

## 2.14 *Sphagnum* L. spp.

Code: 1409

Anhang: V

KLAUS WEDDELING & GERHARD LUDWIG, Bonn

### Namen:

D: Torfmoos

E: Peat Moss

F: –

**Systematik/Taxonomie:** Bryophyta, Sphagnopsida, Sphagnales, Sphagnaceae.

Die Gattung *Sphagnum* gehört mit weltweit etwa 280 Arten zu den artenreichsten Moosgattungen überhaupt (CROSBY et al. 2000), in Europa sind 48 Arten vertreten (KOPERSKI et al. 2000). Nach derzeitigem Kenntnisstand gehören 38 Sippen aus 35 Arten zur Torfmoosflora der Bundesrepublik Deutschland (s. Tab. 1). Die Sphagnen sind sowohl morphologisch als auch über Inhaltsstoffe klar als eigene Gattung charakterisiert. Nach derzeitiger Taxonomie werden sie in die Klasse Sphagnopsida direkt an der Basis der Bryophyta gefasst. Diese Klasse enthält außer den Ambuchananiaceae (eine Gattung mit nur einer Art, bisher nur von Tasmanien bekannt) ausschließlich die artenreiche Gattung *Sphagnum* (CROSBY et al. 2000, BUCK & GOFFINET 2000).

**Synonyme:** Die umfangreiche Synonymie der deutschen Arten der Gattung *Sphagnum* kann z. B. KOPERSKI et al. (2000) entnommen werden.

**Kennzeichen/Artbestimmung:** (zusammengestellt nach DANIELS & EDDY 1985, CLYMO & HAYWARD 1982, MILLER 1993, SUNDBERG 2000) Kennzeichnende Merkmale der Gattung sind u. a. die Anordnung der Äste in Bündeln, die Lamina mit der Untergliederung der Zellen in photosynthetisch aktive Chlorocyten und tote, wasserspeichernde Hyalocyten, die fehlenden Stomata am Sporophyten und das charakteristische, die Seta ersetzende Pseudopodium. Ein weiteres Kennzeichen der Gruppe sind die Sphagnorubine, farbgebende sekundäre Inhaltsstoffe (Flavonoide), die für die z. T. kräftige rötliche Farbe vieler Arten verantwortlich sind. Wesentliche Merkmale zur Untergliederung und Bestimmung der Sektionen und Arten liegen u. a. im Lamina- und Stämmchenquerschnitt, der Anzahl der Äste pro Astbündel, der Größe und Anzahl der Poren in den Hyalocyten sowie der Form der Stammblättchen. Die Chromosomenzahlen der Arten der Gattung leiten sich von der Grundzahl 19 ab (NEWTON 1993). Sowohl Arten mit der Grundzahl 19 (z. B. *S. angustifolium*, *S. fuscum*, *S. capillifolium*) als auch polyploide Sippen (*S. palustre*, *S. subsecundum*) haben sog. Univalente, kleine Chromosomen, die sich nicht paaren. Von einem Teil der Arten sind auch Formen mit einem Vielfachen der Grundzahl (meist 2n) bekannt (z. B. *S. fimbriatum*, *S. warnstorffii*). Die Sporenproduktion variiert innerhalb der Gattung beträchtlich, SUNDBERG (2000) fand zwischen 18 500 und 240 000 Sporen je Kapsel.

### Areal/Verbreitung:

**Welt:** Die Gesamtverbreitung der Gattung *Sphagnum* ist bei GIGNAC (1993) und DANIELS & EDDY (1985) grob kartenmäßig dargestellt. Infolge der größeren Landmassen auf der Nordhalbkugel liegen hier flächenmäßig die größten Arealteile. Der eindeutige Verbreitungsschwerpunkt der Gattung liegt in den großen Moorebenen der gemäßigten und borealen Teil Nordeuropas, Asiens und Nordamerikas, die in weltweiter Sicht über 90 % der torfakkumulierenden Fläche beinhalten (LAPPALAINEN 1996b). Die Nordgrenze der Verbreitung ist in Teilen unklar, sie reicht aber deutlich über den Polarkreis nach Grönland, Nordskandinavien, Spitzbergen, die Tamyrbinseln und Alaska hinein. Auf der Nordhalbkugel erstreckt sich die flächige Verbreitung nach Süden bis etwa 40° nördlicher Breite, in den innerasiatischen Trockengebieten nur bis 50–60° nördlicher Breite. In den

gemäßigten und tropischen, niederschlagsreichen Teilen Ost- und Südostasiens reicht ein geschlossenes Teilareal von Kamtschatka über Japan, die Mandchurei, das südchinesische Bergland, Vietnam, die Philippinen, Sumatra und Java über den Äquator hinaus. Ferner kommen Sphagnen in den Bergländern Australiens und Neuseelands vor.

In Afrika werden nur die Hochlagen des Atlas, das Nigerdelta in Westafrika und der südöstliche Teil des Kontinents, vom Kilimandscharo im Seenhochland bis zur Kapprovinz und Madagaskar besiedelt. In Nordamerika reichen Ausläufer des geschlossenen borealen Areals bis nach Florida hinunter und stehen vermutlich mit den Vorkommen in den zentralamerikanischen Gebirgen und dem südamerikanischen Arealteil im Bergland von Guayana, dem Brasilianischen Bergland und den Vorkommen in den Anden in Verbindung, die bis nach Feuerland reichen. Torfmoose fehlen weitgehend in den Tieflandsregenwäldern, in Wüsten und Steppengebieten. Die Arealdiagnosen einzelner Arten sind Tabelle 1 zu entnehmen. Die meisten Arten haben danach eine zirkumpolare Verbreitung mit zusätzlichen Vorkommen in montanen Bereichen. Viele Torfmoose kommen sowohl auf der Nordhalbkugel als auch in südhemisphärischen Gebirgen vor.

