species (*Stipetum stenophyllae*, *Festuco valesiacae-Stipetum capillatae*), which are characterised by the presence of highly competitive tall phanerogams, no lichen species were found to be specific for these associations. However, the present analysis is only valid on a local scale since the general habitat preferences of lichens in relation to plant communities are poorly known so far.

*Keywords:* conservation, epigeal lichens, grassland communities, heathlands, Indicator species analysis, Saxony-Anhalt.

## 1 EINLEITUNG

Flechten sind in der Lage, Standorte zu besiedeln, die Blütenpflanzen weitgehend verschlossen bleiben. Dennoch lassen ihr langsames Wachstum und die spät einsetzende Reproduktion (WIRTH 1995b) eine dauerhafte Etablierung zu einem langwierigen Prozeß werden. Im Zusammenhang mit der zunehmenden Zerstörung von Habitaten und der Empfindlichkeit von Flechten gegenüber Luftschadstoffen kam es zudem zu einem deutlichen Rückgang der Flechten in der Kulturlandschaft (u.a. SCHOLZ im Druck, WIRTH 1976, WIRTH et al. 1996). Das genaue Ausmaß läßt sich allerdings schwer abschätzen, solange die Kenntnisse zur Bestandssituation lückenhaft sind.

Da die Luftverschmutzung im letzten Jahrzehnt deutlich zurückging, ist der Erhalt geeigneter Lebensräume heute die wichtigste Maßnahme zum Schutz von Flechtenarten. Für epigäische Flechten sind dies vor allem Trockenrasen und Zwergstrauchheiden, da diese offenen Vegetationseinheiten oft eine Differenzierung in ein Mosaik von gemischten Phanerogamen/Kryptogamen- und reinen Kryptogamengesellschaften zeigen (DIERSCHKE 1994). Die Erfassung beider Organismengruppen erfolgt - meist aus praktischen Gründen - häufig getrennt. Für das Verständnis und den Erhalt von Ökosystemen einschließlich ihrer Artenvielfalt sind die Erfassung aller Arten und die Darstellung ihrer wechselseitigen Beziehungen jedoch eine Grundvoraussetzung.

Die Kreidesandsteinhöhenzüge des Nördlichen Harzvorlandes sind in verschiedener Hinsicht lichenologisch bedeutsam. Zum einen bietet der großflächig anstehende Kreidesandstein vielen silikatbesiedelnden Flechtengesellschaften ein günstiges Substrat (SCHULZE 2003), zum anderen stellen die hier verbreiteten lückigen Zwergstrauchheiden und Trockenrasen ausreichend Nischen für epigäische Flechten zur Verfügung. Das

Nebeneinander verschiedener anthropo-zoogener Ersatzgesellschaften und Bodentypen, das abwechslungsreiche Relief und die daraus resultierenden vielfältigen geländeklimatischen Differenzierungen (BÖHNERT 1974, 1978) bilden ideale Voraussetzungen für vergleichende Untersuchungen zur Verbreitung epigäischer Flechten. Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich daher mit den folgenden Fragen: Stellen bestimmte Flechtenarten im NSG „Harslebener Berge und Steinholz“ einen integrativen Bestandteil bestimmter Phanerogamengesellschaften dar? Welche Standorteigenschaften von Magerrasen und Zwergstrauchheiden beeinflussen die Verbreitung epigäischer Flechten?

## 2 DAS UNTERSUCHUNGSGEBIET

Das in Sachsen-Anhalt im nordöstlichen Harzvorland gelegene Untersuchungsgebiet umfaßt das Naturschutzgebiet „Harslebener Berge und Steinholz“, das sich mehr als 50 m über das umgebende Niveau erhebt. Es erstreckt sich mit einer Länge von etwa 5 km in hercynischer Streichrichtung von Nordwest nach Südost (Abb. 1) und gehört zum östlichen Teil des Naturraumes 510 Harzrandmulde (MEYEN et SCHMIDTHÜSEN 1962). Das Untersuchungsgebiet befindet sich damit im Randbereich des Mitteldeutschen Trockengebietes; der mittlere Jahresniederschlag beträgt 462 mm, das Jahresmittel der Lufttemperatur 8,9 °C. Das NSG besteht aus Kreidesandsteinkuppen, deren höchste Erhebung der Große Thekenberg mit einer Höhe von 205 m ü. NN darstellt, sowie Keuper- und Liasablagerungen. Die Unterhänge, Teile der nordexponierten Mittelhänge und einige tiefe Runsen sind von Löß bedeckt. Wichtige Bodentypen der reinen Kreidesandsteinverwitterungsböden sind kalkfreie, nährstoffarme Syrosemi (SCHUBERT 1974c), flachgründige Ranker verschiedener Entwicklungsstufen (MAHN 1965) und Podsole (HENTSCHEL 1967). Unter Einfluß von Löß sind Übergangsformen zu Braunerden und Pararendzinen zu finden. In den am stärksten lößbeeinflussten Gebieten sind degradierte Tschernoseme ausgebildet. Mit Ausnahme einiger Felsstandorte war das Gebiet ursprünglich bewaldet; menschliche Nutzung wie Rodung und Brand führten jedoch bis Ende des 17. Jh. zur Ausbreitung anthropo-zoogener Ersatzgesellschaften. Mit nachlassender Beweidungsintensität nach 1960 wurden erste Verbuschungstendenzen (vor allem mit Birke; WEGENER 1988) verzeichnet. Bis 1963, dem Jahr der Unterschutzstellung, kam es an Nordhängen und in Plateaulagen zu gezielten Aufforstungen. Da die einsetzende Gehölzsukzession eine Bedrohung für die Xerothermvegetation darstellte, wurden seit 1968 zahlreiche Entbuschungsmaßnahmen durchgeführt. Heute erfolgt im Gebiet wieder Beweidung. Eine ausführliche Dokumentation dieser Entwicklung im UG findet sich bei WEGENER (1988), eine Darstellung der Phanerogamengesellschaften bei BÖHNERT (1974, 1978). MÜLLER (1958) stellte umfangreiches Datenmaterial zu den geologischen und geomorphologischen Verhältnissen des Untersuchungsgebietes und der angrenzenden Bereiche zur Verfügung.

## 3 MATERIAL UND METHODEN

Die Bestimmung der Flechten erfolgte nach WIRTH (1995), nach dem sich auch die Nomenklatur richtet. Die Nomenklatur der Phanerogamengesellschaften folgt SCHUBERT et al. (2002). Flechten, deren eindeutige Bestimmung allein mit Hilfe von mikroskopischen Merkmalen und Tüpfelreaktionen nicht möglich war, wurden einer Dünnschichtchromatographie unterzogen (in Anlehnung an HUNECK et YOSHIMURA 1996, CULBERSON et KRISTINSSON 1970, CULBERSON 1972 und ORANGE et al. 2001).

Zur Untersuchung der Verbreitung epigäischer Flechten in verschiedenen Phaerogamengesellschaften und zur Aufdeckung ihrer Abhängigkeit von ausgewählten Standortparametern wurden Vegetationsaufnahmen angefertigt (Ende September bis Anfang Oktober 2002). Die Untersuchungen beschränkten sich auf Phanerogamengesellschaften, die in verschiedenen Gebietsteilen des NSG regelmäßig angetroffen wurden und sich stets durch Vorhandensein von Flechten auszeichneten. Insgesamt erfolgten 90 Vegetationsaufnahmen in den folgenden sechs Vegetationseinheiten: *Spergulo morisonii-Corynephorum canescentis* (R.Tx. 1928) Libb. 1933 (16 Aufnahmen), *Thymo-Festucetum cinereae* Mahn 1959 (15 Aufnahmen), *Euphorbio-Calunetum* Schub. 1960 emend. Schub., südexponiert (15 Aufnahmen), *Euphorbio-Callunetum* Schub. 1960

