

Aus dem Wissenschaftsbereich Ökologie der Sektion Biologie
der Friedrich-Schiller-Universität Jena

Zur Beeinflussung einiger Moosgesellschaften durch Luftverunreinigung

26. Beitrag zur Moosvegetation Thüringens

Von Rolf Marstaller

Mit 2 Abbildungen und 11 Tabellen

(Eingegangen am 10. Februar 1987)

1. Einführung

Die Beeinflussung und Veränderung der Moosflora und Moosvegetation durch Luftverunreinigung ist in der Literatur zu einem viel diskutierten und seit einigen Jahrzehnten auch hochaktuellen Problem geworden. Moose als Bioindikatoren unterschiedlicher Schadstoffe spielen bei der qualitativen Einschätzung im Gelände und der quantitativen Bestimmung akkumulierter Schadstoffe neben den Flechten die größte Rolle (Muhle 1984).

In den industriellen Ballungsgebieten kam es in Mitteldeutschland bereits in der ersten Hälfte unseres Jahrhunderts zu einem spürbaren Rückgang und zum teilweise völligen Verschwinden von Moosen, die gegenüber den sicherlich differenziert in Erscheinung tretenden Faktoren der Luftverunreinigung sensitiv reagieren. Schon Bernau (1914, 1916) und Bergner (1935) weisen auf diesen Umstand für den Raum Halle und Leipzig hin. Die besonders betroffenen epiphytischen Moose sind heute in weiten Teilen Mitteleuropas selten geworden oder vollständig verschwunden. Zahlreiche lokale und regionale Moosfloren weisen gegenwärtig eine erhebliche Zahl stark gefährdeter oder bereits ausgestorbener Arten aus. Für Thüringen werden von Meinunger (1983) 7,4 % der Arten als erloschen und 9,3 % als stark gefährdet betrachtet. Ein erheblicher Teil dieser Verluste, insbesondere von epiphytischen Moosen, dürfte auf industrielle Emissionen zurückzuführen sein.

Derartige Betrachtungen basieren auf bryofloristischen Erhebungen. Über Strukturveränderungen von Moosgesellschaften durch industrielle Immissionen wurde bisher im engeren Gebiet nichts bekannt. Im Immissionsfeld des Düngemittelwerkes Steudnitz bei Jena ergab sich bezüglich der Beeinflussung von Bryophyten und Bryophytengesellschaften eine besonders günstige Situation, da die wirksamen Faktoren sich konzentrisch um den Emittenten nivellieren und dadurch eine deutliche Zonation in der Raumstruktur von Moosen zu beobachten ist.

2. Das Untersuchungsgebiet¹

Das Immissionsgebiet des Düngemittelwerkes Steudnitz befindet sich etwa 12 km nordnordöstlich von Jena im mittleren Saaletal am Nordrand der Landschaft Saale-Ilm-Muschelkalkplatte. Geologisch wird dieser Teil des Erosionstales der Saale von der Schichtenfolge des Muschelkalkes bestimmt, die vom Unteren Muschelkalk im Bereich der ca. 130 m über NN befindlichen Saaleaue bis zum Oberen Muschelkalk auf der sich bis ca. 320 m erhebenden Hochfläche reicht. Darüber hinaus haben pleistozäne Ablagerungen (Löß) und holozäne Sedimente (Auelehm) größere Bedeutung.

¹ Ausführliche Darstellung bei Heinrich (1984).

In klimatischer Sicht können bezüglich der Temperaturverhältnisse nur die Werte von Jena mit einer Jahresmitteltemperatur von 8,6 °C (Januarmittel -0,1 °C, Julimittel +17,7 °C) herangezogen werden. Die Jahresmittelniederschläge erreichen im Saaletal bei Dornburg 564 mm, in Camburg 560 mm, steigen aber auf der östlich der Saale gelegenen Hochfläche an (Wetzdorf 625 mm).¹

Entscheidend für das Abtriften der Emissionen des in der Saaleaue befindlichen Emittenten ist die Hauptwindrichtung. Trotz zahlreicher witterungsbedingter und orographischer Besonderheiten des Saaletales, die die Windverhältnisse mannigfaltig beeinflussen, spielen die Winde aus südlicher bis südwestlicher Richtung die größte Rolle.

Wesentliche immissionsseitige Parameter, die als wirksame Faktoren für Moose angesehen werden, sind Abgase und Staubauflagen auf den Moosen und deren Wuchsorte (Boden, Gestein, Borke der Bäume), die alkalisch, ätzend und in differenzierter Weise toxisch wirken. Diese Stäube verursachen einen erhöhten Elementengehalt an Na, K und F im Boden, führen zur Erhöhung des pH-Wertes und damit zur Strukturveränderung der Vegetation.

3. Methodisches

Die Vegetationsaufnahmen basieren auf der Methode von Braun-Blanquet. Bei der Auswahl der Flächen wurden nur phanerogamenfreie Moosbestände berücksichtigt. Die Größe der Flächen schwankt zwischen 1–2 dm² bei Felsspaltengesellschaften und 4–6 dm bei den übrigen Gesellschaften. In der Nomenklatur der Laubmoose wird Corley et al. (1981), der Flechten Wirth (1980) gefolgt. Stetigkeitsangaben liegen in Prozent vor. Die Untersuchungen wurden 1981 und 1982 durchgeführt.

4. Die Wirkung von Immissionen auf die räumliche Verteilung der Moosgesellschaften

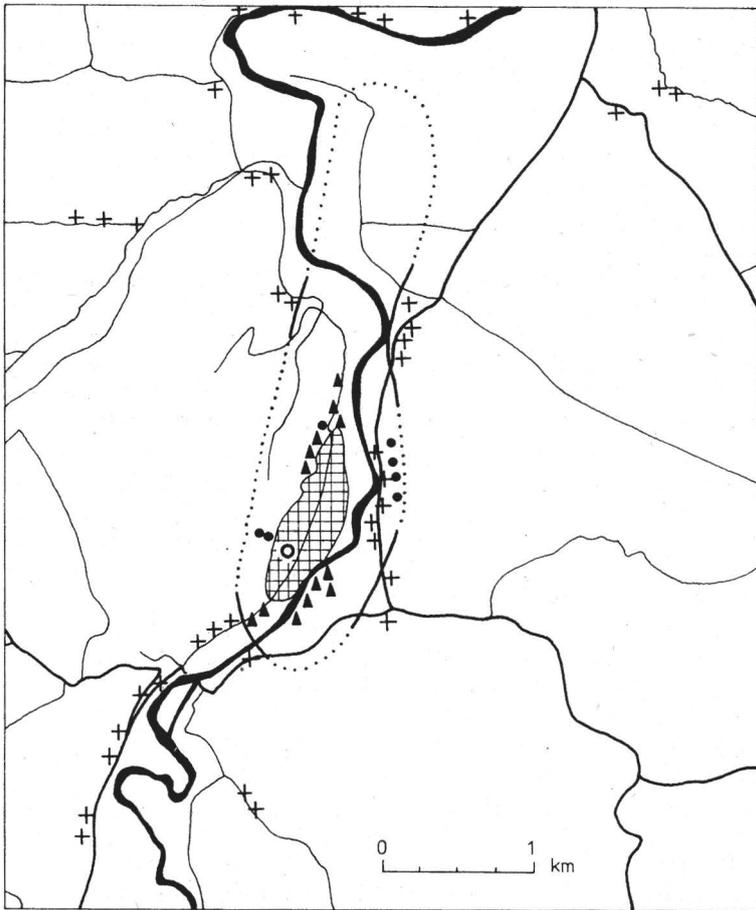
In Abhängigkeit von der Immissionsbelastung konnte Heinrich (1984) 5 Zonen unterscheiden, die sich auch bryologisch charakterisieren lassen. Die durch hohe Staubbelastung sehr stark geschädigte Zone 1 mit dominierend *Puccinellia*-Rasen und die stark geschädigte Zone 2, die sich durch artenarme *Agropyron repens*-Rasen auszeichnet, enthalten keine Moose.

Erst die Zone 3, die durch die beginnende Umstrukturierung der Rasengesellschaften und das Eindringen der Quecke charakterisiert ist, enthält auch Moose, die freilich aus Konkurrenzgründen nur in schütter aufgebauten Beständen und an Extremstandorten zu finden sind. Unter ihnen fallen besonders die ubiquitischen Moose *Ceratodon purpureus*, *Bryum argenteum* und *B. caespiticium* auf, im Bereich frischerer Böden außerdem *Funaria hygrometrica*. Zu ihnen gesellen sich in Abhängigkeit von der Immissionsbelastung weitere Arten, auf die bei der Behandlung der terrestrischen Moosgesellschaften einzugehen ist. Epiphytische Moose fehlen völlig.