**EU:** In Europa erstreckt sich das Areal der Torfmoose bis in den mediterranen Raum hinein mit Schwerpunkt in den atlantischen und subatlantischen Bereichen Westeuropas.

**D:** In Deutschland ist die überwiegende Zahl der Torfmoosarten an die Vorkommen von Hoch- und Niedermooren gebunden. Deren Verbreitung ist bei SUCCOW & JOOSTEN (2001) in Karten dargestellt. Hochmoore finden sich danach in den heute weitgehend abgetorften Moorniederungen Niedersachsens und Schleswig-Holsteins sowie kleinflächiger im Alpenvorland (z. B. Federseegebiet). Die Hauptverbreitungsgebiete von Niedermooren liegen im nordostdeutschen Tiefland (Mecklenburg-Vorpommern) und im Alpenvorland. Zerstreute, kleinflächige Niedermoore sind auch in den Mittelgebirgen vorhanden. Einige Sphagnen kommen auch in anderen Habitaten (z. B. Feuchtwälder, Blockhalden) vor, die ebenfalls vor allem in den Mittelgebirgen zu finden sind.

**Verantwortung Deutschlands:** Die meisten Torfmoose haben eine circumpolare Verbreitung mit Schwerpunkten in den borealen Mooren Skandinaviens, der GUS-Staaten und Nordamerikas. Daher sind die Arealanteile der BRD und der EU gering bis sehr gering. Die Verantwortung der BRD und insbesondere der EU für die weltweite Erhaltung der Torfmoose steigt ständig aufgrund der weltweit nahezu ungehinderten Vernichtung der Moore zum Zwecke der Torfgewinnung oder der Ausdehnung landwirtschaftlicher Nutzflächen (LAPPALAINEN 1996a).

**Biologie/Ökologie:** Die Arten der Gattung *Sphagnum* in Deutschland und weltweit sind ausnahmslos an feuchte bis nasse, terrestrische bis semiaquatische, mehr oder weniger saure Standorte in Wäldern, an und in Gewässern, auf schattigen Felsen sowie vor allem in Nieder-, Übergangs- und Hochmooren gebunden. Hinsichtlich der Toleranz gegen Austrocknung unterscheiden sich die Arten relativ stark. Während terrestrische Sippen wie z. B. *S. girgensohnii* und *S. quinquefarium* und auch einige Moorarten (*S. magellanicum*) zeitweise Trockenheit tolerieren, benötigen viele andere Arten zumindest ein dauerhaft feuchtes Grundsubstrat, dessen Wasser kapillar in der Hyalodermis, zwischen Stammblättchen und Stämmchen und an den Seitenästen nach oben gesaugt wird.

GIGNAC (1993) hat die weltweiten Vorkommen der Gattung mit großklimatischen Gegebenheiten verschnitten. Danach kommen Torfmoose nur in humiden Gebieten (Niederschläge größer als Verdunstung) vor und fehlen in Steppen und Wüsten. Sie besiedeln die humiden Bereiche der Holarktis und dringen bis in die tropischen Gebirge vor (Karte bei GIGNAC 1993). Die Konkurrenzkraft der Arten ist in ozeanischen und kontinentalen Gebieten unabhängig von den Niederschlägen deutlich unterschiedlich (GIGNAC 1993). Die

trophischen Habitatansprüche der Torfmoose sind eng mit den spezifischen Ionenaustauschereigenschaften ihrer polygalacturonatreichen Zellwände verbunden (CLYMO & HAYWARD 1982). Die meisten Sphagnen sind an Standorte mit calciumarmen Wasser und pH-Werten meist deutlich unter pH 7 gebunden (bis pH 3, ANDRUS 1986). Unter diesen Bedingungen können oligo- bis eutraphente Arten unterschieden werden: Eutraphente Arten sind z. B. *S. contortum*, *S. teres* und *S. warnstorffii*. Sie kommen in minerotrophen Niedermooren und Waldsümpfen zusammen mit Braunmoosen (*Drepanocladus*-, *Hamatocaulis*- und *Campylium*-Arten) vor und können bei ausreichenden Niederschlägen die Entwicklung von Hochmooren einleiten (VITT 2000). Oligotrophe Standorte in Hochmooren, über feuchten, nährstoffarmen Felsen und in Birkenbrüchen werden z. B. von *S. papillosum*, *S. cuspidatum* und *S. rubellum* besiedelt. Zwischen diesen Extremen vermittelt eine reiche Flora von mesotraphenten Arten in Übergangsmooren und Waldsümpfen wie z. B. *S. girgensohnii*, *S. russowii*, *S. subsecundum* und *S. riparium* (DANIELS & EDDY 1985).