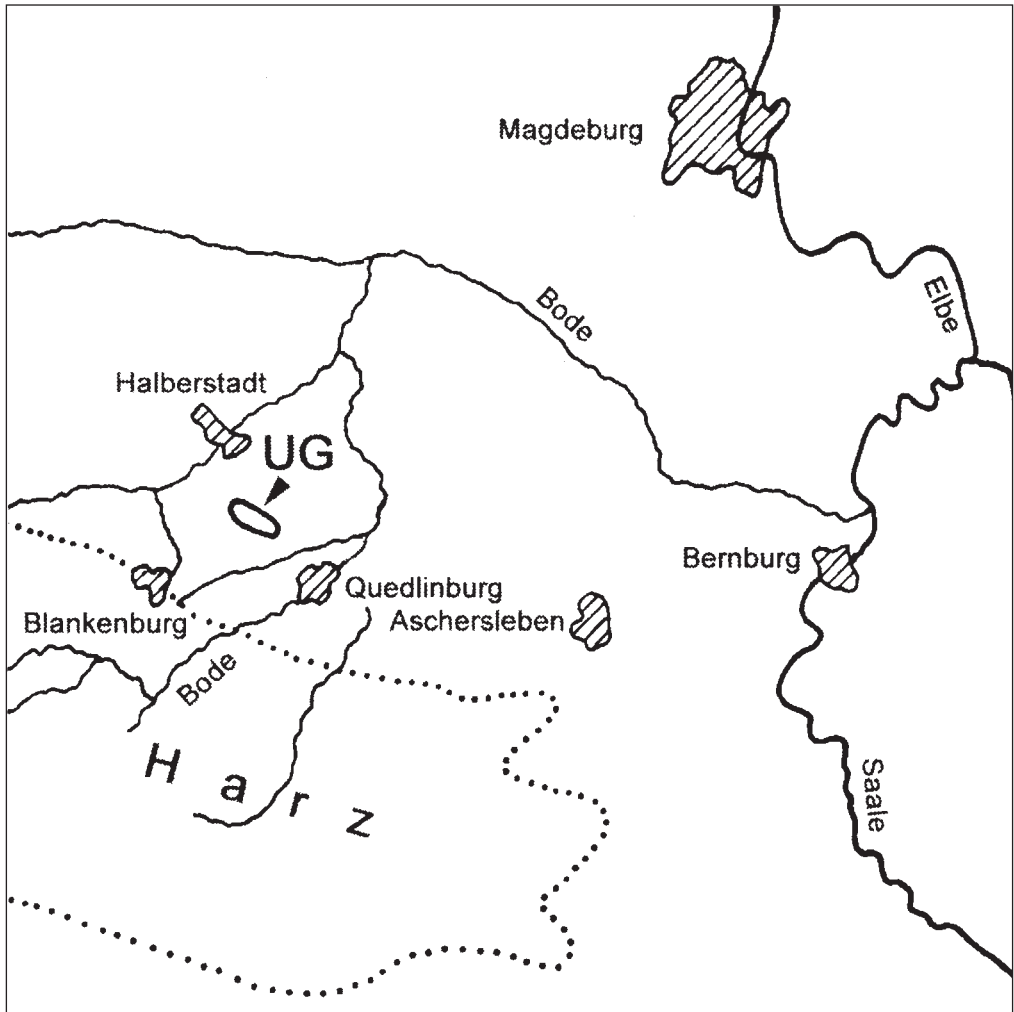


Abb. 1 Lage des Untersuchungsgebietes im nördlichen Harzvorland zwischen Halberstadt, Quedlinburg und Blankenburg (aus JUPE 1968)

emend. Schub., nordexponiert (11 Aufnahmen), *Festuco valesiacae-Stipetum capillatae* (Libb. 1931) Mahn 1965 emend. (18 Aufnahmen) und *Stipetum stenophyllae* (Podp. 1930) Meusel 1938 (15 Aufnahmen). Die Auswahl der Aufnahmeflächen innerhalb der Gesellschaften erfolgte zufällig. Die Flächengröße betrug 2 x 2 m, im nur kleinflächig ausgebildeten *Stipetum stenophyllae* 1 x 1 m. Neben dem Deckungsgrad der Flechtenschicht wurde auch die Deckung der Krautschicht (Gefäßpflanzen) und der Kryptogamenschicht (Flechten und Moose) in Prozent (%) aufgenommen. Zur Erfassung der einzelnen Flechtenarten diente die Londo-Skala (DIERSCHKE 1994). Nur die bodenbesiedelnden Arten wurden erfaßt; Flechten auf Sonderstandorten, insbesondere Gesteinsflechten und deren Vergesellschaftung, wurden für die vorliegende Studie nicht berücksichtigt. Für jede Fläche wurden die Parameter Exposition und Inklination notiert. Weiterhin wurden Angaben zur Humusform (extrem humusarm, Rohhumus, vorwiegende Akkumulation von Humus im Oberboden = Mull) gemacht und eine Boden-Mischprobe der oberen 2 cm zur Ermittlung des pH-Wertes

entnommen. Die Bestimmung des pH-Wertes erfolgte elektrometrisch im Labor. Aus der Literatur (WEGENER 1988) wurden Daten zur Entbuschung der entsprechenden Aufnahmeflächen nachgetragen. Die Einstufung der Bodenreaktion anhand ihrer pH-Werte folgt der Bodenkundlichen Kartieranleitung (BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE UND GEOLOGISCHE LANDESÄMTER DER BRD 1994).

Zur Charakterisierung der Bindung einzelner Flechtenarten an bestimmte Standortparameter und Phanerogamengesellschaften dienen Indikatorwerte („indicator values“, im Folgenden als IV bezeichnet), die mittels des Programmes „Indicator Species Analysis“ (ISA) unter Nutzung des Programmpaketes PC-ORD ermittelt wurden (McCUNE et al. 2002). Zur Vergleichbarkeit mit pflanzensoziologischen Methoden wurden die Arten vor der Analyse 0/1-transformiert; somit geht nur das Vorhandensein und nicht die Deckung in die Analyse ein. Gewichtet wird, in wieviel Prozent der Aufnahmen einer Gesellschaft eine Art auftritt (relative frequency, entspricht der Stetigkeit), und wieviel Prozent der Gesamtvorkommen einer Art in einer Pflanzengesellschaft liegen (relative abundance). Ein IV kann einen Wert zwischen 0 (Art X tritt in Gesellschaft Y gar nicht auf) und 100 (Art X tritt in 100 % der Aufnahmen von Gesellschaft Y auf und 100 % ihrer Vorkommen liegen in Gesellschaft Y, also in keiner anderen Gesellschaft) annehmen. Beispielsweise kann der IV von 25 folgende Sachverhalte ausdrücken: X tritt mit einer Stetigkeit von 100 % in Y auf, hier liegen 25 % ihrer Gesamtvorkommen, X tritt mit einer Stetigkeit von 25 % in Y auf, hier liegen 100 % ihrer Gesamtvorkommen, X tritt mit einer Stetigkeit von 50 % in Y auf, hier liegen 50 % ihrer Gesamtvorkommen. Da beide Aspekte multipliziert werden, erreichen auch gute Indikatorarten selten Werte über 50.

Ein integrierter Monte-Carlo-Test erlaubt die Prüfung des jeweils höchsten IV auf statistische Signifikanz. Die Signifikanz ( $p < 0,05$ ) ist dabei Ausdruck der Exklusivität des IV für die entsprechende Gruppe (Gesellschaft) und damit seiner Qualität. Für jede Flechtenart wurde nach dieser Methode ein IV für jede Gesellschaft ermittelt und auf statistische Signifikanz geprüft (Monte-Carlo-Test mit 10.000 Wiederholungen). Nur Arten mit signifikantem IV werden als Indikatorarten angesehen. Die Korrelation zwischen Standortparametern und Vorkommen der Flechtenarten wurde analog untersucht. Dazu wurden die IV der Flechtenarten für standörtliche Gruppen (anstelle von Gesellschaften als soziologische Gruppen) ermittelt. Die Daten für den Deckungsgrad der Krautschicht, Inklination, pH-Wert und Entbuschungszeitpunkt mußten dafür zunächst in die folgenden Klassen gruppiert werden:

Deckungsgrad der Krautschicht: „1“  $< 20\%$ ; „2“  $> 20\%$  bis  $40\%$ ; „3“  $> 40\%$  bis  $60\%$ ; „4“  $> 60\%$  bis  $80\%$ ; „5“  $> 80\%$ .

Inklination: „1“  $< 10^\circ$ ; „2“  $> 10^\circ$  bis  $20^\circ$ ; „3“  $> 20^\circ$  bis  $30^\circ$ ; „4“  $> 30^\circ$  bis  $40^\circ$ ; „5“  $> 40^\circ$  bis  $50^\circ$ .

Boden-pH: „1“ 3,0 bis 3,9 (sehr stark sauer); „2“ 4,0 bis 4,9 (stark sauer); „3“ 5,0 bis 5,9 (mittel sauer); „4“ 6,0 bis 6,4 (schwach sauer); „5“ 6,5 bis 6,9 (sehr schwach sauer); „6“ 7,0 (neutral), „7“ 7,1 bis 7,5 (sehr schwach alkalisch).

Entbuschungszeitpunkte: „1“ = 1980/81, 1983, 1984, 1985; „2“ = 1986, 1987, 1989; „3“ = 1991, 1992/93.

