

Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde

Serie A (Biologie)

Herausgeber:

Staatliches Museum für Naturkunde, Rosenstein 1, D-70191 Stuttgart

Stuttgarter Beitr. Naturk.	Ser. A	Nr. 594	10 S.	Stuttgart, 10. 8. 1999
----------------------------	--------	---------	-------	------------------------

Welche Faktoren bestimmen das Vorkommen von Hornmoosen (Anthocerotales) in intensiv genutzten Agrarökosystemen des Schweizer Mittellandes?

Which Factors Determine the Occurrence of Hornworts (Anthocerotales) in Intensively Cultivated Agro-Ecosystems of the Swiss Plateau?

Von Irene Bisang, Stockholm

Mit 2 Abbildungen

Summary

Agricultural management strongly influences the population regulation and dynamics of *Anthoceros agrestis* and *Phaeoceros carolinianus*, the two hornworts occurring in Switzerland, at the local and the regional scale. The repeated survey of annual populations of these taxa in 28 selected arable fields over seven years in north-western Switzerland revealed that cropland farming practices are crucial in determining their development as gametophytes. Weather conditions and soil quality appeared to be of subordinate importance for their occurrence in the study area under the currently applied cultivation routines. The diaspore bank probably plays an essential role for their long-term survival. The possibility that hornworts have declined in Central Europe due to increased pH in the substrate resulting from intensified fertilisation is discussed. Appropriate farming methods are proposed to ensure the persistence of hornwort populations in the Swiss Plateau.

Zusammenfassung

Die Entwicklung der Hornmoose *Anthoceros agrestis* und *Phaeoceros carolinianus* und deren Populations-Dynamik und -Regulation auf lokaler und regionaler Ebene werden durch die gängigen Ackerbaumethoden, wie sie in weiten Teilen der Schweiz praktiziert werden, wesentlich beeinflusst. Eine Untersuchung in 28 ausgewählten Äckern im Schweizer Mittelland über sieben Jahre belegt den entscheidenden Einfluss der Bewirtschaftung auf ihr Auftreten als Gametophyten. Witterungsbedingungen und physikalische Bodenfaktoren haben im Rahmen der gegenwärtigen landwirtschaftlichen Praxis eine untergeordnete Bedeutung für ihr Vorkommen im Untersuchungsgebiet. Die Sporenbank dürfte für das längerfristige Überleben der beiden Sippen eine wichtige Rolle spielen. Die Möglichkeit eines Rückgangs von Hornmoosen in Mitteleuropa infolge einer Erhöhung des Substrat-pH durch die intensivierte Düngung wird diskutiert. Anbaumethoden, welche die Erhaltung der Populationen im Gebiet sicherstellen sollen, werden vorgeschlagen.

Inhalt

1. Einleitung; die untersuchten Arten	2
2. Untersuchungsgebiet und Methoden	3
3. Ergebnisse und Diskussion	4
4. Bedeutung der Diasporenbank	7
5. Schlussfolgerungen	8
6. Dank	9
7. Literatur	9

1. Einleitung; die untersuchten Arten

Die beiden Vertreter der systematisch isoliert stehenden Gruppe der Hornmoose (cf. SCHOFIELD 1985) in der Schweiz, *Anthoceros agrestis* Paton und *Phaeoceros carolinianus* (Mich.) Prosk., sind in gemäßigten Breiten weltweit verbreitet (SCHUSTER 1992). Während ersterer vorwiegend auf der nördlichen Hemisphäre auftritt, ist der zweite subkosmopolitisch verbreitet. Ihr europäisches Areal erstreckt sich vom Mittelmeergebiet bis ungefähr 60°N, *Phaeoceros* kommt ausserdem auf Island in der Umgebung heisser Quellen vor. Die Gametophyten der beiden Sippen sind in Mittel- und Nordeuropa im allgemeinen einjährig, da sie die Winter vor allem durch Frosteinwirkung kaum überleben. Sie wachsen hier vorzugsweise – *Anthoceros agrestis* fast ausschließlich – in Äckern, meist in Getreideäckern (KOPPE 1955, BISANG 1992). Ackerland wird regelmäßig, oft jährlich, umgebrochen, und ist somit als Standort vergänglich und nur vorübergehend verfügbar. Der Lebenszyklus der Hornmoose und anderer Acker-Moose verläuft nach dem Typ der ‘annual shuttle species’ [DURING 1979; VON FREY & KÜRSCHNER (1991) ‚einjähriger Pendler‘ genannt]. Die annual-shuttle-Strategie ist gekennzeichnet durch die ephemere Lebensdauer der Gametophyten, großen Aufwand für die früh einsetzende, meist sexuelle Fortpflanzung und die Produktion großer, langlebiger Sporen (‘life strategy’ sensu DURING 1979). Diese Eigenschaften werden als Anpassung an den Standort verstanden, der im vorliegenden Fall durch Klima und Bewirtschaftung bedingt nur kurzfristig aber regelmäßig wiederkehrend zur Verfügung steht (LONGTON 1997).