**Tab. 1:** Habitatbindung und Gefährdung der Torfmoose in Deutschland

Art	Welt-Verbreitung	pH-Bereich	wesentliche Habitate	geschätzter Anteil der BRD am Areal	Status Rote Liste BRD
<i>S. affine</i>	trop/mont-arct o <sub>1</sub> -c <sub>2</sub> circpol, C-S Amerika	3,4–7,5	minerotrophe Niedermoore	gering	2
<i>S. angustifolium</i>	m/mont-arct o <sub>1-2</sub> -c <sub>2</sub> circpol	3,4–7,5	Nieder- u- Hochmoore, Waldsümpfe, feuchte Blockhalden	gering	V
<i>S. austinii</i>	temp-b o <sub>1-2</sub> circpol	3,4–5,6	wachsende Hoch- und Deckenmoore	gering	2
<i>S. balticum</i>	temp-arct o <sub>2</sub> -c <sub>2</sub> circpol	3,4–4,8	saure und nasse Teile von Hochmooren	sehr gering	2
<i>S. capillifolium</i> var. <i>capillifolium</i>	austral-trop-arct o <sub>1</sub> -c <sub>2</sub> circpol, Afrika, Südamerika	3,4–7,5	Moore, nasse Heiden, Waldsümpfe, feuchte Blockhalden	gering	V
<i>S. capillifolium</i> var. <i>tenerum</i>	austrotrop/mont-b(arct) o <sub>1-2</sub> -c <sub>2</sub> circpol, Makaronesien, Südamerika	3,4–4,8	Hochmoore	gering	D
<i>S. centrale</i>	austral-m/mont-subalp-b(arct) o <sub>2-3</sub> circpo, Makaronesien, Neuseeland	4,1–7,5	Waldsümpfe, Weidengebüsch in Mooren, offene Niedermoore	gering	3
<i>S. compactum</i>	trop/mont-arct o <sub>1</sub> -c <sub>2</sub> circpol, Nordafrika, Makaronesien, Australien, Neuseeland, Hawaii	3,4–4,8	Feuchtheiden, feuchtes Grasland, Gewässerränder, nasse Felsen, Moore	gering	3
<i>S. contortum</i>	m/mont-arct o <sub>1</sub> -c <sub>2</sub> circpol	5,7–7,5	an Bächen, an Seen, in Niedermooren	gering	2
<i>S. cuspidatum</i>	austral-trop-b(-arct) o <sub>1-2</sub> -c <sub>2</sub> circpol, Afrika, Zentral- und Südamerika, Australien, Ozeanien	3,4–4,8	nährstoffarme Niedermoore und Hochmoore	gering	3
<i>S. denticulatum</i> var. <i>denticulatum</i>	austrotrop-b(-arct) o <sub>1-2</sub> , Nordafrika, Macaronesien, Zentral- und Südamerika	4,1–7,5	Niedermoore, saure Quellsümpfe, Bachufer, nasse Borstgrasrasen	gering	V
<i>S. denticulatum</i> var. <i>indundatum</i>	m/mont-b(-arct) o <sub>1</sub> -c <sub>2</sub> circpol, Macaronesien	4,1–5,6	submers in dystrophen Gewässern, in Heiden, nährstoffarmen Niedermooren und Quellsümpfen	gering	V
<i>S. fallax</i>	austral?-boreotrop/mont-arct o <sub>1</sub> -c <sub>2</sub> circpol, Zentral- und Südamerika	3,4–7,5	gestörte Nieder- und Hochmoore, Blockhalden, Waldsümpfe	gering	*

Art	Welt-Verbreitung	pH-Bereich	wesentliche Habitats	geschätzter Anteil der BRD am Areal	Status Rote Liste BRD
<i>S. fimbriatum</i>	antarct-austro trop/mont-arct o <sub>1</sub> -c <sub>1</sub> , Südafrika, Südamerika, Neuseeland, Antarktis	3,4–7,5	bewaldete, oft leicht gestörte Moore	gering	*
<i>S. flexuosum</i>	m/mont-arct o <sub>1</sub> -c <sub>2</sub> circpol	3,4–7,5	nährstoffarme Nieder- und Hochmoore	gering	V
<i>S. fuscum</i>	m/mont-arct o <sub>1</sub> -c <sub>2</sub> circpol	3,4–7,5	saure Nieder- und Hochmoore, Waldsümpfe, bis in die alpine Stufe	gering	2
<i>S. girgensohnii</i>	trop/mont-alp-arct o <sub>1</sub> -c <sub>2</sub> circpol, Makaronesien, Südostasien	3,4–5,6	feuchte Wälder, auf Blockhalden und Felsen, in feuchten Borstgrasrasen und Seggenriedern	gering	V
<i>S. lindbergii</i>	temp/mont-arct o <sub>1</sub> -c <sub>2</sub> circpol, Südamerika	3,4–4,8	Niedermoore	sehr gering	2
<i>S. magellanicum</i>	antarct-trop/mont-subalp?-arct o <sub>1</sub> -c <sub>2</sub> cosmopol	3,4–5,6	nährstoffarme Niedermoore und Hochmoore, felsige, feuchte Bergwälder	gering	3
<i>S. majus</i>	temp/mont-arct o <sub>2</sub> -c <sub>2</sub> circpol	3,4–7,5	nasse Stellen in Hochmooren und nährstoffarmen Niedermooren	sehr gering	2
<i>S. molle</i>	trop-temp b o <sub>1</sub> -c <sub>2</sub> circpol, Südamerika	3,4–4,0	saure Feuchtheiden und Borstgrasrasen, Hochmoore	gering	2
<i>S. obtusum</i>	m/mont-arct o <sub>2</sub> -c <sub>2</sub> circpol	4,9–5,6	Niedermoore	sehr gering	2
<i>S. palustre</i>	austro trop-trop/mont-b o <sub>1</sub> -c <sub>2</sub> circpol, Afrika, Makaronesien, Zentral- und Südamerika, Ozeanien	4,9–7,5	relativ nährstoffreiche Waldsümpfe, Seggenrieder, feuchte Nadelwälder, Borstgrasrasen	gering	*
<i>S. papillosum</i>	austral-trop/mont-arct o <sub>1</sub> -c <sub>2</sub> circpol, Südamerika, Neuseeland	3,4–7,5	Nieder- und Hochmoore, Waldsümpfe	gering	3
<i>S. platyphyllum</i>	m/mont-alp-arct o <sub>2</sub> -c <sub>2</sub> circpol, Zentralamerika	5,7–7,5	an Bächen, in basenreichen Niedermooren	gering	2
<i>S. pulchrum</i>	temp-b(-arct) o <sub>1</sub> -c <sub>2</sub> circpol	3,4–5,6	in nährstoffarmen Nieder- und Hochmooren	gering	2
<i>S. quinquefarium</i>	m/mont-b o <sub>1</sub> -c <sub>2</sub> circpol	3,4–5,6	feuchte Koniferenwälder, an Bächen, auf Blockhalden, in Feuchtheiden	gering	3
<i>S. riparium</i>	m/mont-arct o <sub>2</sub> -c <sub>2</sub> circpol	3,4–5,6	in nährstoffarmen Niedermooren und im Lag von Hochmooren, an Quellsümpfen und Waldbächen	gering	V
<i>S. rubellum</i> var. <i>rubellum</i>	circpol, Verbreitung ungenügend bekannt	3,4–5,6	v. a. Hochmoore, in den Bulten	sehr gering	G
<i>S. rubellum</i> var. <i>subtile</i>	Verbreitung ungenügend bekannt	4,0–6,0	v. a. Hochmoore	sehr gering	D
<i>S. russowii</i>	m/mont-arct o <sub>1</sub> -c <sub>2</sub> circpol	3,4–4,8	feuchte Koniferenwälder, Borstgrasrasen, Bachränder, Niedermoore	gering	V
<i>S. squarrosum</i>	austral-boreostrop(-arct) o <sub>1</sub> -c <sub>2</sub> circpol, Makaronesien, Zentralamerika, Neuseeland	4,1–7,5	Erlen- und Birkenbrüche, Niedermoore, bei wechselndem Wasserstand an Seen	gering	V
<i>S. strictum</i>	austro trop-temp(b) o <sub>1</sub> -c <sub>2</sub> circpol, Afrika, Makaronesien, Zentral- und Südamerika	3,4–4,0	auf offenem Torfboden in nassen Heiden	sehr gering	0
<i>S. subnitens</i>	antarct-austro trop/mont-arct o <sub>1</sub> -c <sub>2</sub> circpol, Nordafrika, Makaronesien, Neuseeland, Antarktis	3,4–7,5	Hochmoore- und Deckenmoore, Niedermoore, Seggenrieder, Erlenbrüche	gering	3