## 4 ERGEBNISSE

### 4.1 Standorte und Struktur der untersuchten Phanerogamengesellschaften

Die Bestände des *Spergulo morisonii-Corynephorum canescentis*, in denen die Aufnahmen durchgeführt wurden, besiedeln im Untersuchungsgebiet ausschließlich südexponierte Hänge einer Inklination zwischen  $10^\circ$  und  $45^\circ$ . Die humusarmen Böden reagieren mit pH-Werten zwischen 3,9 und 5,3 sehr stark bis mäßig sauer. Die Krautschicht erreicht maximal einen Deckungsgrad von 50 %, wobei die Deckung der Kryptogamenschicht vielfach die der Krautschicht übersteigt oder vergleichbare Werte erreicht (Abb. 2). Die Zusammensetzung der Kryptogamenschicht ist recht unterschiedlich; meist dominieren Moose, seltener Flechten.

Auch das *Thymo-Festucetum cinereae* findet man ausschließlich auf südexponierten Flächen. An den Oberhanganten der Harslebener Berge, der Hinter Berge und des Großen Thekenberges charakterisiert die Gesellschaft flachgründige Böden, deren Inklination zwischen  $5^\circ$  und  $50^\circ$  variiert. Die Spanne der pH-

Werte reicht von 3,8 bis 7,4. Die Krautschicht ist mit einem durchschnittlichen Deckungsgrad von 50 % vergleichsweise offen und erreicht nur vereinzelt 80 % Deckung (Abb. 2). In der Kryptogamenschicht dominieren ebenfalls Moose.

Das Euphorbio-Callunetum besiedelt in Südexposition ausschließlich Ober- und Mittelhänge einer Inklination zwischen 0° und 50°. Die Bodenreaktion umfaßt pH-Werte zwischen 3,7 und 4,4; die Rohhumusaufgabe ist schwach entwickelt. In den meisten Beständen dominieren Phanerogamen (Abb. 2). In Nordexposition wachsen die Zwergstrauchheiden auf 10° bis 50° geneigten Hängen. Die Böden weisen Rohhumusaufgaben unterschiedlicher Mächtigkeit auf und sind stark sauer (pH 3,8-4,8). Es dominieren Phanerogamen (Abb. 2); Kryptogamen sind jedoch stets am Aufbau der Gesellschaft beteiligt.

Das Festuco valesiacae-Stipetum capillatae wächst auf südexponierten Oberhang- und Mittelhangbereichen einer Neigung zwischen 25° und 40°. Die Böden sind lößbeeinflusst; ihre pH-Werte schwanken zwischen 5,9 und 7,5. Im Gesellschaftsaufbau dominiert stets die Krautschicht; die Kryptogamenschicht ist schwach ausgebildet (Abb. 2). Das Stipetum stenophyllae hingegen ist auf ebenen bis mäßig geneigten Flächen in den Plateaubereichen der Hinter- und der Harslebener Berge zu finden. Die ebenfalls lößbeeinflussten Böden sind durch pH-Werte von 5,1 bis 7,4 gekennzeichnet. Die durchschnittliche Deckung der Krautschicht liegt bei 97 %, die der Kryptogamenschicht bei 2 % (Abb. 2).

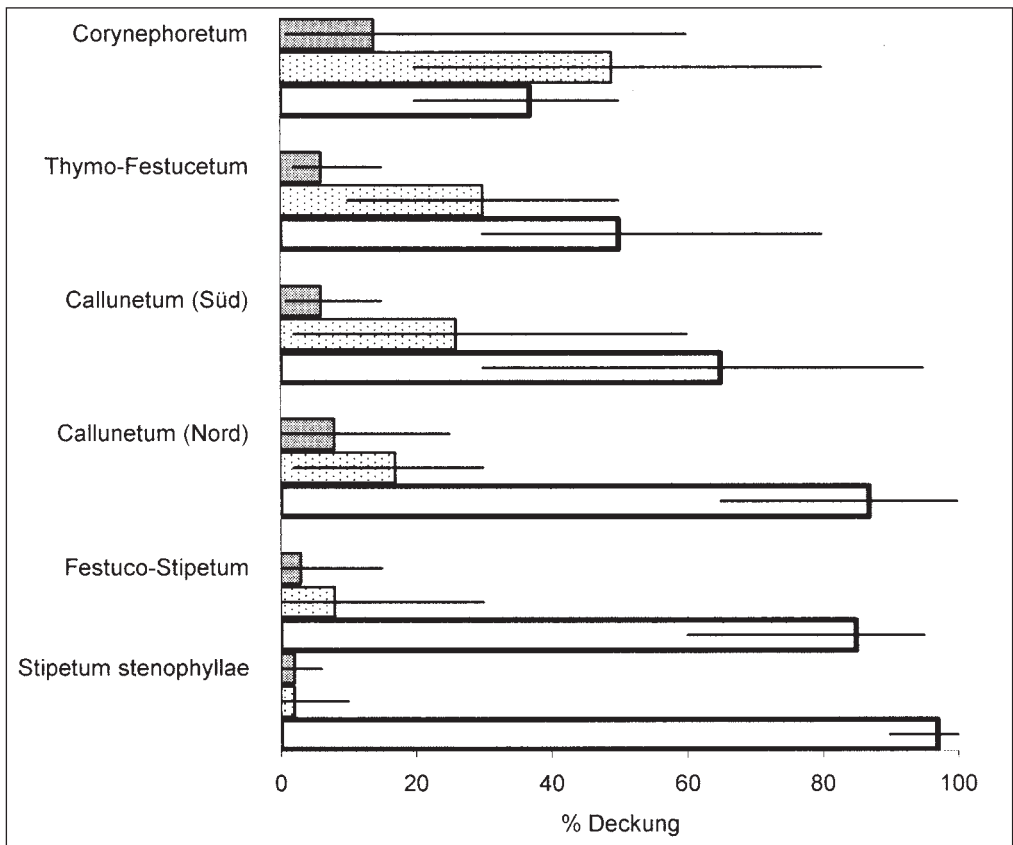


Abb. 2 Übersicht der Deckungsgrade für die Krautschicht (weiß), Kryptogamenschicht (gepunktet) und Flechtenschicht (grau) für die untersuchten Pflanzengesellschaften (Mittelwert; Fehlerbalken geben die absolute Spannweite an).

#### 4.2 Die epigäischen Flechten in verschiedenen Phanerogamengesellschaften

In den untersuchten Gesellschaften wurden insgesamt 22 epigäische Flechten nachgewiesen. Zu den weit verbreiteten Arten gehören *Cladonia pyxidata*, *C. coniocraea* und *C. subulata*. Einige weitere Arten wurden nur vereinzelt angetroffen; von diesen gelten *C. symphycharpa* und *C. polycarpoides* in Deutschland als gefährdet (Tab. 1).

Tab. 1 Bindung von Flechtenarten an bestimmte Phanerogamengesellschaften im NSG „Harslebener Berge und Steinholz“ (% Stetigkeit, in Klammern der jeweilige Indikatorwert wenn  $p < 0,05$ ) und Gefährdung laut der aktuellen Roten Liste (WIRTH et al 1996, SCHOLZ im Druck: \* = ungefährdet, ? = keine Angaben über Gefährdung, 2 = stark gefährdet, 3 = gefährdet); C. = Cladonia.

	Ge phoretum	Te cetum	St Stipetum	St stenoph.	S	N	BRD	R.L.	R.L.
N Aufnahmen	16	15	18	15	15	11			
<i>Cladonia pyxidata</i>	69	73	72	67	10	91		*	*
<i>C. coniocraea</i>	19	53	19	20	40	36		*	*
<i>C. rei</i>	13		19	7				*	*
<i>C. symphycharpa</i>		7	11					3	3
<i>C. polycarpoides</i>		13						2	*
<i>Trapeliopsis flexuosa</i>					7			*	*
<i>C. uncialis</i>	44							3	*
<i>C. pleurota</i>	35	13			27	27		*	*
<i>C. subulata</i>	65	20	6	13	33	64		*	*
<i>Cetraria aculeata</i>	32	7			7			?	3
<i>C. cervicornis</i>	50	27			53	27		3	3
<i>C. foliacea</i>	69	79	19	13	13			3	3
<i>C. furcata</i> ssp. <i>furcata</i>		27						*	*
<i>C. rangiformis</i>		29	22	7				3	3
<i>C. coccifera</i>	13							*	*
<i>C. ramulosa</i>	38	20			50	18		3	3
<i>C. macilentassp. macilenta</i>	13				30	9		?	*
<i>Placynthiella icmalea</i>	6				20	9		*	*
<i>C. digitata</i>						20		*	*
<i>C. macilentassp. floerkeana</i>	38	7			20	55		?	*
<i>C. fimbriata</i>	13		6			25		*	*
<i>Trapeliopsis granulosa</i>	6					14		*	*

Im Spergulo morisonii-Corynephoretum canescentis traten insgesamt 16 Flechtentaxa auf, wobei bis zu 12 Flechtenarten gemeinsam in einer Aufnahme vorkamen (Tab. 1). Den größten Anteil machen Vertreter der Gattung *Cladonia* aus; *C. subulata*, *C. pyxidata* und *C. foliacea* sind mit höchster Stetigkeit vertreten. Fünf Arten kommt Indikatorfunktion zu: *Cladonia uncialis*, *C. pleurota*, *C. subulata*, *C. cervicornis* und *Cetraria aculeata*. Während *C. uncialis* im UG auf diese Phanerogamengesellschaft beschränkt bleibt, ist *C. subulata* auch im nordexponierten, *C. cervicornis* auch im südexponierten Euphorbio-Callunetum häufig. Die anderen Arten kommen mit geringer Frequenz in weiteren Gesellschaften vor.