Ein Vergleich von Literaturangaben und Aufsammlungen in Herbarien aus der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts mit den Ergebnissen von neueren Nachsuchen im Gelände lässt auf einen Rückgang der beiden Arten, vorab von *Phaeoceros carolinianus*, in der Schweiz schließen (BISANG 1992, 1997). Letzterer wird in der Roten Liste der Moose der Schweiz (URMI et alii 1992) als ‚vom Erlöschen bedroht‘ (E) eingestuft, übereinstimmend mit der Situation in anderen Ländern Mitteleuropas, in denen er ebenfalls als stark gefährdet erachtet wird (cf. LUDWIG et alii 1996, SAUKEL 1986). Der negative Einfluss gängiger landwirtschaftlicher Praxis auf verschiedenste Organismen als Folge der seit den 40er Jahren stattfindenden umfassenden Intensivierung im Agrarsektor ist eine allgemein anerkannte Tatsache (THOMET & THOMET-THOUTBERGER 1991, TIVY 1993).

Zwar ist der Rückgang zahlreicher an Kulturland gebundener Moose dokumentiert, doch liegen nur vereinzelte Untersuchungen über die betreffenden Mechanismen und Prozesse vor. Lediglich die Wirkung von Agrochemikalien auf einzelne Moose wurde in den letzten Jahrzehnten im Detail studiert (siehe Übersicht in BROWN 1992). Darüber hinaus ist wenig bekannt über die Konsequenzen anderer als chemischer moderner Anbaumethoden für die Moosflora und über die Bedeutung

weiterer Faktoren, so zum Beispiel Standortqualität oder Witterungseinflüsse, in diesem Zusammenhang. Solche Kenntnisse sind jedoch nötig, wenn die gefährdeten Arten in den Agrarökosystemen erhalten bleiben sollen.

2. Untersuchungsgebiet und Methoden

Das Klima des Untersuchungsgebietes in der Umgebung von Bern im Schweizer Mittelland (Abb. 1) ist feucht-gemäßigt, mit Mitteltemperaturen von 0 bis -2°C in Januar, 17 bis 18°C im Juli, und einem Jahresniederschlag von 900 bis 1200 mm. Es ist die landwirtschaftlich am intensivsten bewirtschaftete Region der Schweiz. Der Ackerbau wird weitgehend nach konventionellen Methoden betrieben, er ist intensiv sowohl hinsichtlich der Flächennutzung, wie des Einsatzes von Maschinen und Chemikalien, und erfolgt auf hohem technischen Niveau. Traditionell wird Fruchtwechsel praktiziert, das heißt Brotgetreide, Kartoffeln, Runkelrüben und seit dem Zweiten Weltkrieg auch Mais, alternieren mit Kunstwiesen zur Gras- und Heugewinnung und gelegentlich mit Weiden. Flächenmäßig am bedeutendsten sind Weizen-,