Art	Welt-Verbreitung	pH-Bereich	wesentliche Habitate	geschätzter Anteil der BRD am Areal	Status Rote Liste BRD
<i>S. subsecundum</i>	austral-arct o <sub>1-2</sub> -c <sub>2</sub> circpol	4,9–7,5	nährstoffarme Niedermoore, z. T. submers	gering	3
<i>S. tenellum</i>	boreostrop/mont-b(arct?) o <sub>1-2</sub> -(c <sub>2</sub> ?) circpol, Makaronesien, Zentral- und Südamerika	3,4–5,6	in Hochmooren und Feuchtheiden	gering	3
<i>S. teres</i>	austral-m/mont-arct o <sub>1-2</sub> -c <sub>2</sub> circpol, Makaronesien, Neuseeland	4,9–5,6	nährstoffreichere Niedermoore, Weidengebüsche, Seggenrieder, Feuchtwälder	gering	3
<i>S. warnstorffii</i>	m/mont-alp-arct o <sub>1-2</sub> -c <sub>2</sub> circpol	4,9–>7,5	mäßig nährstoffreiche Niedermoore, Grau-Weidengebüsche, Feuchtwälder	gering	2

Legende: „Welt-Verbreitung“ & „pH-Bereich“: Abkürzungen richten sich nach DIERSSEN (2001); „Gefährdung“: 0=ausgestorben, 2=stark gefährdet, 3=gefährdet, V=zurückgehend, G=Gefährdung anzunehmen, D=Daten mangelhaft (zusammengestellt nach DIERSSEN 2001, LUDWIG & al. 1996, ANDRUS 1986, DANIELS & EDDY 1985)