Im Thymo-Festucetum wurden 13 Flechtentaxa angetroffen, von denen bis zu 7 in einer Aufnahme gemeinsam vorkamen (Tab. 1). Hochstet sind *Cladonia foliacea*, *C. pyxidata* und *C. coniocraea*. Drei Flechtenarten zeigen eine starke Bindung an diese Phanerogamengesellschaft: *Cladonia furcata* ssp. *furcata*, die ausschließlich in dieser Gesellschaft gefunden wurde, sowie *C. foliacea* und *C. rangiformis*, die auch in anderen Gesellschaften anzutreffen sind.

Im Festuco-Stipetum wurden insgesamt 8, im Stipetum stenophyllae 6 Flechtenarten nachgewiesen; maximal kamen 4 bzw. 3 in einer Aufnahme gemeinsam vor. In beiden Gesellschaften ist *Cladonia pyxidata* hochstet anzutreffen. Keine der Flechtenarten besitzt Indikatorfunktion für die beiden Gesellschaften.

Für das Euphorbio-Callunetum konnten 17 Flechtentaxa nachgewiesen werden, wobei bis zu 6 gemeinsam notiert wurden. Einzige hochstete Art ist *Cladonia pyxidata*. Arten mit Indikatorfunktion für südexponierte Bestände sind *Cladonia macilenta* ssp. *macilenta*, *C. ramulosa* und *Placynthiella icmalea* (Tab. 1), für nordexponierte Zwergstrauchheiden *Cladonia macilenta* ssp. *floerkeana*, *C. digitata*, *C. fimbriata* und *Trapeliopsis granulosa*. *Cladonia digitata* kommt im Untersuchungsgebiet ausschließlich in dieser Gesellschaft vor.

### 4.3 Abhängigkeit der Verbreitung epigäischer Flechtenarten von verschiedenen Standortparametern

Für eine Reihe von Flechtenarten konnte im NSG „Harslebener Berge und Steinholz“ eine Bindung an bestimmte Standortparameter nachgewiesen werden (Tab. 2). So kommt *Trapeliopsis granulosa* im Untersuchungsgebiet nur dann vor, wenn die Krautschicht sehr lückig ist. Die Indikatorarten *Cladonia fimbriata*, *C. digitata*, *C. macilenta* ssp. *floerkeana*, *C. subulata* und *Trapeliopsis granulosa* kennzeichnen nordexponierte Bereiche. Eine Bindung an südexponierte Flächen zeigt *Cladonia foliacea*. Weitere vier Indikatorarten, *Cladonia digitata*, *C. foliacea*, *C. subulata* und *C. uncialis*, kennzeichnen die am stärksten geneigten Hänge des Untersuchungsgebiets, während *Trapeliopsis granulosa* schwach geneigte Flächen bevorzugt.

Tab. 2 Bindung von Flechtenarten an bestimmte Standortparameter im NSG „Harslebener Berge und Steinholz“  
IV= Indikatorwerte wenn  $p < 0,05$ . Zum Vergleich sind die Zeigerwerte nach WIRTH (2001) angegeben: L = Lichtzahl, R = Reaktionszahl, N = Nährstoffzahl, SU = Substrat: E = Erdboden, Rohhumus, H = Holz, Zahlen steigen von 1–9, x = indifferent); C = *Cladonia*.

	Expon	Hän	pHw	Humform	Hum	L	RU	N	S
<i>Cetraria aculeata</i>				humusarm IV 28	1991-1993 IV 35	8	x	2	E
<i>Cladonia cervicornis</i>				humusarm IV 31		8	3	2	E
<i>C. digitata</i>	Nord IV 27	> 40° IV 25		Rohhumus IV 20		5	x	2	EH
<i>C. fimbriata</i>	Nord IV 24					7	x	1	E
<i>C. foliacea</i>	Süd IV 39	> 40° IV 26		humusarm IV 46		9	x	2	E
<i>C. macilenta</i> ssp. <i>floerkeana</i>	Nord IV 44		3,0-3,9 IV 43	Rohhumus IV 24		7	x	1	EH
<i>C. pleurota</i>				humusarm IV 35		7	x	2	E
<i>C. pyxidata</i>					1991-1993 IV 40	7	x	2	E
<i>C. subulata</i>	Nord IV 44	> 40° IV 24		humusarm IV 32	1991-1993 IV 66	8	x	1	E
<i>C. uncialis</i>		> 40° IV 24		humusarm IV 44	1991-1993 IV 50	8	5	2	E
<i>Trapeliopsis granulosa</i>	<20 % IV 45	Nord IV 17	10-20° IV 22			8	x	1	EH



Die „Indicator species analysis“ zeigt für *Cladonia macilenta* ssp. *floerkeana* eine Bindung an sehr stark saure Böden (Tab. 2). Für viele Flechtenarten zeigt sich zudem eine deutliche Abhängigkeit ihrer Verbreitung im Untersuchungsgebiet von der Humusform und -präsenz.

Indikatorarten für Flächen mit Rohhumusauflage sind *Cladonia digitata* und *C. macilenta* ssp. *floerkeana*, die laut WIRTH (1992) auch Holz besiedeln können. *Cetraria aculeata*, *Cladonia cervicornis*, *C. foliacea*, *C. pleurota*, *C. subulata* und *C. uncialis* hingegen kennzeichnen Standorte extremer Humusarmut.

Bezüglich des Entbuschungszeitpunktes zeigt sich, daß lediglich für Flächen, die nach 1990 entbuscht wurden, Indikatorarten ausgewiesen werden können. Charakteristisch für solche Bestände sind *Cetraria aculeata*, *Cladonia pyxidata*, *C. subulata* und *C. uncialis*.

## 5 DISKUSSION

Das NSG „Harslebener Berge und Steinholz“ ist durch das Vorkommen von zahlreichen epigäisch siedelnden Flechten charakterisiert. Von den insgesamt 22 in den untersuchten Pflanzengesellschaften vorkommenden Taxa gelten 6 für das Gebiet der Bundesrepublik als gefährdet (Kategorie 3), eine sogar als stark gefährdet (2) (WIRTH et al. 1996). Eine regionale Gefährdung (Rote Liste von Sachsen-Anhalt, SCHOLZ im Druck) wird für 6 Arten angegeben (Tab. 1). Damit kommt den Harslebener Bergen aus lichenologischer Sicht große regionale, aber auch überregionale Bedeutung zu. Zwei *Cladonia*-Arten, *C. pyxidata* und *C. coniocraea*, zeichnen sich durch eine weite ökologische Amplitude aus und wurden in nahezu allen untersuchten Gesellschaften angetroffen. Dieses Ergebnis deckt sich mit der Einstufung von WIRTH (1992): die Arten sind weit verbreitet, mehr oder weniger indifferent gegenüber den hygrischen Verhältnissen und der Temperatur sowie charakterisiert durch niedrige Nährstoff- und Reaktionszahlen.