In der Zone 4, in der eine Umstrukturierung von Phanerogamengesellschaften nicht mehr nachweisbar ist, sind epilithische und terrestrische Moosgesellschaften normal entwickelt, nur epiphytische Gesellschaften fehlen. Höchstens an Stammfüßen einzelner Bäume erscheinen die ubiquitischen Moose *Hypnum cupressiforme*, *Amblystegium serpens*, *Bryum flaccidum*, *Brachythecium velutinum*, *Ceratodon purpureus* u. a. Erst in der Zone 5, der Normalzone, lassen sich noch vereinzelt die epiphytischen Orthotrichetalia-Gesellschaften nachweisen (Abb. 1).

Lokale Luv- und Lee-Effekte, verursacht durch Geländedifferenzierungen, wirken sich auf diese Zonation abwandelnd aus. Besonders auffällig tritt diese Erscheinung im Bereich des Steilhanges zwischen Steudnitz und Wichmar hervor. Während im Schutz

¹ Nach: Klimatologische Normalwerte (1955, 1961, 1978).



- | | | | |
|-------|--|---|---|
| ○ | Emittent | ● | <i>Bryum caespiticium</i> -
<i>Bryum argenteum</i> - Gesell. |
| ▨ | moosfreie Zone | ▲ | <i>Funaria hygrometrica</i> |
| - ··· | Begrenzung der Zone
ohne Epiphytengesell. | + | <i>Orthotrichetalia</i> - Gesell. |

Abb. 1. Zonation der Moose und Moosgesellschaften im Emissionsgebiet Steudnitz

hoher Ufergehölze der Saale, die den Einfluß der schädigenden Stäube wesentlich verringern, noch wenige sensitive *Orthotrichetalia*-Gesellschaften vorkommen, werden am darüber befindlichen, fast gehölzfreien Wellenkalkhang durch ungehinderten Staubanflug selbst terrestrische Moosgesellschaften in der Struktur verändert.

5. Die Wirkung von Immissionen auf die Struktur von Moosgesellschaften

Da aus der Zeit vor der Produktionsaufnahme des Düngemittelwerkes keine bryologischen Untersuchungen vorliegen, mußten zum Vergleich der im unmittelbaren Schadbereich des Emittenten noch vorkommenden Moosgesellschaften Erhebungen auf vergleichbaren Standorten in anderen Gebieten Thüringens durchgeführt werden.

5.1. Terrestrische Moosgesellschaften

Im Immissionsgebiet sind terrestrische Gesellschaften an Sonderstandorte gebunden, an denen höhere Pflanzen keine Existenzbedingungen mehr finden. Das sind einmal Podeste und Spalten im Bereich der Felsen, Wegränder, Erdböschungen und bedingt auch Äcker. Zur Beurteilung von Strukturänderungen kamen allerdings nur Gesellschaften in Frage, die häufiger angetroffen wurden und von denen zahlreiche Vegetationsaufnahmen möglich waren.

In der Jenaer Umgebung zeichnen sich unbelastete Ökosysteme durch ein reich differenziertes Mosaik von terrestrischen Moosgesellschaften aus. Das Gesellschaftsinventar wird im Xerothermbereich besonders durch das *Weissietum crispatae*, *Astometum crispum*, *Aloinetum rigidum*, lokaler durch das *Trichostomo-Aloinetum aloidis* und *Tortelletum inclinatum*, auf frischeren Standorten durch das *Barbuletum convolutum* und Gesellschaften des *Phascion cuspidati*-Verbandes charakterisiert (vgl. Marstaller 1980 a, b, 1981, 1983). Wir müssen annehmen, daß auch in den stark belasteten Zonen im Umkreis des Emittenten ein ähnliches Gesellschaftsmosaik vorhanden war.

Wie in den folgenden Ausführungen gezeigt werden soll, findet mit zunehmender Belastung eine Umstrukturierung statt, die schließlich auf allen trockneren Standorten zu einer völlig anderen artenärmeren Gesellschaft, der *Bryum caespitium-Bryum argenteum*-Gesellschaft, führt. Sie ist im Gegensatz zu den stark spezialisierten und an ganz bestimmte ökologische Verhältnisse angepaßten Ausgangsgesellschaften eine wenig spezifische Ersatzgesellschaft.

Auf frischeren Böden stellt sich mit zunehmender Immissionsbelastung das *Funarietum hygrometricae* ein, das von der *Bryum caespitium-Bryum argenteum*-Gesellschaft im wesentlichen nur durch *Funaria hygrometrica* zu unterscheiden ist und ebenfalls eine sehr breite ökologische Amplitude besitzt.

Darin zeichnet sich deutlich ab, daß mit zunehmendem Belastungsgrad 2 sehr ähnliche Ersatzgesellschaften die ganze Breite der Standorte kennzeichnen, die ehemals von einer Vielzahl unterschiedlicher Erdmoosgesellschaften charakterisiert wurden, und damit die feine Standortsdifferenzierung verlorengegangen ist. Im Prinzip konnte Heinrich (1984) die gleiche Erscheinung für Graslandgesellschaften belegen. Die Quecken- und Salzschwadenrasen haben sich aus verschiedenen Typen von Frischwiesen und Halbtrockenrasen entwickelt und besitzen eine sehr breite ökologische Amplitude. Resistente Moose gibt es bei extremer Immissionsbelastung in Steudnitz nicht, die Quecken- und Salzschwadenrasen sind völlig moosfrei.

5.1.1. *Aloinetum rigidum* Stodiek 1937

Das *Aloinetum rigidum* ist eine in Thüringen verbreitete und auf Muschelkalk recht einheitlich strukturierte xerophytische Gesellschaft (Marstaller 1980 b). Sie konnte in Makrospalten und an kleinen mit Kalkerde bedeckten Felsabsätzen am Muschelkalk-Steilhang zwischen Steudnitz und Wichmar ca. 1 km vom Emittenten entfernt wiederholt gefunden werden. *Aloina rigida* zeigt zwar häufig Ansätze zur Bildung von Sporogonen, die meisten starben allerdings schon während der Entwicklung ab. Auffallend ist die relative Artenarmut und das starke Zurücktretzen von Erdflechten. Mit hohen Deckungswerten kennzeichnen *Bryum caespitium* und *Bryum argenteum* die Gesellschaft, vereinzelt tritt sogar *Ceratodon purpureus* auf (Tab. 1). An stark exponierten und der Staubbelastung besonders ausgesetzten Felsköpfen bestimmen diese Moose die Vegetation und *Aloina rigida* fehlt.

Zur genaueren Erfassung des Prozesses der Umstrukturierung wurden durch Immissionen unbelastete Bestände auf entsprechenden Muschelkalkstandorten und die Moosvegetation an dem Steilhang 0,2 km nordwestlich vom Emittenten, der dem *Aloinetum* standörtlich entspricht, untersucht. Mit zunehmender Belastung verschwin-

Tabelle 1. Aloinetum rigidae Stodiek 1937

Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
Exposition	W	SW	SW	SW	W	W	SW	SW	S	W	W	W	W	W	W	W	W	
Neigung in Grad	20	45	40	45	50	45	70	40	30	20	80	70	70	80	60	70	50	
Deckung M-Schicht [%]	40	80	50	60	60	50	60	50	70	30	60	80	80	40	50	60	70	
Deckung B- und Str-Schicht [%]	.	.	.	.	.	.	10	10	5	.	.	.	.	.	.	5	.
Kennarten der Assoziation:																		
<i>Aloina rigida</i>	2	2	1	1	+	2	1	+	+ _o	+	+ _o	1	+	+	+	+	+	
<i>Didymodon cordatus</i>	1	.	+	1	2	3	.	.	.	.	+	+_o	1	+	+	+	.
Kennart des Verbandes:																		
<i>Pottia lanceolata</i>	.	+	.	.	.	.	+	.	+	+	+	r	r	.	.	+	+
Kennarten (Ordn. + Klasse):																		
<i>Barbula unguiculata</i>	.	.	.	.	.	.	.	r	1	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Didymodon fallax</i>	+	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Begleiter, Moose:																		
<i>Bryum caespitium</i>	1	4	3	3	2	2	3	3	3	2	1	1	+	.	1	+	2	
<i>Bryum argenteum</i>	.	+	2	2	.	.	1	.	3	+	4	4	2	2	3	4	3	
<i>Ceratodon purpureus</i>	+	.	+	+	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	+
<i>Tortula muralis</i>	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	+	.	.	.	+	.	.
Begleiter, Flechten:																		
<i>Collema tenax</i>	.	+	+	+	+	+	.	.	.	+	.	.	.	.	+	r	.
<i>Toninia caeruleonigricans</i>	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

Muschelkalksteilhang zwischen Steudnitz und Wichmar, Nr. 2: *Weissia longifolia* r_o.