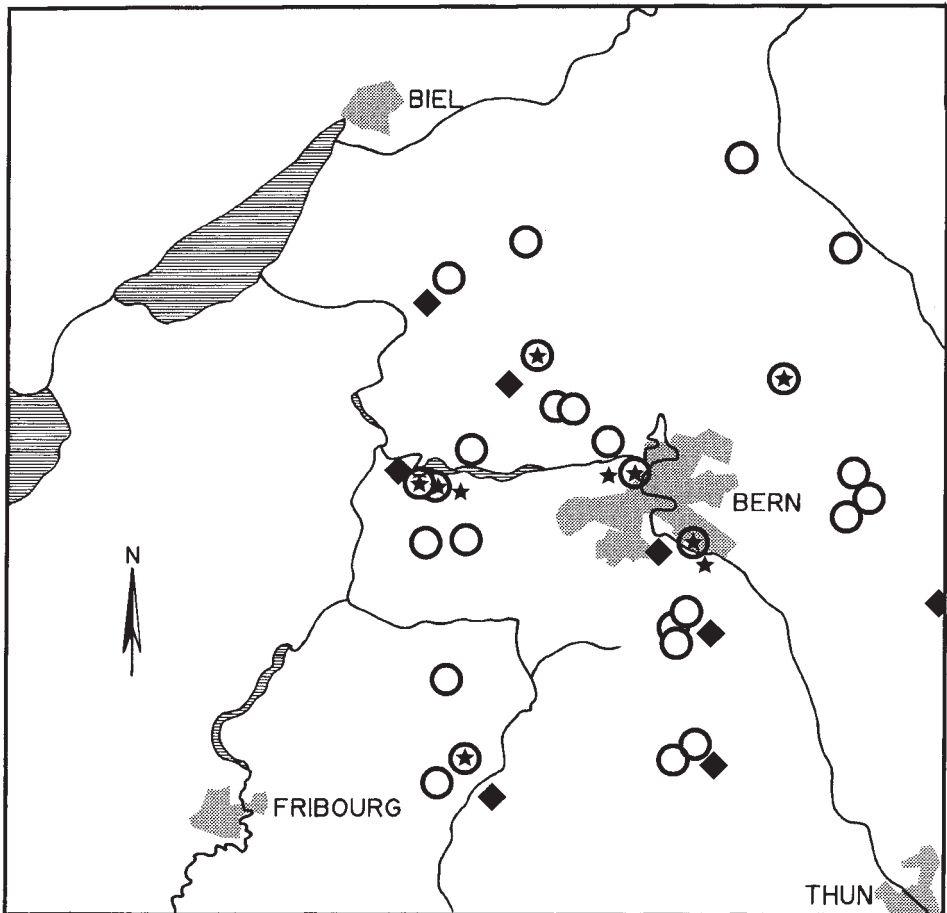


Abb. 1. Die Lage der Untersuchungsfelder (○), der berücksichtigten meteorologischen Stationen (◆) und der Lokalitäten, an denen Bodenproben entnommen wurden (★) im Schweizer Mittelland.

Mais, und Kartoffelanbau und Futterwiesen. Geerntet wird heute, verglichen mit der ersten Jahrhunderthälfte, deutlich früher: zum Beispiel das Getreide im Juli oder zeitig im August, oder Kartoffeln von Juli bis September.

Meine Erhebungen haben zum Ziel, das Auftreten und die Entwicklung der beiden Hornmoose *Anthoceros agrestis* und *Phaeoceros carolinianus* unter dem Einfluss der gängigen Bewirtschaftung zu studieren, Zusammenhänge zu Witterungsbedingungen und Bodeneigenschaften zu prüfen, und allenfalls Modifikationen in den Anbaumethoden vorzuschlagen, die das Überleben der Sippen im Schweizer Mittelland sicherstellen sollen. Ausgangspunkt ist ein Vergleich der früheren mit der gegenwärtigen Verbreitung der Arten in der Schweiz (BISANG 1992; siehe Einleitung). Ab 1989 wurden in ausgewählten Äckern, in denen ich eine oder beide Hornmoosarten in den Jahren zuvor festgestellt hatte, verschiedene Aspekte ihrer Populationsbiologie und Standortfaktoren untersucht. Das Vorkommen und die Verteilung von Hornmoossporen im Diasporen-Reservoir bestimmter Felder wurden geprüft (BISANG 1996). Die Entwicklung einzelner Populationen von der Keimung bis zum Absterben der Gametophyten wurde im Gelände im Detail verfolgt (unpublizierte Daten). Von 1989 bis 1995 habe ich 28 Ackerfelder (vier erst ab 1991) alljährlich im Herbst aufgesucht, um den Zustand und die Ausdehnung der Hornmoos-Populationen, falls vorhanden, zu beurteilen (Abb. 1). Gleichzeitig wurde die aktuelle Form der Bearbeitung der betreffenden Felder gemäß fünf Bewirtschaftungs-Klassen notiert: Getreide (ohne Mais) ohne Einsaaten – zur Zeit der Beobachtung mit einer Ausnahme geerntet, also Stoppelfelder – Mais, Kartoffeln, Runkelrüben und Übrige (Getreide mit Einsaaten, Rotationswiesen, Weiden, selten angebaute Kulturen). Mais und Hackfrüchte wurden für die Auswertung zusammengefasst. Gepflügte Felder wurden jeweils ausgeschlossen, da die Hornmoos-Gametophyten den Umbruch nicht überleben. Die Hornmoos-Vorkommen jedes Jahres wurden verglichen mit Niederschlagsdaten der jeweils nächstgelegenen Regen-Messstation und mit Werten für Temperatur und relativer Luftfeuchtigkeit von der zentral gelegenen meteorologischen Station Bern-Liebefeld [SMA 1989–1995; Jahres- und Sommer (Juni bis September)-Mittelwerte, absolut und Abweichung vom langjährigen Mittel 1901–1960] (Abb. 1: Rhomben). Im Herbst 1992 habe ich in sieben Äckern, in denen eine oder beide Arten wuchsen, und gleichzeitig in drei unmittelbar benachbarten Feldern ohne Hornmoose, Bodenproben entnommen und die folgenden Bodenfaktoren analysiert: Bodentextur (Anteil an Grob-, Feinsand, Schluff, Ton), Porenvolumen, Gehalt an organischem Material, maximale Wasserkapazität, Wassergehalt zur Zeit der Probenentnahme und pH-Wert (Abb. 1: Sterne). Weitere Details zu Erhebungsmethoden und statistischer Auswertung finden sich in BISANG (1998).