Torfmoose nehmen sowohl ökologisch als auch wirtschaftlich eine Sonderstellung unter den Moosen ein. Es wird angenommen, dass in lebenden und toten Sphagnen (Torf!) mehr Kohlenstoff gebunden ist als in irgendeiner anderen Pflanzengattung (BREEMEN 1995). LAPPALAINEN (1996b) schätzt die weltweiten Torfreserven auf 5–6 Gt Torf auf einer Fläche von 4 Millionen km<sup>2</sup>, die zum größten Teil von Sphagnen aufgebaut wird. Torfmoose sind in der Lage, ganze Ökosysteme zu verändern bzw. zu etablieren. Durch ihr stetiges apikales Wachstum, ihre Säurefreisetzung und die dochtartige Wirkung selbst toten Pflanzenmaterials schaffen sie sich Bedingungen, in denen sie anderen Bryophyten und Gefäßpflanzen, besonders Gehölzen, überlegen sind bzw. deren Etablierung verhindern (BREEMEN 1995): Die pH-Erniedrigung unterdrückt die Zersetzung von organischem Material und somit die Mineralisierung von Nährstoffen. Für viele höhere Pflanzen sind an *Sphagnum*-dominierten Standorten mineralische Nährstoffe, vor allem Stickstoff, kaum verfügbar. Die wasserspeichernde Wirkung der Torfmoose und des Torfs führt zu einem ständig hohen Bodenwasserspiegel mit anoxischen Bedingungen und z. T. hohen Aluminiumionen-Gehalten. Der nur wenige Zentimeter mächtige, durchlüftete, obere Torfhorizont (Akrotelm) wird von einem für die Wurzeln von Gefäßpflanzen kaum nutzbaren anoxischen Katotelm mit geringer Wasserleitfähigkeit unterlagert. Torfmoosdominierte Moore sind außerdem relativ kalte Standorte, nur ihr oberster Horizont erwärmt sich durch die Sonne rasch, was wiederum den nur apikal wachsenden Sphagnen zugute kommt, die Wurzelsysteme der Gefäßpflanzen aber schädigt. Hinzu kommt, das dichte Torfmoosposter ein denkbar ungünstiges Keimbett für die meisten Gehölzsamen darstellt. Die geschilderten Bedingungen (Azidität, Sauerstoffmangel, geringe Nährstoffverfügbarkeit, Kälte) verstärken die Torfmoose durch ihr Wachstum. Das Auftreten von Sphagnen kann daher einen vollständigen Austausch der Arten in Mooren herbeiführen, wie VITT (2000) ihn anhand paläobotanischer Befunde (Großrestanalysen) für ein Moor in Kanada darstellt. Die Lebensstrategie der Sphagnen gilt als typisches Beispiel für „perennial stayer“: die Individuen sind sehr langlebig, investieren relativ wenig in sexuelle Reproduktion und bilden relativ kleine Sporen. Es lässt sich ein „trade-off“ von Sporengröße und Sporenzahl beobachten (SUNDBERG 2000). Dennoch sind viele Details der Reproduktions- und Ausbreitungsbiologie der Torfmoose erstaunlicherweise noch unklar (Übersicht bei CRONBERG

1991a, SUNDBERG 2000). Sowohl vegetative Ausbreitung über Stämmchenfragmente und abgelöste Ästchen („braune Teile“, POSCHLOD & PFADENHAUER 1989) als auch die Etablierung über (mehr oder weniger regelmäßig gebildete) Sporen spielen bei den einzelnen Arten eine Rolle. Innerhalb einer Lokalität kommt wohl der vegetativen Ausbreitung eine entscheidende Bedeutung zu. Durch das theoretisch unendliche apikale Wachstum eines *Sphagnum*-Stämmchens, verbunden mit den genannten vegetativen Vermehrungsmechanismen, erscheint es denkbar, dass das Vorkommen einer Art an einer Lokalität nur durch ein Individuum (gekeimt aus einer Spore) begründet wurde. Untersuchungen über die genetische Variabilität weisen aber darauf hin, dass dies im Freiland die Ausnahme darstellt (CRONBERG 1989, 1991b, Übersicht bei SHAW 2000) und dass Neuetablierung durch Sporen mehr oder weniger regelmäßig vorkommt. Allerdings kann auch somatische Mutation in Klonlinien nicht ausgeschlossen werden. Sporophytenbildung tritt bei den meisten Arten mehr oder weniger regelmäßig auf. Der Übersicht bei CRONBERG (1991a) folgend, bilden monözische Arten deutlich häufiger Sporophyten aus als diözische Sippen, was den Schluss nahegelegt, dass Selbstbefruchtung von Bedeutung ist. Experimente zur (geringen) Reichweite der Gameten stützen diese Hypothese (CRONBERG 1991a).

Lange Zeit war zweifelhaft, ob sich bei Torfmoosen im Freiland überhaupt ein Protonema aus einer Spore bildet. Dies gilt zwar mittlerweile als gesichert, scheint aber nur sehr selten beobachtet werden zu können. Eine Etablierung aus Sporen kommt vor allem in gestörten Habitaten (offener Torf, Rohhumus ohne geschlossene Bryophytendecke) oder bei Neubesiedlungen von Lebensräumen vor, weniger in schon vorhandenen Torfmoosrasen (SUNDBERG 2000). Scheinbar steuert die Freisetzung von bestimmten Nährstoffen (v. a. Phosphat) nach Störungen die Sporenceimung. Auch die Fernausbreitung erfolgt überwiegend durch Sporen. Sowohl die Sporen (SUNDBERG 2000) als auch vegetative Teile (im Torf des Akrotelms, POSCHLOD & PFADENHAUER 1989) sind in der Lage, eine mehr oder weniger langlebige Diasporenbank aufzubauen, so dass es auf freigestellten Torfflächen und in wiedervernässten Mooren zu einer Regeneration mit autochthonen Individuen kommen kann. SUNDBERG (2000) konnte nachweisen, dass Sporen mehr als 13 Jahre keimfähig bleiben und eine persistente Sporenbank aufbauen.

#### **Gefährdung und Schutz:**

**Rote Listen:** Europa: Aus europäischer Sicht wird keine der in Deutschland vorkommenden Arten als gefährdet angesehen (SCHUMACKER & MARTINY 1995).

Deutschland: Die Gefährdung der in Deutschland nachgewiesenen Torfmoosarten ist in Tab. 1 zusammengestellt. Nur drei relativ eurytope Sippen gelten als „ungefährdet“ (*S. palustre*, *S. fimbriatum* und *S. fallax*), der weitaus größte Teil als im Bestand zurückgehend, „gefährdet“ oder sogar „stark gefährdet“ (LUDWIG et al. 1996). *S. strictum*, eine bei uns von Natur aus seltene Art, ist in Deutschland „verschollen“. Für drei Arten ist die Datengrundlage für eine Einschätzung ungenügend. Bundesländer: Die Gefährdung wird in den einzelnen Bundesländern sehr unterschiedlich gesehen: Als Beispiel sei hier die Einschätzung für die Hochmoorart *S. magellanicum* angeführt. Im norddeutschen Tiefland wird die Art als „ungefährdet“ (Schleswig-Holstein) bzw. „gefährdet“ (Niedersachsen, Mecklenburg-Vorpommern) angesehen, in den Bundesländern mit Anteil an den Mittelgebirgen als „gefährdet“ bis „stark gefährdet“. Im Alpenvorland (Bayern, Baden-Württemberg) gilt *S. magellanicum* als „ungefährdet“. Es ist bezeichnend, dass die Art auch im Bereich ihrer ehemaligen Hauptvorkommen in den ausgedehnten Hochmooren Niedersachsens heute als „gefährdet“ gelten muss.