Mittels der „Indicator species analysis“ wurde für eine Reihe von Flechten im NSG eine Bindung an die Pflanzengesellschaften Spergulo-Corynephoretum, Thymo-Festucetum und Euphorbio-Callunetum beider Expositionen nachgewiesen. Diese Bevorzugung ließ sich in der Regel mit charakteristischen Standortgegebenheiten erklären. Der Reichtum des Spergulo-Corynephoretum an verschiedenen Flechtenarten wurde vielfach beschrieben (z.B. POTT 1995, SCHUBERT et al. 2002, FREY et HENSEN 1995, ELLENBERG 1996); auf den nährstoffarmen Sanden kommt ihnen vor allem die mangelnde Konkurrenz durch Phanerogamen zugute. Insgesamt fünf Indikatorarten kennzeichnen das Spergulo-Corynephoretum. Es handelt sich dabei um die gleichen Arten, die als Indikatoren extrem humusarmer Böden gelten: *Cetraria aculeata*, *Cladonia cervicornis*, *C. subulata*, *C. pleurota* und *C. uncialis*. Zu diesen gehört außerdem *C. foliacea*, die zwar keine Indikatorart der Silbergrasrasen ist, jedoch höchstet auftritt. WIRTH (1992) gibt übereinstimmend niedrige Nährstoffzahlen an. Allerdings ist das verstärkte Auftreten der entsprechenden Flechtenarten nicht allein auf die Bodenverhältnisse, sondern auf den Komplex der verschiedenen für das Spergulo-Corynephoretum typischen Standortfaktoren zurückzuführen. Neben der Armut an Humus und Mineralstoffen sind dies niedrige pH-Werte und starke Trockenheit (JUPE 1968, ELLENBERG 1996). Hohe Temperaturen und Lichtintensitäten, bedingt durch die südexponierte Lage und lückige Phanerogamenschicht, spielen ebenfalls eine wichtige Rolle. Dementsprechend gehören *Cetraria aculeata*, *Cladonia cervicornis*, *C. subulata* und *C. uncialis* nach WIRTH (1992) zu den Lichtarten; die höchstete *Cladonia foliacea* wurde zudem als Indikatorart für südausgerichtete Flächen ausgewiesen. Allerdings sind die Lichtzahlen für praktisch alle Arten hoch, auch wenn sie eher Nordexpositionen bevorzugen (Tab. 2). Die Lichtzahlen zeigen hier generell an, daß alle Arten offene Vegetation benötigen, was mit Ausnahme der *Stipa*-Gesellschaften für alle hier untersuchten Bestände gilt. Für die kleinräumige Trennung von unterschiedlich lichten Gesellschaften sind Lichtzahlen also ein viel zu grobes Instrument. Dies deckt sich mit der generellen Beobachtung, daß Lichtzahlen nur zur Differenzierung von heterogenen Datensets mit langen Gradienten geeignet sind (DIEKMANN 2003).

*Cladonia subulata* kennzeichnet neben dem Spergulo-Corynephoretum auch das Euphorbio-Callunetum mit hoher Stetigkeit: beide Gesellschaften zeichnen sich durch Nährstoffarmut aus. Der signifikante IV für Nordexpositionen ist allerdings erstaunlich, da *C. subulata* ja eine Charakterart des im Gebiet ausschließlich in Südexposition vorkommenden Corynephoretums ist. Hier wird der duale Charakter der ISA deutlich,



die neben der Stetigkeit in der Gruppe auch das Vorkommen außerhalb der Gruppe berücksichtigt. Die Art findet sich in den meisten Aufnahmen in Nordexposition (Stetigkeit von 64 %, entspricht 70 % der Gesamtvorkommen), ist in Südexposition allerdings weitgehend auf das Corynephorum beschränkt, und erreicht daher in allen Aufnahmen in Südexposition nur eine Stetigkeit von 28 % (entspricht 30 % der Gesamtvorkommen). Dieser Unterschied ist hinreichend groß und somit signifikant. Bei einem ausschließlichen Vergleich von Aufnahmen aus dem Corynephorum und Callunetum wäre dieses Ergebnis nicht aufgetreten, die ISA ist also immer kontextabhängig.

In der pflanzensoziologischen und vegetationskundlichen Literatur finden sich unterschiedliche Angaben zu den im Spergulo-Corynephorum auftretenden Flechtenarten. Einzelne Indikatorarten des UG gelten als Assoziationscharakterarten, so z. B. *Cladonia cervicornis* (WILMANN 1998). *Cetraria aculeata* wird verschieden bewertet: von POTT (1995) als Assoziationscharakterart, von SCHUBERT (2001) als Verbandscharakterart, von WILMANN (1998) als Klassencharakterart. Diesen Rang räumt SCHUBERT (2001) wiederum *Cladonia foliacea* ein. Dies zeigt, wie unterschiedlich stark die Bindung der genannten Flechtenarten an diese Phanerogamengesellschaft eingeschätzt wird.

Auch das Thymo-Festucetum cinereae ist durch lückige Deckung höherer Pflanzen und hohen Anteil an Kryptogamen ausgezeichnet (MAHN 1965, SCHUBERT 1974b, SCHUBERT 2001). Ursache sind die extremen Standortbedingungen. Die wesentliche Rolle spielen die ausgeprägte Flachgründigkeit der Böden sowie deren starke Erwärmung und Austrocknung im Sommer (MAHN 1965, SCHUBERT 1974b, SCHUBERT 2001). Im Gegensatz zu den nährstoff- und humusarmen Bodenverhältnissen des Spergulo-Corynephorums handelt es sich hier jedoch um mineralkräftigere Substrate (SCHUBERT 1974b), deren Humusanteil zumindest im Oberboden, also in dem für Flechten bedeutsamen Bereich, hoch ist. Während sich die Flachgründigkeit der Böden für die Flechten allerdings nur indirekt über die verminderte Konkurrenzfähigkeit höherer Pflanzen auswirkt, spiegeln sich die Licht- und Wärmeverhältnisse deutlich in der Zusammensetzung der Flechtenschicht wider. Als Flechtenart mit der stärksten Bindung tritt *Cladonia foliacea* auf, die mit hoher Stetigkeit auch im Corynephorum gefunden wurde, als licht- und wärmeliebend gilt (WIRTH 1992) und unter lufttrockenen Bedingungen gut zu existieren vermag. Sie ist im Untersuchungsgebiet außerdem ein Indikator für Südexposition, steil geneigte Hänge und Humusarmut, wie sie wiederum für das Corynephorum charakteristisch sind. Dies steht in guter Übereinstimmung mit ihren Zeigerwerten (WIRTH 1992), die sie als xerophytische Volllichtart und Wärmezeiger ausweisen. Auch HAUCK (1996) fand sie vorwiegend in sehr offenen, stark besonnten Biotopen in phanerogamenarmen bzw. -freien Bereichen und bezeichnet die Art als konkurrenzschwach gegenüber höheren Pflanzen.

Auch *Cladonia rangiformis*, eine weitere Indikatorart des Thymo-Festucetums, ist in Bezug auf Licht- und Temperaturverhältnisse anspruchsvoll (WIRTH 1992). Die Bindung von *Cladonia furcata* ssp. *furcata* hingegen, die im UG ausschließlich im Thymo-Festucetum vorkommt, läßt sich nicht ohne weiteres auf die extrem trocken-warmen Standortverhältnisse zurückführen. In der Literatur (MAHN 1965, SCHUBERT 1974b, SCHUBERT 2001) findet sich keine Anmerkung zu einer besonderen Rolle von *Cladonia furcata* ssp. *furcata* in dieser Trockenrasengesellschaft. Auch WIRTH (1995b) kennzeichnet sie als eine konkurrenzkräftige Flechte von sehr weiter ökologischer Amplitude, was ebenfalls ein Auftreten auch in anderen Phanerogamengesellschaften erwarten ließe. Einen möglichen Ansatzpunkt zur Erklärung ihres beschränkten Auftretens liefert die Nährstoffzahl. So liegen nach WIRTH (1992) die beobachteten Vorkommen dieser Art schwerpunktmäßig auf Böden, die sich durch mäßigen Nährstoffreichtum auszeichnen. Eventuell ist es die Nährstoffarmut der Silbergrasrasen und Zwergstrauchheiden, die ein Auftreten der Art dort nicht zuläßt. In den *Stipa*-Beständen ist die große Konkurrenz durch höhere Pflanzen als mögliche Ursache anzusehen. Die vollständige Klärung dieser Tatsache steht jedoch noch aus.

Spezielle Arbeiten, die sich vorrangig mit den Flechten des Thymo-Festucetums beschäftigen, liegen nicht vor. SCHUBERT (1974b, 2001) nennt *Cladonia foliacea*, *C. rangiformis* und *C. pyxidata* als typische Arten; die Vegetationsaufnahmen von MAHN (1965) enthalten außer diesen auch *Cetraria aculeata* und *Diploschistes muscorum*, von denen letztere im UG aktuell nicht nachgewiesen werden konnte.