3. Ergebnisse und Diskussion

Die wiederholten Erhebungen in den ausgewählten Äckern ergab einen deutlichen und statistisch gesicherten Zusammenhang zwischen Bewirtschaftungsform und dem Auftreten von *Anthoceros agrestis* und *Phaeoceros carolinianus* im Schweizer Mittelland (BISANG 1998). In unbearbeiteten Stoppelläckern ohne Einsaat wurden regelmäßig gut entwickelte Hornmoos-Populationen angetroffen (Abb. 2). In 18 Stoppelfeldern mit Einsaaten hingegen konnte ich *Anthoceros* lediglich fünfmal und *Phaeoceros* nie beobachten. In Mais- und Hackfrucht-Äckern oder anderweitig

	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
1	A	—	—	—	—	—	—
2	—	A □	—	AP	—	A	P □
3	—	—	—	A □	A □	—	—
4	—	—	—	A □	—	—	A □
5	A □	A	A	—	—	—	—
6	—	—	A □	—	A □	—	—
7	—	—	—	—	—	—	—
8	/	/	A □	A □	A	—	—
9	—	—	—	—	—	A	—
10	—	AP	A	AP	A	A	AP
11	/	/	AP	AP	A	A	A
12	A □	—	—	—	—	—	—
13	—	—	—	—	—	—	—
14	A	A	—	—	—	—	—
15	—	—	—	—	—	—	—
16	A	—	—	A	A	—	—
17	—	—	—	—	—	—	A □
18	—	A	—	A	A	A □	—
19	A	—	—	—	—	A	A □
20	A	—	—	—	—	—	—
21	—	—	—	—	A	A	—
22	A	—	—	A	A	—	A
23	—	—	—	—	—	—	—
24	A	—	A □	—	—	A □	—
25	A	A	—	A □	A	A	A
26	AP	—	—	—	A	—	—
27	/	/	A	A	—	A	—
28	/	/	AP □	AP □	A □	A	AP □

Abb. 2. Das Auftreten von Hornmoosen (A, *Anthoceros agrestis*; P, *Phaeoceros carolinianus*) in den Jahren 1989 bis 1995 in ausgewählten Äckern (nos 1–28) im Schweizer Mittelland in Abhängigkeit von der Bewirtschaftung. – Erklärungen: Dunkelgrau schattiert: Getreidefelder (kein Mais) ohne Einsaat; im Allgemeinen Stoppelfelder zur Zeit der Beobachtung. Hellgrau: andere Bewirtschaftung. Weiß mit Querstrich: gepflügte Felder. Diagonalstrich: keine Beobachtung. □ bedeutet kümmerliche oder nur randlich im entsprechenden Feld entwickelte Populationen.

genutzten Feldern fehlte *Phaeoceros* ebenfalls, und *Anthoceros* war deutlich seltener, und dazu oft spärlich oder nur randlich entwickelt (Abb. 2). *Phaeoceros carolinianus* fand sich – wie auch in den anderen Untersuchungen – insgesamt seltener als *Anthoceros agrestis* (BISANG 1992, 1996, 1998 & unpubliziert). Die Abklärung der präzisen Faktoren und Prozesse, welche die Entwicklung der beiden Arten in Mais-, Kartoffel-, und Rübenäckern und in Feldern mit Einsaaten behindern, verlangt weitere vergleichende oder besser experimentelle Untersuchungen.