**Schutzstatus:** Alle Vertreter der Gattung *Sphagnum* werden in der Anlage 1 der Bundesartenschutzverordnung als „besonders geschützte Arten“ geführt.



**Gefährdungsursachen und -verursacher:** Torfmoose sind in Deutschland und weltweit heute vor allem durch zwei Faktorenkomplexe gefährdet, nämlich Habitatzerstörung durch konkurrierende landwirtschaftliche Nutzungen (Melioration und Nutzbarmachung von Moorstandorten für Land- und Forstwirtschaft, OKRUSZKO 1996, PAIVÄNEN 1996) und direkte Vernichtung durch Torfabbau für gartenbauliche Nutzung (NYRÖNEN 1996, SCHMILEWSKI 1996) und zur Energiegewinnung (ASPLUND 1996). In jüngerer Zeit hinzugekommen ist die direkte Nutzung von lebenden Torfmoosen im Gartenbau und Handel mit Naturprodukten (BUXTON 1996). Den Rückgang der Moore weltweit dokumentieren SUCCOW & JOOSTEN (2001). Wichtigster Verursacher ist dabei die Überführung von Moorflächen in land- und forstwirtschaftliche Nutzflächen (50 % bzw. 30 % der Fläche), dann erst der Torfabbau (10 %). Im europäischen Teil Russlands sind heute nur noch 50 % der ursprünglichen Moorflächen (einst 120 000 km<sup>2</sup>) erhalten, in Mittel- und Westeuropa nur noch 40 %. In vielen Staaten Europas sind nur noch weniger als 5 % der Moorflächen intakt, d. h. wachsend (z. B. Niederlande, Belgien, Dänemark, Italien, Deutschland). SUCCOW & JOOSTEN (2001) schätzen, dass es in Deutschland derzeit noch etwa 100 000 ha „Moorbiotope“ i. w. S gibt, von denen der größte Teil aber nicht mehr Torf akkumulierend ist. Für Mecklenburg-Vorpommern gibt es Schätzungen, dass mehr als 95 % der Moore mehr oder weniger stark entwässert bzw. in ihrer Hydrologie gestört sind.

Der Torfabbau stellt sich zwar im Vergleich mit den Urbarmachungen von Mooren als weniger bedeutsamer Gefährdungsfaktor dar. Dennoch werden weltweit jährlich etwa 100–200 Mill. Tonnen Torf abgebaut. In der Bundesrepublik nimmt die Gewinnung von Torf und die Zahl der Betriebe in den letzten Jahrzehnten stark ab, weil die Lagerstätten erschöpft sind (FALKENBERG 1996, LANGER & STEFFENS 1998). Importe vor allem aus den baltischen Staaten nehmen dagegen an Bedeutung zu. Nach wie vor wird Torf im gewerblichen wie privaten Gartenbau und für industrielle Zwecke stark nachgefragt (SCHMILEWSKI 1996).

Die direkte Nutzung von lebenden bzw. geernteten Torfmoosen für gartenbauliche Zwecke (z. B. Kultur von Orchideen, *Drosera*, *Dionea*), spielt in Deutschland wahrscheinlich bisher keine signifikante Rolle; es ließen sich dazu keine Mengenangaben ermitteln. Aus anderen Staaten liegen hierzu Angaben vor: so hat allein Neuseeland 1990 mehr als 1 000 Tonnen Torfmoose aus Wildpopulationen für Orchideenkulturen nach Japan exportiert (BUXTON 1996). Es ist für die Zukunft nicht auszuschließen, das auch in Deutschland der Import oder Export von Torfmoosen an Bedeutung gewinnt. Der Kenntnisstand über die Verwendung und die gehandelten Mengen frischer Torfmoose ist unzureichend, so dass die Einschätzung der Gefährdung durch diese Nutzung unter Vorbehalt erfolgen muss.

**Schutzmaßnahmen:** Neben dem Erhalt von Hoch- und Niedermooren, der in Deutschland in vielen Landesteilen, besonders im Tiefland zu spät kommt bzw. als gescheitert gelten muss, ist vor allem der immer noch stattfindende Torfabbau als kritisch einzuschätzen. In Norddeutschland sind noch mehr als 30 000 ha für eine Abtorfung vorgesehen (LANGER & STEFFENS 1998). Selbst wenn in absehbarer Zeit der Abbau in Deutschland eingestellt wird, geht die Moorzerstörung in Osteuropa weiter, angetrieben auch durch die Nachfrage in Deutschland. Die Entwicklung und Akzeptanzsteigerung von Torfersatzstoffen für den Gartenbau muss daher ein vordringliches Ziel der Schutzmaßnahmen sein. Zumindest die Melioration von Moorflächen für die Landwirtschaft als historisch wichtigster Faktor der Moorvernichtung scheint in Deutschland gestoppt, nicht aber in Osteuropa, wo z. T. noch Torf zur Humusverbesserung in großen Mengen auf Ackerflächen aufgebracht wird (SUCCOW & JOOSTEN 2001). Unklar ist, ob der Schutz der Torfmoose durch die Bundesartenschutzverordnung (Anhang 1) und die FFH-Richtlinie (Anhang V) nicht auch auf den