Nr. 9: *Tortula ruralis* +. Nr. 14: *Pterygoneurum ovatum* r_o.

den die Erdflechten *Endocarpon pusillum*, *Toninia caeruleonigricans* und *Collema tenax* fast vollständig. Die meisten für die Assoziation spezifischen Grimaldion- und Barbuleitalia-Arten, wie *Pterygoneurum ovatum* und *Didymodon fallax*, werden seltener, und mit der Zunahme von *Bryum caespiticium* und *B. argenteum* sowie dem Eindringen von *Ceratodon purpureus* vollzieht sich der Prozeß der Umstrukturierung zur artenarmen *Bryum caespiticium*-*Bryum argenteum*-Gesellschaft (Tab. 2).

Tabelle 2. Strukturveränderung des Aloinetum rigidae im Vergleich zur *Bryum-caespiticium*-*Bryum argenteum*-Gesellschaft

	Aloinetum rigidae		<i>Bryum caespiticium</i> - <i>B. argenteum</i> -Ges.
	Normalausbildung	verarmte Ausbildung	
Entfernung vom Emittenten		1 km no	0,2 km nw
Zahl der Aufnahmen	84	17	22
Kennarten der Assoziation:			
<i>Aloina rigida</i>	100 +-4	100 +-2	.
<i>Didymodon cordatus</i>	14 +-3	65 +-3	.
Kennarten des Verbandes Grimaldion:			
<i>Pottia lanceolata</i>	56 r-3	53 r-+	46 r-1
<i>Pterygoneurum ovatum</i>	44 r-3	6 r	.
<i>Phascum curvicolle</i>	19 +-2	.	.
<i>Encalypta vulgaris</i>	14 +-3	.	.
<i>Weissia triumphans</i>	14 r-2	.	.
<i>Weissia brachycarpa</i>	14 r-1	.	.
<i>Weissia longifolia</i>	11 r-1	6 r	.
Kennarten der Ordnung Barbuleitalia unguiculatae und Klasse Barbuletea unguiculatae:			
<i>Barbula unguiculata</i>	20 +-2	12 r-1	59 +-1
<i>Didymodon fallax</i>	49 +-2	12 +	.
Begleiter, Moose:			
<i>Bryum caespiticium</i>	45 r-2	94 +-4	100 1-4
<i>Bryum argenteum</i>	20 +-1	76 +-4	73 +-4
<i>Ceratodon purpureus</i>	.	30 +	55 +-2
<i>Didymodon rigidulus</i>	19 +-1	.	.
<i>Tortula muralis</i>	5 +-1	18 +-1	.
<i>Tortula ruralis</i>	7 r-+	6 +	14 +
Begleiter, Flechten:			
<i>Endocarpon pusillum</i>	61 +-2	.	.
<i>Collema tenax</i>	48 r-1	47 r-+	27 +
<i>Toninia caeruleonigricans</i>	18 +-1	12 +	5 r

Angabe der Stetigkeit [%]. Arten mit sehr geringer Stetigkeit sind in der Normalausbildung nicht enthalten.

Analysieren wir die Strukturveränderungen nach den Kryptogamengruppen Grimaldion- und Barbuleitalia-Arten, Begleiter (Moose) und Flechten, so fällt auf, daß die für die Assoziation charakteristischen Moose *Aloina rigida* und *Didymodon cordatus* ganz verschwinden und überhaupt die Grimaldion- und Barbuleitalia-Arten sehr zurückgehen. Das trifft auch für die besonders sensitiven Flechten zu, während die un-

spezifischen Begleiter unter den Moosen stark zunehmen.

Die Wandlung im Artengefüge ist mit charakteristischen Veränderungen einiger Parameter des Oberbodens (0–3 cm) verbunden. Es wurden je 5 Bodenproben von einem unbelasteten Aloinetum (Steilhang der Ilm 1 km westlich Hetschburg, Kr. Weimar), vom Steilhang zwischen Steudnitz und Wichmar im mäßig belasteten Aloinetum und vom Steilhang unmittelbar nordwestlich vom Emittenten verglichen.¹ Mit zunehmender Belastung steigt der pH-Wert an, und die Werte an Phosphor und Natrium nehmen stark zu. Die übrigen Elemente, die keine signifikante Beziehung zum Belastungsgrad zeigen (vgl. Heinrich 1984), wurden nicht untersucht (Tab. 3).

Tabelle 3. Veränderung der Struktur von Kryptogamengruppen des Aloinetum rigidae in Beziehung zu einigen Bodenfaktoren

	Ausbildung des Aloinetum in der Normalzone	Ausbildung des Aloinetum am Steilhang n Steudnitz	<i>Bryum caespitium-Bryum argenteum</i> -Ges.
Entfernung vom Emittenten		1 km no	0,2 km nw
I. Strukturveränderungen¹			
1. Grimaldion- und Barbuletalia-Arten	58 0/0	43 0/0	28 0/0
2. Begleiter, Moose	17 0/0	42 0/0	64 0/0
3. Begleiter, Flechten	25 0/0	11 0/0	8 0/0
4. Mittlere Artenzahl	6,5	5,4	3,8
II. Bodenveränderungen²			
1. pH (in 0,1 N KCl)	7,1	7,2	7,6
2. Phosphor (mg P/100 g Boden)	0,9	16,7	350,0
3. Natrium (mg Na/100 g Boden)	11,7	22,9	141,9

¹ Berechnungsgrundlage Tab. 2

² Mittelwerte aus je 5 Proben

5.1.2. *Bryum caespitium-Bryum argenteum*-Gesellschaft

In der stark belasteten Zone 3 stellt sich auf allen trocknen Standorten die *Bryum caespitium-Bryum argenteum*-Gesellschaft ein, in der neben den schon genannten *Bryum*-Arten *Ceratodon purpureus*, *Barbula unguiculata*, *Pottia lanceolata* und weitere Kryptogamen mit sehr geringer Stetigkeit am Bestandsaufbau beteiligt sind (Tab. 4).

Derartig strukturierte Moosbestände sind nicht für das Immissionsgebiet von Steudnitz spezifisch, sie finden sich überall auf trocknen Standorten ein, die durch starke Belastung des Bodens gekennzeichnet sind, z. B. an den Rändern der mit Herbiziden und Sprühläugen behandelten Landstraßen, auf alten Dünger-Lagerplätzen, an Brandstellen und verbreitet im Bereich der Großstädte. Ähnliche Moosbestände wurden bereits von Abraumhalden (Hanf 1937), aus dem Bereich der Städte (Nickl-Navratil 1960) und von Kiesdächern (Bornkamm 1961) beschrieben.

5.1.3. *Barbuletum convolutae* Hadač et Šmarda 1944

Das *Barbuletum convolutae* ist im Muschelkalkgebiet Mittel- und Ostthüringens überwiegend an anthropogene Standorte gebunden und kennzeichnet besonders Weg-

¹ Für die Ausführung der Bodenanalysen danke ich dem Institut für Pflanzenernährung Jena-Zwätzen herzlich.

Tabelle 4. *Bryum caespitium*-*Bryum argenteum*-Gesellschaft

Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Exposition	W	SW	W	W	SW	SW	SW	S	S	S	S	W	W	W	SW	W	S	S	S	S	SO	O
Neigung [°]	45	35	20	30	25	15	10	45	20	20	5	15	65	50	45	5	15	35	20	5	45	45
Deckung M-Schicht [%]	60	40	60	80	60	90	50	60	70	80	70	40	60	70	80	70	60	70	70	70	45	25
Deckung B- und Str-Schicht [%]	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	.	.	5	.	.	5	10	.	.	.	10	.
<i>Bryum caespitium</i>	3	3	3	4	4	5	3	3	1	4	4	3	2	3	4	4	1	1	2	2	3	2
<i>Bryum argenteum</i>	+	+	.	.	.	.	2	2	4	.	1	.	3	3	+	+	4	4	4	3	+	+
<i>Ceratodon purpureus</i>	2	.	+	1	.	+	1	+	.	+	.	+	.	+	.	+	.	.	+	.	1	.
<i>Barbula unguiculata</i>	.	+	1	.	+	+	+	1	+	+	.	.	.	.	.	+	.	+	+	1	.	1
<i>Pottia lanceolata</i>	.	.	+	.	.	.	.	r	+	+	+	1	+	1	.	.	+	.	.	1	.	.
<i>Collema tenax</i>	+	.	.	+	+	.	+	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.
<i>Tortula ruralis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.

Nr. 1–16: Steilhang 1 km vom Emittenten zwischen Steudnitz und Wichmar. Nr. 7: *Toninia caeruleonigrans* r.