Im Euphorbio-Callunetum treten eine ganze Reihe von Flechten auf, von denen sieben eine deutliche Bindung an diese Gesellschaft zeigen. SCHUBERT (1973) führt das Auftreten vieler *Cladonia*-Arten auf Bo-

dendegradation zurück. So findet sich selbst in niederschlagsarmen Gegenden, zu denen das UG zweifellos gehört, meist eine zumindest schwache Podsolierung der sauren Böden (SCHUBERT 2001, SCHUBERT et al. 2002). Kennzeichnend sind ein hoher Bodensäuregrad und ausgeprägte Nährstoffarmut (NEUWIRTH 1958). Diese Faktoren gestatten nur wenigen Zwergsträuchern, Kräutern und Gräsern die Existenz. Zusätzlich verschlechtert werden die Wachstumsbedingungen zumindest für Phanerogamen durch eine zum Teil mächtige Rohhumusauflage (JUPE 1968). Diese ist in den Nordlagen regelmäßig, auf südexponierten Standorten seltener und nur in geschützten, wenig geneigten Bereichen ausgebildet. Indikatorarten des nordexponierten Euphorbio-Callunetums sind *Cladonia digitata*, *C. macilenta* ssp. *floerkeana*, *C. fimbriata* und *Trapeliopsis granulosa*, die alle Indikatoren für Nordexposition, erstere auch für Rohhumusauflage darstellen. Rohhumus kommt nach NEUWIRTH (1958) und JUPE (1968) eine große Rolle als Wasserspeicher zu. Die ohnehin am Nordhang günstigeren Feuchtigkeitsverhältnisse werden dadurch für die Flechten noch verbessert. Diese Faktoren bieten eine mögliche Erklärung für die Beschränkung des Vorkommens auf das nordexponierte Callunetum für *Cladonia digitata*, da die Art als substrathygrophytisch gilt und oft auch auf morschem Holz zu finden ist (WIRTH 1995b) – Rohhumus enthält einen hohen Anteil schwach zersetzter Pflanzenrückstände. Da Rohhumus zudem die terrestrische Humusform mit der ungünstigsten Nährstoffversorgung ist (LERCH 1991), handelt es sich bei allen Indikatorarten erwartungsgemäß um extreme Magerkeitszeiger (WIRTH 1992). *Trapeliopsis granulosa* ist zudem an sehr lückige Phanerogamenbestände und schwach geneigte Flächen gebunden.

Als Indikatorart des südexponierten Euphorbio-Callunetum tritt *Cladonia macilenta* ssp. *macilenta* auf. Sie unterscheidet sich hinsichtlich ihrer ökologischen Ansprüche kaum von *C. macilenta* ssp. *floerkeana*; ein Verbreitungsschwerpunkt auf extrem nährstoffarmen, sehr sauren Substraten ist für beide Arten bekannt (WIRTH 1992). Der Tatsache, daß *C. macilenta* ssp. *macilenta* im UG an süd-, *C. macilenta* ssp. *floerkeana* an nordexponierte Bestände gebunden ist, widersprechen allerdings Befunde, wonach die erstgenannte Unterart eine höhere Schattentoleranz zeigt (WIRTH 1995). Nach SCHUBERT (1973, 2001) ist ein Auftreten von *C. macilenta* ssp. *macilenta*, ungeachtet der Exposition, im Euphorbio-Callunetum nicht ungewöhnlich, und WILMANN (1998) charakterisiert beide Unterarten als Charakterarten der Ordnung Calluno-Ulicetalia. Einzig für *Cladonia macilenta* ssp. *floerkeana* wurde eine Bindung an sehr stark saure Böden nachgewiesen. Dies entspricht Untersuchungen von HAUCK (1996), der *Cladonia macilenta* ssp. *floerkeana* ebenfalls als eine Art saurer Böden charakterisiert.

Im Gegensatz zu den bereits dargestellten Phanerogamengesellschaften spielen Flechten im Festuco-Stipetum und im Stipetum stenophyllae eine untergeordnete Rolle, und für keine der dort gefundenen Arten wurde ein Indikatorwert festgestellt. Lediglich *Cladonia pyxidata* und *C. coniocraea*, Arten breiter ökologischer Amplitude (WIRTH 1995), wurden häufiger angetroffen. Niedrige Deckungsgrade und oft nur aus wenigen kleinen Podetien bestehende Thalli dieser Arten zeigen die für Flechten ungünstigen Bedingungen auf diesen lößbeeinflussten Böden, auf denen die Konkurrenz durch Phanerogamen groß ist, deutlich an. Dabei treten zwischen Festuco-Stipetum und Stipetum stenophyllae durchaus standörtliche Unterschiede auf. NEUWIRTH (1958) und JUPE (1968) geben für das Stipetum stenophyllae einen deutlich günstigeren Wasserhaushalt an. Bei den von dieser Gesellschaft besiedelten Böden handelt es sich nach MAHN (1965) um tiefgründige, degradierte Tschernoseme, während das Festuco-Stipetum durch verschiedene Bodentypen mittlerer Tiefgründigkeit gekennzeichnet ist, die sich jedoch alle durch geringere Bodenfruchtbarkeit auszeichnen (SCHACHTSCHABEL et al. 1992). Dementsprechend kann im Stipetum stenophyllae von günstigeren Bedingungen für Phanerogamen ausgegangen werden, da die Deckung der Phanerogamen höher ist. Viele Bestände des Stipetum stenophyllae sind deshalb völlig flechtenfrei, während im Festuco-Stipetum in allen Aufnahmen Flechten angetroffen wurden. Auch in der Literatur finden sich keine Hinweise auf das Vorkommen von Flechten im Stipetum stenophyllae (MAHN 1965, SCHUBERT 1974a, SCHUBERT 2001, SCHUBERT et al. 2002). Für das Festuco-Stipetum capillatae werden einige unregelmäßig auftretende Begleiter wie z. B. *Cladonia foliacea*, *C. pyxidata* und *C. rangiformis* erwähnt (MAHN 1965, SCHUBERT 2001).

Drei Flechtenarten, *Cladonia subulata*, *C. uncialis* und *Cetraria aculeata*, treten vorrangig in erst 1990 entbuschten Flächen auf. Bei allen drei Arten handelt es sich um Flechten, die generell offene oder nur lückig bewachsene, nährstoffarme und mit Ausnahme von *Cetraria aculeata* meist saure Flächen besie-

deln. Die vorwiegend auf den entbuschten Flächen siedelnden Gesellschaften Euphorbio-Callunetum und Spergulo-Corynephoretum kommen diesen Ansprüchen entgegen, wobei nur in letztgenannter alle 3 Arten zu verzeichnen sind. Im südexponierten Euphorbio-Callunetum finden sich nur *Cladonia subulata*, die mit 65 auch den höchsten Indikatorwert aufweist, und mit geringer Stetigkeit *Cetraria aculeata*, die mit 25 den niedrigsten Indikatorwert aufweist und in Nordexposition ausbleibt. Die Bindung der genannten Arten an diese Flächen ist sicher nicht im Entbuschungszeitraum zu suchen, sondern wohl eher ein Ausdruck der Bindung an die Phanerogamengesellschaften bzw. der von ihnen besiedelten Kleinstandorte mit ihren entsprechenden ökologischen Bedingungen, die u.a. durch diese Pflegemaßnahmen geschaffen oder wieder hergestellt wurden. Dies unterstreicht die hohe Bedeutung von Pflegemaßnahmen, denn der Nachweis einer Bindung einzelner Flechtenarten an die Phanerogamenvegetation und damit an bestimmte Standortfaktoren zeigt, daß ein wirkungsvoller Artenschutz für Flechten nur durch den Erhalt der von ihnen besiedelten Ökosysteme möglich ist (HAUCK 1996). In Bezug auf das Untersuchungsgebiet ergibt sich daraus die Notwendigkeit der Erhaltung der abwechslungsreichen Xerothermvegetation, insbesondere des Spergulo-Corynephoretum, des Thymo-Festucetum und des Euphorbio-Callunetum einschließlich der spezifischen Standortfaktoren. Durch geeignete Pflegemaßnahmen der Phanerogamenvegetation, wie sie bisher erfolgreich im Gebiet durchgeführt wurden (WEGENER 1988), kann also gleichzeitig ein Beitrag zur Erhaltung gefährdeter Flechtenarten geleistet werden. Im NSG betrifft dies insbesondere bundesweit gefährdete Arten (WIRTH et al. 1996) wie *Cetraria aculeata*, *Cladonia foliacea*, *C. ramulosa*, *C. rangiformis* und *C. uncialis*. Wünschenswert erscheint zudem die gemeinsame Erfassung von Flechten und höheren Pflanzen bei der Untersuchung der genannten Vegetationstypen. Diese würde stark zur Verbesserung der Kenntnis der Bestandssituation von Flechten beitragen und gleichzeitig das Wissen um den Beitrag verschiedener Organismengruppen und ihre gegenseitige Beeinflussung beim Aufbau der Vegetation erhöhen.