Handel mit Torf anzuwenden ist, da dieser zum größten Teil aus Torfmoosen besteht, die u. U. sogar noch keimfähige Teile enthalten. Realistische Maßnahmen zum Schutz und zur Entwicklung von Torfmoosbeständen können unter Vorbehalt Wiedervernässungen ehemaliger, abgetorfter Moore sein. Wenn hierbei elementare Regeln beachtet werden, die vor allem die Nutzung, sachgerechte Gewinnung und Lagerung der sog. Bunkerde mit ihren zahlreichen Diasporen einschließen (vgl. POSCHLOD & PFADENHAUER 1989, SCHMATZLER 1993), scheint es möglich, hier dauerhafte Erfolge zur Wiederansiedlung von Torfmoosen und anderer Moorarten zu erzielen. Sofern die Produktion von frischen Torfmoosen als Kultursubstrat in Deutschland an Bedeutung gewinnt, müssten diese extra dafür kultiviert werden. Eine Entnahme von lebenden Torfmoosen aus natürlichen Lebensräumen (Moore, Waldsümpfe) wie sie in Neuseeland praktiziert wird („harvesting guidelines“ bei BUXTON 1996) muss in jedem Fall unterbleiben.

**Erfassung:** Für das Monitoring von „perennial stayer“-Arten, zu denen auch die Torfmoose gehören, bieten sich an einem Wuchsort Dauerquadrate (1–2 m<sup>2</sup>) an, da Veränderungen in *Sphagnum*-Beständen meist vergleichsweise langsam ablaufen. Grundsätzlich schwieriger ist ein Monitoring-Design auf dem Level der Lokalitäten, da die meisten Torfmoose relativ häufig sind und daher Stichprobenverfahren notwendig sind. Sofern Bestandstrends zu einzelnen Arten erkennbar werden sollen, müssten für jede Art sicher mindestens 30 Populationen – verteilt über das gesamte deutsche Areal – beobachtet werden. Je nach Mikrohabitat könnten dann an einer Lokalität Dauerquadrate oder einfache Zählungen von „*Sphagnum*-Patches“ Auskunft über Zu- bzw. Abnahme einer Art geben. Wichtige zu beobachtende Standortvariablen sind Wasserstand bzw. Bodenwassergehalt, pH-Wert und Nährionengehalte des Wassers. Infolge der zu erwartenden relativ langsamen Veränderungen erscheint ein Monitoring in drei- oder sechsjährigem Turnus ausreichend.

**Forschungsbedarf:** Zu klären sind einerseits rechtliche Fragen zur Anwendung der BArtSchV auf Torf, andererseits bestehen Kenntnisdefizite zum Umfang der Verwendung von lebendem Torf für gartenbauliche Zwecke in Deutschland.

## Literatur:

- ANDRUS, R. E. (1986): Some aspects of *Sphagnum* ecology. – *Can. J. Bot.* 64: 416–426.
- ASPLUND, D. (1996): Energy use of peat. – IN: LAPPALAINEN, E. (1996) (Ed.): *Global peat resources*. – Jyskää (Intern. Peat Society): 319–325.
- BREEMEN, N. VAN (1995): How *Sphagnum* bogs down other plants. – *Trends Ecol. Evol.* 10(7): 270–275.
- BUCK, W. R. & GOFFINET, B. (2000): Morphology and classification of mosses. – IN: SHAW, A. J. & GOFFINET, B. (Hrsg.): *Bryophyte Biology*. – Cambridge (Cambridge University Pr.): 71–123.
- BUXTON, R. P. (1996): *Sphagnum* Research Programme: The ecological effects of commercial harvesting. – *Science for conservation* 25: 1–34.
- CLYMO, R. S. & HAYWARD, P. M. (1982): The Ecology of *Sphagnum* I. – IN: SMITH, A. J. E. (Hrsg.): *Bryophyte Ecology*. – New York (Chapman & Hall): 229–289.
- CRONBERG, N. (1989): Patterns of variation in morphological characters and isoenzymes in populations of *Sphagnum capillifolium* (Ehrh.) Hedw. and *S. rubellum* Wils. from two bogs in southern Sweden. – *J. Bryol.* 15(4): 683–696.
- CRONBERG, N. (1991a[1993]): Reproductive biology of *Sphagnum*. – *Lindbergia* 17(4–6): 69–82.
- CRONBERG, N. (1991b): Genetic diversity of Scandinavian populations of *Sphagnum capillifolium* and *S. rubellum*. – IN: INTERNATIONAL ASSOCIATION OF BRYOLOGISTS & BRITISH BRYOLOGICAL SOCIETY (Hrsg.): *The Biology of Sphagnum – Programme*. – Exeter ([s. n.]): 4.
- CROSBY, M. R., MAGILL, R. E., ALLEN, B. H. & HE, S. (2000): A checklist of the Mosses. – *St. Louis (Missouri Botanical Garden)*, 320 S.
- DANIELS, R. E. & EDDY, A. (1985): *Handbook of European Sphagna*. – Huntigton (Institut of Terrestrial Ecology), 262 S.