Nr. 17–20: Steilhang 0,2 km nw vom Emittenten Steudnitz. Nr. 21–22: Kalkfelsen 1 km n vom Emittenten an der Straße nach Würchhausen.

Tabelle 5. *Barbuletum convolutae* Hadač et Šmarda 1944

Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
Exposition	S	S	O	O	O	SW	SW	SW	.	.	.	S	S	S	.	.	NW	NW	NW	NW	NW	NW	
Neigung [°]	5	5	20	20	40	3	3	10	.	.	.	5	30	5	.	.	5	10	5	5	10	5	
Deckung M-Schicht [%]	50	75	70	75	95	95	95	60	95	90	80	90	95	95	95	95	85	60	95	90	95	80	
Deckung B-Schicht [%]	10	15	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Lokale Kennarten der Assoziation:																							
<i>Barbula convoluta</i>	1	.	2	2	3	.	.	1	+	2	2	2	3	4	3	3	2	+	1	1	+	2	
<i>Pseudocrossidium hornschuchianum</i>	.	+	.	.	.	3	3	.	+	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.
Trennart der <i>Funaria</i> -Ausbildung:																							
<i>Funaria hygrometrica</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	1	2	1	2	1	1	1	1	+	+	+	+
Kennart (Ordn. + Klasse):																							
<i>Barbula unguiculata</i>	.	1	.	2	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Begleiter, Moose:																							
<i>Bryum caespiticium</i>	1	4	3	3	2	3	3	2	1	3	2	2	3	3	.	2	2	1	3	3	1	3	
<i>Ceratodon purpureus</i>	.	.	2	3	3	+	+	4	.	+	1	.	.	+	.	.	3	4	3	3	5	1	
<i>Bryum argenteum</i>	3	3	.	+	.	+	+	.	+	3	2	3	+	.	3	3	.	.	.	.	+	.
<i>Encalypta streptocarpa</i>	r ₀	+ ₀	+ ₀	+ ₀

Nr. 1–8: Typische Ausbildung. Nr. 9–22: *Funaria hygrometrica*-Ausbildung. Nr. 1–2: Steilhang 0,2 km vom Emittenten Steudnitz. Nr. 3–5, 10–11: Wegränder und Böschungen unmittelbar am Ortsausgang von Steudnitz an der Straße nach Wichmar 1,6 km vom Emittenten. Nr. 5: *Brachythecium velutinum* +, Nr. 10: *Bryum bicolor* +. Nr. 6–7: Wegrand zwischen Steudnitz und Wichmar 1 km vom Emittenten. Nr. 6: *Tortula ruralis* +. Nr. 7: *Tortella inclinata* r. Nr. 8, 17–22: Muschelkalkhänge nw Bennstedt bei Halle. Nr. 8: *Bryum rubens* +. Nr. 20: *Fissidens cristatus* +₀. Nr. 9: Wegrand 1 km w Steudnitz 0,3 km vom Emittenten, *Phascum cuspidatum* +. Nr. 12–16: Karsdorf, Kr. Nebra, im Bereich des Zementwerkes an Wegrändern.

ränder (vgl. Marstaller 1980 b). Hier kann es auf unterschiedlich strukturierten mehr oder weniger basischen Böden vorkommen. Die Gesellschaft dringt bis in die Belastungszone 3 ein und zeichnet sich ebenfalls durch den hohen Anteil von *Bryum caespiticium*, *B. argenteum* und *Ceratodon purpureus* aus, auf frischeren Standorten gewinnt außerdem *Funaria hygrometrica* an Bedeutung (Tab. 5).

Der Strukturwandel tritt allerdings gegenüber Ausbildungen außerhalb des Immissionsgebietes nicht so deutlich in Erscheinung, da in der fast immer anthropogenen Gesellschaft *Bryum caespiticium*, *B. argenteum* und *Ceratodon purpureus* ohnehin hohe Stetigkeit erlangen, wenn auch die Deckungswerte meist geringer sind. Mit zunehmender Belastung vollzieht sich auf trocknen Böden der Übergang zur *Bryum caespiticium*-*Bryum argenteum*-Gesellschaft, auf frischeren Böden zum Funarietum *hygrometricae*. Da die Standortsbedingungen des *Barbuletum convolutae* nicht einheitlich sind und die Gesellschaft im Immissionsgebiet von Steudnitz nur selten auftritt, ist ein Vergleich mit Ausbildungen in weniger belasteten Gebieten nicht sinnvoll.

Auch in anderen Landschaften, die sich durch hohe Schadstoffbelastung auszeichnen, tritt besonders auf frischen Standorten mit dem Eindringen von *Funaria hygrometrica* dieser auffallende Strukturwandel des *Barbuletum convolutae* in Erscheinung (Tab. 5, Nr. 8–22). Derartige Bestände sind im Emissionsfeld des Zementwerkes Karsdorf, Kr. Nebra, vertreten, treten an den Rändern der stark frequentierten Landstraßen sowie in Großstädten auf und konnten auch an einem stark staubbelasteten Muschelkalkhang westnordwestlich Bennstedt bei Halle, Saalkreis, beobachtet werden.

5.1.4. Funarietum *hygrometricae* Engel 1949

Wie bereits für das *Barbuletum convolutae* bemerkt wurde, zeichnen sich frische Böden in der stärker belasteten Zone 3 um Steudnitz durch *Funaria hygrometrica* aus. Das nitrophytische Moos tritt in schütter aufgebauten Grasland-, Segetal- und Ruderalgesellschaften in der Mooschicht auf, das Funarietum *hygrometricae* konnte allerdings nur an wenigen Wegrändern erfaßt werden. Die Gesellschaft ist schon lange in der Literatur bekannt und kennzeichnet stark mit Mineralsalzen und Stickstoffverbindungen angereicherte Böden, alte Brandstellen und besonders die mit Lauge besprühten und mit Herbiziden behandelten Straßenränder und Bahnanlagen (Tab. 6).

Tabelle 6. Funarietum *hygrometricae* Engel 1949

Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Exposition	.	.	.	.	.	.	.	.	N	N
Neigung [°]	.	.	.	.	.	.	.	.	3	25
Deckung M-Schicht [%]	95	99	90	60	90	95	80	80	60	95
Deckung B-Schicht [%]	.	.	.	.	.	.	.	50	70	.
Kennart der Assoziation:										
<i>Funaria hygrometrica</i>	3	4	2	2	3	+	1	3	2	4
Begleiter, Moose:										
<i>Bryum argenteum</i>	4	3	4	.	3	3	3	3	3	+
<i>Ceratodon purpureus</i>	.	.	+	3	3	3	3	.	.	2
<i>Bryum caespiticium</i>	.	.	+	2	.	+	2	.	+	.

Nr.1–3: Steudnitz, unter der ehemaligen Seilbahn nw vom Dorf. Nr. 4: Wegrand 1 km n vom Emittenten nahe der Straße nach Würchhausen, *Brachythecium albicans* +. Nr. 5: Alter Düngerplatz bei Thangelstädt, Kr. Weimar, *Tortula ruralis* +. Nr. 6–7: Straßenrand bei Langendembach, Kr. Pößneck. Nr. 8: Straßenrand zwischen Steudnitz und Wichmar. Nr. 9: Straßenrand im Mühlthal bei Jena. Nr. 10: Schutthalde bei Neuengönna, Kr. Jena, *Phascum cuspidatum* +.

Ähnlich zusammengesetzte Bestände des Funarietum hygrometricae typicum werden von Engel (1949), Hübschmann (1957, 1967, 1975), Cásas Sicard (1958), Pankow und Lindner (1964), Pankow und Fischer (1965), Kühner, Schädlich und Verch (1968), Lecointe und Provost (1970), Neumayr (1971, 1975), Doll (1971, 1981), Hiby und Petruck (1972), Mohan (1974), Melik (1978), Magnée (1978), Beiersbergen und During (1980) und Klemm (1984) aus den verschiedensten Teilen Europas beschrieben. Das besonders frischliebende Funarietum hygrometricae marchantietosum polymorphae konnte im Immissionsgebiet von Steudnitz nicht beobachtet werden.

5.1.5. Ackermoosgesellschaften

Die in der Schadzone 3 vorkommenden Äcker nördlich des Emittenten werden so intensiv bewirtschaftet, daß sich keine Ackermoosgesellschaften entwickeln können. Nur auf wenigen Privatparzellen unmittelbar so vom Emittenten östlich der Saale konnten in Abhängigkeit von der Bewirtschaftung lokal und sehr kleinflächig Ackermoosgesellschaften beobachtet werden, in denen besonders *Funaria hygrometrica* hervortrat. Einer bestimmten Assoziation ist der folgende Bestand nicht zuzuordnen.