## 6 ZUSAMMENFASSUNG

SCHULZE, H.; HENSEN, I.; WESCHE, K.; STORDEUR, R.: Die Verbreitung epigäischer Flechten und ihre Beziehungen zu ausgewählten Phanerogamengesellschaften im NSG Harslebener Berge und Steinholz (Sachsen-Anhalt). - *Hercynia N:F.* 37: 73–85.

Das Naturschutzgebiet „Harslebener Berge und Steinholz“ zeichnet sich durch eine Vielfalt an Substraten und mikroklimatisch unterschiedlichen Standorten und damit durch ein vergleichsweise hohes Flechtenvorkommen aus. Die vorliegende Arbeit hat zum Ziel, die Abhängigkeit der Verbreitung epigäischer Flechten von Vegetationsstruktur und Standortfaktoren in fünf Trockenrasen- und Zwergstrauchgesellschaften zu analysieren. Eine „Indicator Species Analysis“ ergab, daß die Pflanzengesellschaften Spergulo morisonii-Corynephoretum, Thymo-Festucetum cinereae und Euphorbio-Callunetum durch bestimmte Flechtenarten charakterisiert sind, was sich in der Regel auf eine Bevorzugung von Standortparametern wie z.B. Exposition, Humusform, Deckungsgrad der Phanerogamen, pH-Wert des Bodens und Inklination zurückführen ließ. Nur in den von *Stipa* dominierten Steppenrasen (Stipetum stenophyllae, Festuco valesiaca-Stipetum capillatae), in denen die Konkurrenz durch hochwüchsige Phanerogamen zu stark ist, treten keine Flechtenarten auf, die speziell an diese Gesellschaften gebunden sind. Da standortökologische Untersuchungen bei Flechten bisher kaum in Abhängigkeit von Phanerogamengesellschaften durchgeführt wurden, liegen keine Vergleichsmöglichkeiten vor. Somit besitzt vorliegende Analyse derzeit nur lokale Gültigkeit.

## 7 DANKSAGUNG

Wir bedanken uns herzlich bei Dr. U. Wegener (Nationalpark Hochharz, Wernigerode) für die Informationsmaterialien zu den durchgeführten Pflegemaßnahmen und bei Dr. P. Scholz (Unabhängiges Institut für Umweltfragen e.V. Halle/Saale) für Hilfe bei der Durchführung der Dünnschichtchromatographie.

## 8 LITERATUR

- BÖHNERT, W. (1974): Ökologische Untersuchungen auf den Kreidesandsteinhöhen der Harslebener Berge bei Quedlinburg. - Dipl.arb. Univ. Halle (unveröff.).
- BÖHNERT, W. (1978): Die Vegetation des Naturschutzgebietes „Harslebener Berge – Steinholz“. - Naturschutz Naturk. Heimatf. Bez. Halle Magdeburg **15**(2): 11–23.
- BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE UND GEOLOGISCHE LANDESÄMTER DER BRD (Hrsg.) (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung. 4. Aufl. - Hannover.
- CULBERSON, C. F. 1972. Improved conditions and new data for the identification of lichen products by a standardized thin-layer chromatographic method. - J. Chromatogr. **72**: 113–125.
- CULBERSON, C. F.; KRISTINSSON, H. (1970): A standardized method for identification of lichen products. - J. Chromatogr. **46**: 85–93.
- DIEMANN, M. (2003): Species indicator values as an important tool in applied plant ecology - a review. - Basic Appl. Ecol. **6**: 493–506.
- DIERSCHKE, H. (1994): Pflanzensoziologie: Grundlagen und Methoden. - Stuttgart.
- ELLENBERG, H. (1996): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht. 5. Aufl. - Stuttgart.
- FREY, W.; HENSEN, I. (1995): Spergulo morisonii-Corynephoretum canescentis (Frühlingsspark-Silbergrasflur) – Lebensstrategien von Binnendünen- und Lockersandbesiedlern. - Feddes Repert. **106**: 533–553.
- HAUCK, M. (1996): Die Flechten Niedersachsens: Bestand, Ökologie, Gefährdung und Naturschutz. - Naturschutz Landschaftspflege Niedersachsen **36**. Hannover.
- HENTSCHEL, P. (1967): Das Naturschutzgebiet Harslebener Berge – Steinholz. - Naturschutz Naturk. Heimatf. Bez. Halle Magdeburg **4**(1/2). 76–82.
- HUNECK, S.; YOSHIMURA, I. (1996): Identification of lichen substances. - Berlin, Heidelberg.
- JUPE, H. (1968): Die Makrolepidopteren-Fauna des Naturschutzgebietes „Harslebener Berge“ im Nordharz-Vorland und ihre Beziehung zu dessen Pflanzengesellschaften. - Hercynia N.F. **5**: 97–180.
- LERCH, G. (1965): Pflanzenökologie. - Berlin.
- MAHN, E. G. (1965): Vegetationsaufbau und Standortverhältnisse der kontinental beeinflussten Xerothermrasengesellschaften Mitteldeutschlands. - Abh. Sächs. Akad. Wiss. Leipzig, Math.-Naturwiss. Kl. **49**. Berlin.
- MCCUNE, B.; GRACE, J. B.; URBAN, D. L. (2002): Analysis of Ecological Communities. - Gleneden Beach, Oregon.
- MEYEN, E.; SCHMIDTHÜSEN, J. (Hrsg.) (1962): Handbuch der naturräumlichen Gliederung Deutschlands. Bd. 2. - Bad Godesberg.
- MÜLLER, O. (1958): Heimatboden: Aufbau, Oberflächengestaltung und Entwicklungsgeschichte des Nordharzvorlandes. - Veröff. Städt. Mus. Gesch. Natur Ges. Stadt Halberstadt **4**.
- NEUWIRTH, G. (1958): Pflanzensoziologische und ökologische Untersuchungen an den Hängen des Linbusches, der Harslebener Berge und des Steinholzes. - Wiss. Z. Martin-Luther-Univ. Halle-Wittenberg, Math.-Naturwiss. Reihe **7**(1): 101–124.
- ORANGE, A.; JAMES, P. W.; WHITE, F. J. (2001): Microchemical methods for the identification of lichens. - British Lichen Society. London.
- POTT, R. (1995): Die Pflanzengesellschaften Deutschlands. 2. Aufl. - Stuttgart.
- SCHACHTSCHABEL, P.; BLUME, H.-P.; BRÜMMER, G.; HARTGE, K.-H.; SCHWERTMANN, U. 1992: Lehrbuch der Bodenkunde. 3. Aufl. - Stuttgart.
- SCHOLZ, P. (im Druck): Rote Liste der Flechten (Lichenes) des Landes Sachsen-Anhalt. 2. Fassung.
- SCHUBERT, R. (1973): Übersicht über die Pflanzengesellschaften des südlichen Teiles der DDR: VI. Azidiphile Zwergstrauchheiden. - Hercynia N.F. **10**: 101–110.
- SCHUBERT, R. (1974a): Übersicht über die Pflanzengesellschaften des südlichen Teiles der DDR: VIII. Basiphile Trocken- und Halbtrockenrasen. - Hercynia N.F. **11**: 22–46.
- SCHUBERT, R. (1974b): Übersicht über die Pflanzengesellschaften des südlichen Teiles der DDR: IX. Mauerpfefferreiche Pionierfluren. - Hercynia N.F. **11**: 201–214.
- SCHUBERT, R. (1974c): Übersicht über die Pflanzengesellschaften des südlichen Teiles der DDR: X. Silbergrasreiche Pionierfluren auf nährstoffarmen Sand- und Grusböden. - Hercynia N.F. **11**: 291–298.
- SCHUBERT, R. (2001): Prodrum der Pflanzengesellschaften Sachsen-Anhalts. Mitt. Florist. Kart. Sachsen-Anhalt, Sonderheft 2. - Halle.
- SCHUBERT, R.; HILBIG, W.; KLOTZ, S. (2002): Bestimmungsbuch der Pflanzengesellschaften Mittel- und Nordostdeutschlands, 2. Aufl. - Spektrum. Heidelberg, Berlin.
- SCHULZE, H. (2003): Die Flechten des NSG Harslebener Berge und Steinholz – Verbreitung, Vergesellschaftung und Ökologie. - Dipl.arb. Univ. Halle (unveröff.).