- DIERSSEN, K. (2001): Distribution, ecological amplitude and phytosociological characterization of European bryophytes [= Bryophyt. Biblioth. 56]. – Berlin & Stuttgart (Cramer), 289 S.
- FALKENBERG, H. (1996): 50 Jahre Verbandsorganisation der deutschen Torfwirtschaft – Entwicklung der Torf- und Humuswirtschaft und Ausblick. – *Telma*, Ber. d. Dt. Ges. f. Moor- u. Torfkde. 26: 85–104.
- GIGNAC, L. D. (1993): Distribution of Sphagnum Species, Communities, and Habitats in Relation to Climate. – In: MILLER, N. G. (Hrsg.): *Biology of Sphagnum* [= *Advances Bryol.* 5]. – Vaduz (Cramer): 187–222.
- KOPERSKI, M., SAUER, M., BRAUN, W. & GRADSTEIN, S. R. (2000): Referenzliste der Moose Deutschlands. Dokumentation unterschiedlicher taxonomischer Auffassungen [= *Schr.-R. f. Vegetationskde.* 34]. – Münster (Landwirtschaftsverl.), 519 S.
- LANGER, A. & STEFFENS, P. (1998): Die Entwicklung der niedersächsischen Torf- und Humuswirtschaft während der letzten 15 Jahre. – *Telma*, Ber. d. Dt. Ges. f. Moor- u. Torfkde. 28: 157–164.
- LAPPALAINEN, E. (1996a) (Ed.): *Global peat resources*. – Jyskää (Intern. Peat Society) 359 S.
- LAPPALAINEN, E. (1996b): General review on world peatland and peat resources. – In: LAPPALAINEN, E. (1996) (Ed.): *Global peat resources*. – Jyskää (Intern. Peat Society): 53–56.
- LUDWIG, G., DÜLL, R., PHILIPPI, G., AHRENS, M., CASPARI, S., KOPERSKI, M., LÜTT, S., SCHULZ, F. & SCHWAB, G. (1996): Rote Liste der Moose (Anthocerophyta et Bryophyta) Deutschlands. – In: LUDWIG, G. & SCHNITTLER, M. [Begr.]: *Rote Liste der gefährdeten Pflanzen Deutschlands* [= *Schr.-R. f. Vegetationskde.* 28]. – Münster (Landwirtschaftsverl.): 189–306.
- MILLER, N.G. (Hrsg.) (1993): *Biology of Sphagnum*. – Vaduz (Cramer) – *Advances in bryologie* 5, VIII + 338 S.
- NEWTON, M.E. (1993): Cytogenetics of Sphagnum. – In: Miller, N.G. (Hrsg.): *Biology of Sphagnum*. – Vaduz (Cramer) – *Advances in bryologie* 5: 61–78
- NYRÖNEN, T. (1996): Peat production. – In: LAPPALAINEN, E. (1996) (Ed.): *Global peat resources*. – Jyskää (Intern. Peat Society): 315–318.
- OKRUSZKO, H. (1996): Agricultural use of peatlands. – In: LAPPALAINEN, E. (1996) (Ed.): *Global peat resources*. – Jyskää (Intern. Peat Society): 303–314.
- PAIVÄNEN, J. (1996): Forestry use of peatlands. – In: LAPPALAINEN, E. (1996) (Ed.): *Global peat resources*. – Jyskää (Intern. Peat Society): 311–314.
- POSCHLOD, P. & PFADENHAUER, J. (1989): Regeneration vegetativer Sprossteilchen von Torfmossen – Eine vergleichende Studie an neun Sphagnum-Arten. – *Telma*, Ber. d. Dt. Ges. f. Moor- u. Torfkde. 19: 77–88.
- SCHMATZLER, E. (1993): Forderungen des Naturschutzes an den künftigen Abbau von Torf. – *Telma* 23: 287–296.
- SCHMILEWSKI, G. (1996): Horticultural use of peat. – In: LAPPALAINEN, E. (1996) (Ed.): *Global peat resources*. – Jyskää (Intern. Peat Society): 327–334.
- SCHNITTLER, M. & LUDWIG, G. (1996): Zur Methodik der Erstellung Roter Listen. – In: LUDWIG, G. & SCHNITTLER, M. (Bearb.): *Rote Liste der gefährdeten Pflanzen Deutschlands* [= *Schr.-R. f. Vegetationskde.* 28]. – Münster (Landwirtschaftsverl.): 709–739.
- SCHUMACKER, R. & MARTINY, P. (1995): Part 2: Threatened bryophytes in Europe including Macaronesia. – In: EUROPEAN COMMITTEE FOR CONSERVATION OF BRYOPHYTES (Hrsg.): *Red Data Book of European Bryophytes*. – Trondheim (European Committee for Conservation of Bryophytes): 29–193.
- SHAW, A. J. (2000): Population ecology, population genetics, and microevolution. – In: SHAW, A. J. & GOFFINET, B. (Hrsg.): *Bryophyte Biology*. – Cambridge (Cambridge University Pr.): 369–402.
- SUCCOW, M. & JOOSTEN, H. (2001): *Landschaftsökologische Moorkunde*. – Stuttgart (Schweizerbart), 622 S.
- SUNDBERG, S. (2000): The ecological significance of sexual reproduction in peat mosses (Sphagnum). – Acta Universitatis Upsalensis – *Compreh. Summ. Uppsala Diss. Fac. Science Tech.* 581: 1–36.
- VITT, D. H. (2000): Peatlands: ecosystems dominated by bryophytes. – In: SHAW, A. J. & GOFFINET, B. (Hrsg.): *Bryophyte Biology*. – Cambridge (Cambridge University Pr.): 312–343.

**Anschriften der Verfasser:**

Klaus Weddeling  
Zool. Forschungsinstitut u. Museum A. Koenig  
Sektion Herpetologie  
Adenauerallee 160  
53113 Bonn  
E-Mail: k.weddeling@uni-bonn.de

Gerhard Ludwig  
Bundesamt für Naturschutz  
Konstantinstraße 110  
53179 Bonn  
E-Mail: ludwigg@bfn.de