Aufnahme: M 40%, B -, 2 dm² ca. 150 m so vom Emittenten.

Funaria hygrometrica 1.

Kennarten des Phascion: *Phascum cuspidatum* 2, *Bryum rubens* 1, *Dicranella staphylina* +.

Begleiter: *Eurhynchium hians* +.

Auf entsprechenden Ackerböden in der Saaleaue nördlich Steudnitz, die sich etwa 1,2 km vom Emittenten entfernt an der Grenze der Schadzone 2 und 3 befinden, ge-
deiht das Pottietum davallianae (Kühner 1971) Marstaller 1980 in normal entwickelter Ausbildung, die sich nicht von entsprechenden Beständen in anderen Teilen des mittleren Saaleales unterscheidet (Tab. 7).

Tabelle 7. Pottietum davallianae (Kühner 1971) Marstaller 1980

Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8
Exposition	.	.	.	.	.	.	.	NW
Neigung [°]	.	.	.	.	.	.	.	20
Deckung M-Schicht [%]	40	50	50	60	40	60	80	85
Deckung B-Schicht [%]	.	.	.	.	.	.	.	.
Kennart der Assoziation:								
<i>Pottia davalliana</i>	+	2	2	1	1	2	2	1
Kennarten des Verbandes:								
<i>Phascum cuspidatum</i>	2	2	2	1	3	3	3	3
<i>Bryum rubens</i>	+	1	+	1	+	+	1	+
<i>Dicranella staphylina</i>	.	+	+	2	.	.	1	+
<i>Pottia truncata</i>	.	.	.	.	.	.	.	+
Kennarten (Ordn. + Klasse):								
<i>Barbula unguiculata</i>	+	+	+	+	+	1	2	1
<i>Barbula convoluta</i>	.	r	+	.	.	+	2	+
<i>Phascum floerkeanum</i>	+	.	+	+	+	.	.	.
Begleiter, Moose:								
<i>Bryum argenteum</i>	.	.	+	.	.	1	+	+
<i>Funaria hygrometrica</i>	.	.	.	.	.	.	.	1
<i>Bryum bicolor</i>	+	.	.	.	.	.	.	.
<i>Ceratodon purpureus</i>	.	.	.	.	.	.	.	+

Acker 1,2 km nno vom Emittenten in der Saaleaue bei Steudnitz.

5.2. Epiphytische Moosgesellschaften

Als stark sensitive Kryptogamen gegenüber Luftverunreinigung haben sich unter den epiphytischen Moosen Vertreter der Gattungen *Orthotrichum*, *Tortula*, *Ulota* sowie die Arten *Leskea polycarpa*, *Frullania dilatata*, *Pylaisia polyantha* und *Antitrichia curtispindula* erwiesen. Ihr qualitativer und quantitativer Anteil sowie die räumliche Verteilung in einer Landschaft lassen Rückschlüsse auf die großräumige und lokale Luftverunreinigung zu.

5.2.1. Die großräumige Luftverunreinigung im mittleren Saaletal zwischen Dornburg und Camburg

Die großräumige Luftverunreinigung in der weiteren Umgebung des Emittenten ist bereits relativ weit fortgeschritten. Wie Marstaller (1985) zeigen konnte, kommen nur noch im Bereich des Saaletales und weniger Nebentäler einige Orthotrichetalia-Arten und -Gesellschaften vor (Abb. 2). Auf den angrenzenden Hochflächen fehlen sie völlig. Wenn wir auf der Grundlage der sehr ähnlichen klimatischen und geomorphologischen Situation der Jenaer Umgebung nach Literaturangaben den Artenverlust von sensitiven epiphytischen Moosen für den Raum Dornburg-Camburg berechnen, liegt dieser bei 68 %, für den Raum Jena um 47 %. Durch sehr hohe bis voll-

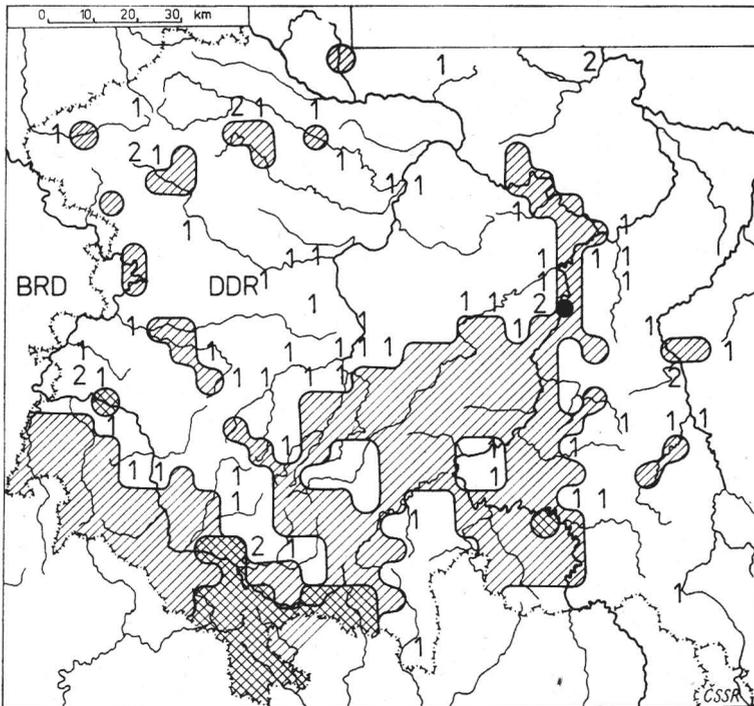


Abb. 2. Aktuelle Verbreitung wichtiger Orthotrichetalia-Arten in Thüringen auf der Basis von Meßtischblattquadranten (genaue Erläuterung und Artenspektrum in Marstaller 1985).

Weißer Fläche: Zone 1 mit 0-2 Arten und höchstens einer kümmerlich entwickelten Assoziation. Die eingetragene Ziffer gibt die Zahl der noch festgestellten Orthotrichetalia-Arten an. Einfach schraffierte Fläche: Zone 2 mit 3-9 Arten, in den Kammlagen der Mittelgebirge 1-9 Arten, 2-4 (5) Assoziationen mäßig bis gut entwickelt, doch meist nur lokal. Doppelt schraffierte Fläche: Zone 3 mit 10-13 Arten, 5 (6)-7 Assoziationen gut entwickelt, oft an allen zusagenden Standorten vorhanden. ● = Emissionsgebiet von Stuednitz

Tabelle 8. Artenverlust sensitiver epiphytischer Moose im Südwesten der DDR

	Jena		Stendnitz	Gera		Plauen		Halle		Leipzig		Eisenach		Erfurt		Arnstadt		Coburg		Heildburg	
	a	b	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
<i>Orthotrichum diaphanum</i>	X	X	X	X	X	X	.	X	.	X	.	X	X	X	.	X	X	X	X	X	X
<i>Orthotrichum obtusifolium</i>	X	.	.	X	.	X	.	X	.	X	.	X	X	X	.	X	X	X	X	X	X
<i>Orthotrichum affine</i> ¹	X	X	X	X	.	X	.	X	.	X	.	X	X	X	.	X	X	X	X	X	X
<i>Orthotrichum speciosum</i>	X	X	X	X	.	X	.	X	.	X	.	X	X	X	.	X	X	X	X	X	X
<i>Orthotrichum pumilum</i>	X	X	X	X	.	X	.	X	.	X	.	X	X	X	.	X	X	X	X	X	X
<i>Orthotrichum tenellum</i>	X	.	.	.	.	X	.	.	.	.	.	X	.	.	.	X	X	X	X	X	.
<i>Orthotrichum pallens</i>	X	X	.	.	.	X	.	.	.	.	.	.	.	.	.	X	X	X	X	X	(X)
<i>Orthotrichum lyellii</i>	X	.	.	?	.	X	.	.	.	.	.	X	.	.	X	.	X	.	X	X	X
<i>Orthotrichum striatum</i>	?	.	.	X	.	.	.	.	.	.	.	X	.	.	(X)	.	X	.	.	.	.
<i>Orthotrichum stramineum</i> ²	.	.	.	X	.	.	.	.	.	.	.	X	.	.	X	.	X	.	.	.	.
<i>Ulota ludwigii</i>	X	X	.	X	.	.	.	.	.	.	.	X	.	.	.	X	X	X	X	X	X
<i>Ulota crispa</i> ³	X	X	.	X	.	X	.	?	.	.	X	.	.	.	X	.	X	X	X	X	X
<i>Tortula latifolia</i>	X	.	.	X	.	X	.	X	.	.	.	.	.	.	?	.	X	X	X	X	X
<i>Tortula papillosa</i>	X	.	.	?	.	X	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	(X)	X	X	X	X
<i>Tortula laevipila</i>	X	.	.	?	.	.	.	.	.	.	.	X	.	.	X	.	.	.	.	?	X
<i>Tortula virescens</i>	X	X	X	X	X	?	.	?	(X)	X	.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Leucodon sciuroides</i>	X	X	.	X	.	X	X	.	.	X	.	X	X	X	X	.	X	X	X	X	X
<i>Antitrichia curtispindula</i>	X	.	.	X	.	.	.	.	.	X	.	X	.	.	.	.	X	.	.	.	.
<i>Pylaisia polyantha</i>	X	X	X	X	.	X	.	X	.	.	.	X	X	X	X	.	X	X	X	X	X
<i>Leskea polycarpa</i>	X	X	X	X	X	X	.	X	.	.	.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Frullania dilatata</i>	X	X	.	X	.	X	.	X	.	X	.	X	X	X	?	.	X	X	X	X	X
Summe der vorhandenen Arten	19	10	6	16	4	13	1	9	0	12	0	20	7	12	2	19	12	16	15	15	15
Artenverlust [0/0]		47	68		75			92	100		100		65		83		37				12