- WEGENER, U. (1988): Pflegekonzeption für Heide- und Hutungsflächen (NSG Harslebener Berge – Steinholz). - Naturschutzarbeit Bez. Halle Magdeburg **25**: 29–36.
- WILMANN, O. (1998): Ökologische Pflanzensoziologie: Eine Einführung in die Vegetation Mitteleuropas. 6. Aufl. - Wiesbaden.
- WIRTH, V. (1976): Veränderungen der Flechtenflora und Flechtenvegetation in der Bundesrepublik Deutschland.. - Schr.R. Vegetationsk. **10**: 177–202.
- WIRTH, V. (1992): Zeigerwerte von Flechten. - In: ELLENBERG, H.; WEBER, H. E.; DÜLL, R.;
- WIRTH, V.; WERNER, W.; PAULISSEN, D.: Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. - Scripta Geobotanica **18**: 215–237.
- WIRTH, V. (1995): Flechtenflora: Bestimmung und ökologische Kennzeichnung der Flechten Südwestdeutschlands und angrenzender Gebiete. 2. Aufl. - Stuttgart.
- WIRTH, V.; SCHÖLLER, H.; SCHOLZ, P.; ERNST, G.; FEUERER, T.; GNÜCHTEL, A.; HAUCK, M.; JACOBSEN, P.; JOHN, U.; LITTERSKI, B. (1996): Rote Liste der Flechten (Lichenes) der Bundesrepublik Deutschland. - In: Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.): Rote Liste gefährdeter Pflanzen Deutschlands. - Schr.R. Vegetationsk. **28**: 307–368.

*Manuskript angenommen: 3. Juni 2004*

Anschriften der Autoren:

Heike Schulze (corresponding author)

Eichendorffstraße 19

D-06114 Halle

e-mail: [heike.schulze@gmx.de](mailto:heike.schulze@gmx.de)

Prof. Dr. Isabell Hensen und Dr. Karsten Wesche

Institut für Geobotanik und Botanischer Garten der

Martin-Luther- Universität Halle-Wittenberg

Am Kirchtor 1

D-06108 Halle

e-mail: [hensen@botanik.uni-halle.de](mailto:hensen@botanik.uni-halle.de)

Dr. Regine Stordeur

Institut für Geobotanik und Botanischer Garten der

Martin-Luther- Universität Halle-Wittenberg

Neuwerk 21

D-06108 Halle

e-mail: [stordeur@botanik.uni-halle.de](mailto:stordeur@botanik.uni-halle.de)

**KOWARIK, I.: Biologische Invasionen – Neophyten und Neozoen in Mitteleuropa.** Mit einem Beitrag von P. BOYE – Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co., Stuttgart, 2003. - 380 S., 73 Abb., 76 Tab. - ISBN 3-8001-3924-4. Preis: 69,90 Euro.

Das Thema biologische Invasionen hat in letzter Zeit zunehmende Aufmerksamkeit gefunden. Dies betrifft nicht nur die wissenschaftlichen Aspekte dieser Problematik, sondern äußert sich auch in spezifischen Interessen wie Besorgnissen seitens der Öffentlichkeit. Es ist daher ein Verdienst des Verfassers, die genannte Thematik in ihrer ganzen Breite aus wissenschaftlicher Sicht dargestellt und kritisch diskutiert zu haben. Im einleitenden Kapitel, das begrifflichen Erklärungen gewidmet ist, äußert sich der Autor klar dahingehend, daß in seinem Werk ausschließlich die Invasionen behandelt werden, die (direkt wie indirekt) auf menschliche Einwirkungen zurückzuführen sind. Trotz der klaren Definition der Begriffe Indigene und Neobiota (S.16) wird zumindest im Buchtitel der Begriff Neophyten im weiteren, in dem in der Antike geprägten Sinne und nicht, wie im botanischen Schrifttum heute üblich, als Einwanderer in der Neuzeit (seit ca. 1500) verwendet.

In der Gliederung seines Werkes befaßt sich der Autor zunächst aus globaler Sicht mit Charakter und Verlauf invasiver Prozesse, wobei auch auf die rechtlichen Konsequenzen und Regelungen zum Schutz biologischer Vielfalt eingegangen wird. In den folgenden Hauptabschnitten werden die sich in den verschiedenen Tätigkeitsbereichen und Lebensräumen des Menschen gezielt wie ungezielt erfolgenden Invasionen generell wie beispielhaft dargestellt und durch sehr informative Tabellen und Abbildungen untersetzt. Zwei der analysierten Bereiche anthropogener Aktivitäten sind ergänzungsbedürftig. Das sind einmal die naturnahen Xerothermrassen, in denen besonders in den letzten Jahrzehnten durch stärker veränderte anthropogene Einwirkungen der Einfluß nichteinheimischer Arten deutlich zugenommen hat, wie durch eine Reihe von Veröffentlichungen belegt ist. Ähnliches gilt für die stärkere Berücksichtigung der Rolle von Invasoren, die sich im Verlauf unterschiedlicher sukzessionaler Prozesse in den z. T. großflächig entstandenen Bergbaufolgelandschaften etabliert haben, was besonders die Tagebaulandschaften betrifft. Da letztere trotz bzw. nach starker anthropogener Störung sekundär eine z. T. sehr niedrige Trophiestufe aufweisen ist zu prüfen, inwieweit die allgemeine Vorstellung einer Förderung nichteinheimischer Arten auf Standorten einer hohen Hemerobiestufe hier zutrifft (vgl. Abb. 15) oder nur auf  $\pm$  eutrophe zu beschränken ist.

Ein besonderes Kapitel widmet sich den mit der historischen Entwicklung der europäischen Gartenkultur verbundenen Einführungen fremder Arten und ihre davon ausgehend nicht selten ungezielte Ausbreitung. Aus historischer Sicht zu ergänzen wäre, daß in deutschen Landschaftsgärten bereits zum Ausgang des 18. Jahrhunderts nicht nur modisch-ästhetische Prinzipien zur Übernahme englischer Gartentraditionen führten, sondern auch Fragen der Landeskultur bei der Gestaltung der Gehölzanlagen Berücksichtigung fanden, wie das Beispiel des Dessau-Wörlitzer Gartenreiches zeigt.

Es ist ein spezielles Verdienst des vorliegenden Werkes, daß neben Einzelbeispielen und Verweisen zur Rolle tierischer Organismen für das Verständnis des Verlaufes pflanzlicher Invasionsprozesse in einem eigenen Kapitel der Einfluß von Neophyten auf die Tierwelt dargestellt wird. Besondere Erwähnung verdient darüber hinaus, daß sich ein von P. BOYE erarbeitetes Kapitel (Neozoen) mit anthropogen verursachten Invasionen tierischer Organismen befaßt. Erwähnenswert im Kontext vorliegenden Werkes dürfte sein, daß die Auswirkungen von Neozoen auf ursprüngliche Lebensgemeinschaften tropischer und subtropischer Gebiete als deutlich nachhaltiger als für die in Mitteleuropa eingeschätzt werden, was besonders für Seen oder kleinere Inseln gilt.

In einem breit angelegten abschließenden Kapitel wird der Versuch einer zusammenfassenden Wertung der Invasionsproblematik unternommen. An Hand instruktiver Abbildungen und Tabellen werden Fragen diskutiert, die sich vor allem mit möglichen negativen Auswirkungen biologischer Invasionen auf den unterschiedlichen biologischen bzw. biozönotischen Systemebenen befassen. Dies betrifft insbesondere die sich für den gesamten Bereich der Biodiversität ergebenden Konfliktpotentiale, die global gesehen als sehr hoch eingeschätzt werden. Das Kapitel schließt mit Beiträgen zu einer möglichen Gegensteuerung, die Strategien zur Begrenzung biologischer Invasionen aufzeigen und dabei deutlich machen, daß nur durch Einzelfallprüfungen zu klären ist, inwieweit vorbeugende oder die Invasoren bekämpfende Maßnahmen ökologisch sinnvoll wie ökonomisch vertretbar sind.

Das Werk vermittelt insgesamt einen sehr umfassenden Überblick über die sich im Zusammenhang mit biologischen Invasionen auf der Grundlage von Einführung oder Einwanderung ergebenden Veränderungen der einheimischen Pflanzenwelt und daraus resultierenden möglichen Probleme. Zu begrüßen ist die Ausgewogenheit der Darstellung, die vor einer Überbewertung möglicher Gefahren warnt, aber auch bestehende wie mögliche negative Auswirkungen nicht verharmlost. Die anschauliche und durch zahlreiche Beispiele gut belegte Darstellung der gesamten Invasionsproblematik dürfte der Arbeit bei allen Interessenten an dieser Thematik einen festen Platz als Standardwerk sichern.

Ernst-Gerhard MAHN, Halle (Saale)