Spalte a: nach Literaturangaben und Herbarbelegen nachweisbare Vorkommen. Spalte b: im Zeitraum 1980-1985 nachweisbare Vorkommen. X = Taxon vorhanden, ? = kein Nachweis, Vorkommen wahrscheinlich, (X) = Vorkommen außerhalb des Beobachtungsgebietes (ca. 8 km im Umkreis der aufgeführten Orte); Epilithische Vorkommen blieben unberücksichtigt.

Literaturgrundlagen: Bergner (1935), Bernau (1914, 1916), Garcke (1853), Hahn (1906/1907), Kraemer (1931), Krüger (1944), Kükenthal (1954), Liebe und Fürbringer (1864), Röll (1915 a, b), Schmidt und Müller (1859), Spindler (1912).

¹ incl. var. *fastigiatum*, ² incl. var. *patens*, ³ incl. var. *norvegica*, var. *crispula*.

ständige Verluste der sensitiven Moose zeichnen sich die Industriegebiete von Halle und Leipzig sowie die Umgebung der Großstädte Gera, Plauen und Erfurt aus. Etwas günstiger ist die Situation für Arnstadt einzuschätzen, eine noch einigermaßen intakte Epiphytenvegetation konnte nur noch im südlichsten Teil des Kreises Hildburghausen (am Beispiel von Heldburg) großflächiger angetroffen werden (Tab. 8).

Ein ähnliches Bild erhält man auch, wenn die großräumige Luftverunreinigung am Beispiel der potentiell möglichen sensitiven epiphytischen Moosgesellschaften mit den tatsächlich existierenden Gesellschaften eingeschätzt wird. Für das Saaletal zwischen Dornburg und Camburg (Südteil des Meßtischblattes Camburg) beträgt der Verlust 67 %. Innerhalb der Orthotrichetalia-Gesellschaften konnten das Orthotrichetum fallacis v. Krus. 1945, Syntrichietum pulvinatae Peciar 1965, Pylaisietum polyanthae Gams et Felföldy 1941 und das Leskeetum polycarpae Peciar 1965 festgestellt werden, dagegen fehlen die Dicranetalia-Gesellschaften vollständig.¹ Im industriellen Ballungsgebiet des Raumes Halle–Leipzig sind keine sensitiven Epiphytengesellschaften mehr vorhanden, nur im südlichsten Thüringen und lokal in einem entlegenen Frankenwaldtälichen (Ottergrund bei Altenbeuthen, Kr. Saalfeld) hat sich das Gesellschaftsinventar noch relativ vollständig erhalten (Tab. 9).

Tabelle 9. Vorkommen von Orthotrichetalia und Dicranetalia-Gesellschaften im Südwesten der DDR

	Jena	Stendnitz	Gera	Plauen	Halle	Leipzig	Eisenach	Erfurt	Arnstadt	Heldburg, Kr. Hildburghausen	Altenbeuthen, Kr. Saalfeld
Ulotetum crispae	×	·	·	·	·	·	·	·	×	×	×
Orthotrichetum lyellii	·	·	·	·	○	○	·	·	×	×	·
Orthotrichetum pallentis	·	·	·	·	·	·	·	·	×	(X)	·
Orthotrichetum striati	○	○	·	○	○	○	·	○	·	○	×
Syntrichietum laevipilae	·	·	·	·	·	·	·	·	·	×	·
Syntrichietum pulvinatae	×	×	×	·	·	·	×	·	×	×	×
Orthotrichetum fallacis	×	×	·	·	·	·	·	·	×	×	×
Pylaisietum polyanthae	×	×	·	·	·	·	×	·	×	×	×
Syntrichio-Leskeetum polycarpae	·	·	×	·	·	·	·	·	·	·	○
Leskeetum polycarpae	×	×	×	·	·	·	×	×	×	×	○
Dicrano-Hypnetum filiformis	·	·	·	·	·	·	×	·	×	×	×
Platygyrietum repentis	·	·	·	×	·	·	×	·	·	×	×
Orthodicrano-Hypnetum filiformis	×	·	×	×	·	·	×	×	×	×	×
Summe der potentiell möglichen Gesellschaften	12	12	13	12	11	11	13	12	12	12	11
Summe der vorhandenen Gesellschaften	6	4	4	2	0	0	6	2	8	11	9
Verlust [%]	50	67	69	83	100	100	54	83	33	8	18

× = Gesellschaft vorhanden

· = Gesellschaft potentiell möglich, aber nicht nachgewiesen

○ = Gesellschaft potentiell nicht möglich (Standorte fehlen im Gebiet)

Beobachtungszeitraum: 1980–1985. Größe des Beobachtungsgebietes: etwa 8 km im Umkreis der aufgeführten Orte.

¹ Eine ausführliche Beschreibung dieser Gesellschaft in Marstaller (1985, 1986).

5.2.2. Lokale Luftverunreinigung

Die Begrenzung der lokalen Luftverunreinigung durch das Düngemittelwerk Steudnitz ist mit der Schadzone 4 charakterisiert, in der sensitive epiphytische Moose fehlen. Da die großräumige Luftverunreinigung relativ weit fortgeschritten ist, kann diese Zone besonders im Bereich der Hochflächen nicht mehr genau abgegrenzt werden.

Durch lokale Lee-Effekte kommen auch innerhalb dieser Schadzone zwischen Steudnitz und Wichmar nahe der Saaleaue im Schutz der Ufergehölze und lichten Hangwäldchen in verarmter Ausbildung das *Syntrichietum pulvinatae*, spärlicher das *Leskeetum polycarpae* vor.

5.2.3. *Syntrichietum pulvinatae* Peciar 1965

Das *Syntrichietum pulvinatae* gehört zu den Orthotrichetalia-Gesellschaften, die gegenüber Luftverunreinigung weniger sensitiv sind. Als schwach thermophytische Assoziation besitzt sie in Thüringen noch relativ weite Verbreitung (vgl. Marstaller 1985). Im Raum Steudnitz konnte nur das frischliebende *Syntrichietum pulvinatae leskeetosum polycarpae* Marstaller 1985 etwas häufiger angetroffen werden (Tab. 10). Ein Vergleich mit entsprechenden, nur der großräumigen Luftverunreinigung ausgesetzten Vorkommen in anderen Teilen Thüringens zeigt, daß im Immissionsgebiet von Steudnitz die Bestände beträchtlich verarmt sind. Die sensitiven Orthotrichetalia-Moose, insbesondere jedoch die Blattflechten, gehen prozentual zurück, damit auch die mittlere Artenzahl, während die unspezifischen, weniger sensitiven Begleiter unter den Moosen ihren relativen Anteil stark erhöhen (Tab. 11). Das *Syntrichietum pulvinatae typicum* konnte nur in 2 Beständen erfaßt werden und läßt keine gesicherten Aussagen über eine Strukturänderung zu.

5.2.3. *Leskeetum polycarpae* Peciar 1965

Diese oft an Gewässerrändern und luftfeuchten, meist stärker beschatteten Standorten vorkommende Gesellschaft konnte ebenfalls an wenigen Stellen im Immissionsgebiet nachgewiesen werden (Tab. 10). Sie ist gegenüber Luftverunreinigung relativ tolerant, dringt am weitesten in Gebiete mit stärkerer Luftverunreinigung ein und gehört deshalb im Hügelland Thüringens noch zu den relativ verbreiteten Gesellschaften (Marstaller 1985). Die wenigen Bestände, die im Immissionsgebiet von Steudnitz anzutreffen waren, zeigen allerdings keine signifikanten Unterschiede zu Normalausbildungen.

5.2.4. *Orthotrichetum fallacis* v. Krusenstjerna 1945

Das *Orthotrichetum fallacis* zählt in der Umgebung von Steudnitz bereits zu den sehr seltenen Gesellschaften. Unmittelbar nordöstlich Würchhausen konnten am Rande des Immissionsgebietes wenige Bestände erfaßt werden, die sich besonders durch hohe Deckungswerte von *Bryum argenteum* und *Ceratodon purpureus* auszeichnen (Tab. 10, Nr. 20–22). Ob diese von Normalausbildungen abweichende Struktur auf Immissionen vom Emittenten zurückzuführen ist oder hier andere anthropogene Faktoren wirken – die Bestände befinden sich direkt an der Straße von Würchhausen nach Döbritschen –, konnte nicht ermittelt werden.

Z u s a m m e n f a s s u n g

Am Beispiel eines Düngemittelwerkes bei Jena konnte die durch Staubbelastung verursachte Strukturänderung der Moosvegetation untersucht werden. In Abhängigkeit von der Intensität der Schadstoffbelastung kommt es im Einflußgebiet des Emittenten zu einer markanten Zonation der Moose und Moosgesellschaften. Detaillierter analysiert wurde die Strukturänderung einiger terrestrischer und epiphytischer Gesellschaften. Dabei fanden die

Tabelle 10. Gesellschaften der Ordnung Orthotrichetalia Hadač in Klika et Hadač 1944

Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Exposition	NW	SW	NW	S	NO	O	SO	SW	O	NO	N	NW	NO	N	NW	SO	W	W	W	S	NW	NW
Neigung [°]	70	70	50	80	70	80	45	70	30	35	40	40	50	80	75	30	85	50	30	20	45	70
Deckung M-Schicht [%]	70	90	80	80	70	80	85	95	95	95	60	80	80	85	80	80	70	50	50	90	85	50
Deckung B-Schicht [%]	90	80	90	85	80	90	90	90	90	85	85	90	70	85	90	90	80	80	90	90	70	80
Phorophyt	Qu	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	A	M	Qu	F	F	F	M	F	M	M	M
Kennart des Syntrichietum pulvinatae:																						
<i>Tortula virescens</i>	2	2	2	2	3	4	4	2	2	3	2	3	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Kennart des Leskeetum polycarpae:																						
<i>Leskea polycarpa</i>	+	3	2	2	3	2	1	1	3	2	3	.	.	+	2	4	4	1	3	.	+	.
Kennart des Orthotrichetum fallacis:																						
<i>Orthotrichum pumilum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	1	+
Begleiter, Moose:																						
<i>Bryum flaccidum</i>	2	+	3	1	1	+	1	+	2	1	1	2	1	4	3	3	2	.	2	3	+	.
<i>Amblystegium serpens</i>	+	2	2	2	.	.	.	.	.	+	+	2	.	.	3	+	.	1	.	+	1	+
<i>Homalothecium sericeum</i>	.	.	.	.	.	.	+	4	+	3	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.
<i>Ceratodon purpureus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	3	.	2	1	3
<i>Hypnum cupressiforme</i>	.	.	.	.	.	.	+	.	.	+	1	.	.	+	.	.	.	.	+	.	.	.
<i>Brachythecium velutinum</i>	.	.	+	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	2	.	1	.	.	.	.
<i>Bryum argenteum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	2	+
<i>Tortula subulata</i>	.	+	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Amblystegium juratzkanum</i>	.	.	+	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Begleiter, Flechten:																						
<i>Physcia orbicularis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	+	2	3	.

Nr. 1–13: Syntrichietum pulvinatae Peciar 1965, Nr. 1–11: -leskeetosum polycarpae Marstaller 1985, Nr. 12–13: -typicum. Nr. 14–19: Leskeetum polycarpae Peciar 1965. Nr. 20–22: Orthotrichetum fallacis v. Krus. 1945. Nr. 1–10, 12, 14–17: Zwischen Steudnitz und Wichmar 0,5–1,0 km vom Emittenten. Nr. 1: *Orthotrichum diaphanum* 3. Nr. 13: *Bryoerythrophyllum recurvirostrum* +. Nr. 11, 13, 18–22: no Würchhausen unmittelbar am Dorfrand 1,7 km vom Emittenten. Nr. 20: *Tortula muralis* 1. F = *Fraxinus excelsior*, Qu = *Quercus robur*, A = *Acer campestre*, M = *Malus domestica*.

Tendenzen der Verarmung von Moosgesellschaften, für das Aloiinetum rigidae genauer dargestellt, und einige Aspekte der großräumigen und lokalen Luftverunreinigung am Beispiel von Epiphytengesellschaften besondere Berücksichtigung.

Tabelle 11. Veränderung der Struktur von Kryptogamengruppen des Syntrichietum pulvinatae

	Ausbildung des Syntrichietum pulvinatae in der Normalzone	Ausbildung des Syntrichietum pulvinatae 0,6 bis 1,5 km no vom Emittenten
Zahl der Aufnahmen	24	11
Strukturveränderungen		
1. Orthotrichetalia-Arten	48 0/0	36 0/0
2. Begleiter, Moose	39 0/0	62 0/0
3. Begleiter, Flechten	6 0/0	5 0/0

Berechnungsgrundlagen: Tab. 10 und 24 Aufn. des Syntrichietum pulvinatae leskeetosum polycarpae in Marstaller (1985).

S c h r i f t t u m

- Beijersbergen, J., und H. J. During: Mossen op de Hompelvoet in de Grevelingen, ZW-Nederland. Lindbergia **6** (1980) 147-153.
- Bergner, K.: Die Leipziger Moosflora von Hedwig bis zur Gegenwart. Sitzungsber. naturforsch. Ges. Leipzig **60-62** (Abh.) (1937) 8-60.
- Bernau, K.: Die Laubmoose der Umgebung von Halle a. S. Z. Naturwiss. **85** (1914) 245-266.
- Bernau, K.: Die Moosflora der Umgebung von Halle a. S. Hedwigia **57** (1916) 215-232.
- Bornkamm, R.: Vegetation und Vegetationsentwicklung auf Kiesdächern. Vegetatio **10** (1961) 1-24.
- Cásas Sicart, C.: Aportaciones a la flora briológica Cataluña. Anales Inst. Bot. A. J. Cavanilles **16** (1958) 121-226.
- Corley, M. F. V., A. C. Crundwell, R. Düll, M. O. Hill and A. J. E. Smith: Mosses of Europe and the Azores; an annotated list of species, with synonyms from the recent literature. J. Bryol. **11** (1981) 609-689.
- Doll, R.: Das Große Wiensoll bei Parchim (Mecklenburg). Wiss. Z. Univ. Rostock, math.-nat. R. **20** (1971) 53-59.
- Doll, R.: Die Moosvegetation des Sonnenbergs und der Ruhner Berge im Kreis Parchim. Gleditschia **8** (1981) 231-288.
- Engel, H.: Die Trümmerpflanzen von Münster. Natur und Heimat (Münster) **9** (1949) 1-12
- Garcke, A.: Flora von Halle, 2. Theil Cryptogamen. Berlin 1856.
- Hahn, G.: Die Moosflora des Hainberges und der anliegenden Wälder, sowie einige andere floristische Mitteilungen. Jahresber. Ges. Freunden Naturwiss. Gera **49-50** (1906/07) 50-66.
- Hanf, M.: Die natürliche pflanzliche Erstbesiedlung von Abraumhalden. Z. Naturwiss. Ver. Sachsen und Thüringen **91** (2) (1937) 35-56.
- Heinrich W.: Über den Einfluß von Luftverunreinigungen auf Ökosysteme. III. Beobachtungen im Immissionsgebiet eines Düngemittelwerkes. Wiss. Z. Univ. Jena, Naturwiss. R. **33** (1984) 251-289.
- Hiby, P., und C. Petruck: Die Wettermoosgesellschaft (Funarietum hygrometricae) im Naturschutzgebiet Heiliges Meer. Natur und Heimat (Münster) **32** (1972) 94-95.
- Hübschmann, A. v.: Kleinmoosgesellschaften extremer Standorte. Mitt. Flor.-soz. Arbeitsgem., N. F. **6/7** (1957) 130-146.

- Hübschmann, A. v.: Über die Moosgesellschaften und das Vorkommen der Moose in den übrigen Pflanzengesellschaften des Moseltales. *Schr.-R. für Vegetationsk.* 2 (1967) 63–121.
- Hübschmann, A. v.: Moosgesellschaften des nordwestdeutschen Tieflandes zwischen Ems und Weser. II. Teil: Erdmoos-Gesellschaften. *Herzogia* 3 (1975) 275–326.
- Klemm, C.-L.: Beiträge zur bryologischen Erforschung Mecklenburgs. Die Kreise Grevesmühlen und Gadebusch. *Arch. Freunde Naturg. Mecklenb.* 23 (1983) 134–169.
- Klimatologische Normalwerte für das Gebiet der Deutschen Demokratischen Republik (1901–1950). Berlin 1955, 1961, 1978.
- Krahmer, B.: Die Moose der Umgebung Arnstads und der benachbarten Teile des Thüringer Waldes. *Mitt. Thür. Bot. Ver., N. F.* 40 (1931) 20–42.
- Krüger, E.: Die Moosflora der Umgebung von Eisenach. *Hercynia* 3 (1944) 345–313.
- Kükenthal, G.: Verzeichnis der Moose im ehemaligen Herzogtum Coburg. *Coburger Heimatkunde und Heimatgeschichte*. I. Teil, Heft 6. Coburg 1954.
- Kühner, E., G. Schädlich und L. Verch: Beiträge zur Moosflora Mecklenburgs. VII. Die Insel Rügen. *Wiss. Z. Univ. Rostock, math.-nat. R.* 17 (1968) 355–381.
- Lecointe, A., et M. Provost: Étude de la végétation du Mont Pinçon (Calvados). *Mém. Soc. Linnéenne de Normandie, N. S. Sect. Bot.* 3 (1970) 1–218.
- Liebe, K. T., und M. Führbringer: Verzeichnis der in den Jahren 1863–1865 in der Umgebung Geras neu aufgefundenen Kryptogamen, nebst Angabe neuer Standorte für einige seltene Arten. *Jahresber. Ges. Freunden Naturwiss. Gera* 7 (1864) 36–41.
- Magnée, C.: La flore et la végétation bryophytique du Domaine de l'université de Liège au Sart Tilman de ses abords. *Lejeunea, N. S.* 46 (1968) 1–122.
- Marstaller, R.: Die Bryophytengesellschaften der Jenaer Umgebung – eine Übersicht. 4. Beitrag zur Moosvegetation Thüringens. *Wiss. Z. Univ. Jena, Math.-Nat. R.* 29 (1980 a) 89–108.
- Marstaller, R.: Die Moosgesellschaften des Verbandes Phascion mitriformis Waldheim 1947. 7. Beitrag zur Moosvegetation Thüringens. *Feddes Repert.* 91 (1980 b) 363–387.
- Marstaller, R.: Die Moosgesellschaften des Naturschutzgebietes „Leutratal“ bei Jena. 5. Beitrag zur Moosvegetation Thüringens. *Veröff. Mus. Stadt Gera. Naturwiss. R.* 9 (1981) 41–66, 10 (1984) 11–25.
- Marstaller, R.: Die Moosgesellschaften des Naturschutzgebietes „Borntal“ bei Schirnnewitz, Kreis Jena. 14. Beitrag zur Moosvegetation Thüringens. *Arch. Natursch. Landschaftsforsch.* 23 (1983) 193–207.
- Marstaller, R.: Die Moosgesellschaften der Ordnung Orthotrichetalia Hadač. In: Klika et Hadač 1944. 19. Beitrag zur Moosvegetation Thüringens. *Gleditschia* 13 (2) (1985) 311–355.
- Marstaller, R.: Die Moosgesellschaften der Verbände Dicrano-Hypnion filiformis Barkman 1958 und Antitrichion curtispindulae v. Krusenstjerna 1945. 20. Beitrag zur Moosvegetation Thüringens. *Gleditschia* 14 (1) (1986) 197–225.
- Meinunger, L.: Liste der in Thüringen vorkommenden Moose mit Angaben über die Gefährdung und Gedanken zu ihrem Schutz. *Landschaftspflege Natursch. Thüringen* 20 (1983) 61–84.
- Melik, H. v.: Enige notities over de mosvegetatie van een braakliggende akker in Eindhoven. *Lindbergia* 4 (1978) 307–309.
- Mohan, G.: La flore et la végétation terricole des Bryophytes de la région des volcans de boue (Berca-Policiori), Roumanie. *Feddes Repert.* 85 (1974) 577–586.
- Muhle, H.: Moose als Bioindikatoren. *Adv. Bryol.* 2 (1984) 65–89.
- Neumayr, L.: Moosgesellschaften der südöstlichen Frankenalb und des Vorderen Bayerischen Waldes. *Hoppea, Denkschr. Regensburg. Bot. Ges.* 29 (1, 2) (1971).
- Neumayr, L.: Beitrag zur Moosflora der Juravorkommen bei Straubing unter besonderer Berücksichtigung des Aloinetum rigidae Stodiek 1937. *Naturwiss. Mitt. Kempten/Allgäu* 19 (1975) 23–37.

- Nickl-Navratil, H.: Mooskleingesellschaften der Städte. *Nova Hedwigia* 2 (1960) 425–462.
- Pankow, H., und P. Fischer: Beiträge zur Moosflora Mecklenburgs. V. Die Lewitz. *Wiss. Z. Univ. Rostock, math.-nat. R.* 14 (1965) 511–532.
- Pankow, H., und A. Lindner: Beiträge zur Moosflora Mecklenburgs. II. Das Gebiet zwischen Schilde und Sude. *Wiss. Z. Univ. Rostock, math.-nat. R.* 13 (1964) 595–610.
- Röll, J.: Die Thüringer Torf- und Laubmoose und ihre geographische Verbreitung. II. Systematischer Teil. *Hedwigia* 56 (1915 a) 1–287.
- Röll, J.: Die Torfmoose und Laubmoose der Umgebung von Erfurt. *Jahrb. Königl. Akad. gemeinnütz. Wiss. Erfurt, N. F.* 41 (1915 b) 1–157.
- Schmidt, R., und O. Müller: Cryptogamen-Flora von Gera. I. Hälfte. *Z. ges. Naturwiss.* 11 (1858) 231–261.
- Spindler, M.: Moose des Vogtlandes. *Hedwigia* 52 (1912) 21–64.
- Wirth, V.: Flechtenflora. Stuttgart 1980.

Dr. Rolf Marstaller
Friedrich-Schiller-Universität Jena
Sektion Biologie
Wissenschaftsbereich Ökologie
Neugasse 24
Jena
DDR - 6900

Buchbesprechung

Eccles, J. C., und D. N. Robinson: **Das Wunder des Menschseins – Gehirn und Geist.** München und Zürich: R. Pieper GmbH & Co. KG 1985. 243 S., 36,- DM.

Die spektakulären Erfolge und Durchbrüche auf den verschiedensten Gebieten der Biologie in den vergangenen drei Jahrzehnten sind ganz entscheidend geprägt und ermöglicht worden durch eine streng reduktionistische Betrachtungsweise. Der Reduktionismus besagt, daß eine Wissenschaft (oder eine übergeordnete Stufe) als die Summe der Teile zu verstehen ist, die die untergeordnete Stufe repräsentieren. Wenngleich die überwältigenden Erfolge diese Betrachtungsweise rechtfertigen, existiert nach wie vor die ebenso berechtigte Ansicht des Holismus (Ganzheitslehre), die besagt, daß das Ganze mehr ist als die Summe seiner Teile. Das vorliegende faszinierende Buch ist durch eben diese holistische Betrachtung des Menschen geprägt. Während die Reduktionisten behaupten, daß das Bewußtsein nicht mehr ist als „eine Sekretion des Gehirns“ setzen der Neurobiologe und Nobelpreisträger Sir John C. Eccles und der ebenfalls international sehr bekannte Psychologe Daniel N. Robinson ihre Ansichten in bestechender Weise dagegen. Sie sagen – und es fällt nicht schwer dieser Meinung zuzustimmen – daß der Mensch wesentlich mehr ist als ein biologischer, denkender Roboter. Eccles und Robinson spannen den großen Bogen von den Ursprüngen des Lebens auf der Erde bis hin zur Evolution des Bewußtseins. Im Mittelpunkt steht allerdings der Mensch als Produkt einer zweifachen Evolution: der genetischen und der kulturellen. Nicht selten verlassen die Autoren den Boden des gesicherten Wissens, wie z. B. bei den Diskussionen über die Soziobiologie, die menschliche Aggressivität, die Intelligenz und die Individualität. Aber in der Art, wie sie dies tun, liegt eine Stärke des Buches. Fortschritt in der Wissenschaft entsteht ja nicht dadurch, daß man lediglich absolut gesichertes Wissen summiert, sondern durch die Entwicklung neuer Ansichten und Hypothesen auf der Grundlage des gesicherten Wissens. Und dies tun die Autoren in ihrem streitbaren und aufregenden Buch.

R. Piechocki jun.