Aus meinen Untersuchungen der Populationsentwicklung (unpublizierte Daten) und den Beobachtungen im Laufe des wiederholten Monitorings kann ich die folgenden Schlüsse ziehen: Im Falle der Einsaaten scheinen die Gametophyten bei der Bestellung der Felder direkt mechanisch geschädigt zu werden. Bodenbearbeitung in Kartoffel- und Runkelrüben-Kulturen wie Hacken, Furchenziehen, dürften deren Entwicklung ebenfalls durch mechanische Einflüsse stören. Außerdem ist das relative Lichtangebot im Innern dieser Rüben- und Kartoffeläcker gering, und die Böden sind eventuell verdichtet, so dass möglicherweise die Standortansprüche der Hornmoose nicht erfüllt sind.

Eine ähnliche Kombination von mechanischer Störung und ungünstigen Standortfaktoren liegt wahrscheinlich in modernen Rotations-Wiesen vor. Sie werden zur Gras- und Heugewinnung häufig mit schweren Traktoren und Maschinen befahren, die Pflanzen stehen sehr dicht und es finden sich kaum offenerdige Lücken. Auch im Innern von Maisfeldern ist es gewöhnlich dunkel und die Böden sind sehr kompakt, außerdem könnten hier die höchst dosiert angewendeten Herbizide einen negativen Einfluss ausüben. Offen ist schließlich die Frage, inwieweit Interaktionen und Konkurrenz zwischen den kultivierten Pflanzen und den Moosen eine Rolle spielen.

Auch die Ernte mit Mähreschern beeinflusst den Ablauf der Lebenszyklen der Individuen, und damit die lokale Populationsentwicklung, negativ (BISANG, unpubliziert). Die Gametophyten werden oft so stark geschädigt, dass sie danach innerhalb weniger Tage oder Wochen absterben. Der heutzutage zeitig nach der Ernte durchgeführte Umbruch löscht die Populationen abrupt aus. Beides hat zur Folge, dass pro Population weniger Sporen gebildet und somit auch weniger Sporen als Reservoir in den Boden gelangen.

Im Gegensatz zur Bewirtschaftung konnte zwischen den berücksichtigten klimatischen Faktoren und dem Vorkommen von *Anthoceros agrestis* und *Phaeoceros carolinianus* keine klare Beziehung gefunden werden, auch nicht wenn die beiden Arten separat behandelt wurden. Es gibt lediglich eine (statistisch nicht-signifikante) Tendenz eines höheren Anteils Felder mit Hornmoosen pro Jahr mit steigenden Abweichungen vom langjährigen Mittel für die Juni-Temperaturen und für die relative Luftfeuchtigkeit im Sommer (BISANG 1998). Witterungsbedingungen haben offensichtlich im Untersuchungsgebiet bei der gegenwärtigen landwirtschaftlichen Praxis eine untergeordnete Bedeutung für das Auftreten der Hornmoose. Dies betrifft die Zahl der Vorkommen, und nicht die Ausdehnung und/oder die Entwicklung der Populationen. Es ist außerdem denkbar, dass die Zeitspanne von sieben Jahren nicht ausreicht, um seltenerer, 'katastrophale' Wetterereignisse, wie beispielsweise eine sehr ausgeprägte Sommertrockenheit, einzuschließen, die allenfalls die Moos-Vorkommen beeinträchtigen könnte. In früheren qualitativen Untersuchungen in Deutschland wurde auf einen entscheidenden Einfluss der Witterung auf die Ackermoosvegetation geschlossen (FRAHM 1970, AHRENS 1992; siehe aber BISANG 1998).

Hornmoose reagieren empfindlich gegen Austrocknung (zum Beispiel SCHUSTER

1992). Ich habe deshalb Bodenparameter studiert, die potentiell einen Einfluss haben auf die Feuchtigkeit im Oberflächen-Boden und in den bodennahen Luftschichten. Faktoren der Boden-Textur und -Struktur bestimmten im Wesentlichen die Wasseranteile, die perkolieren oder zurückgehalten werden. Bei allen untersuchten Böden handelt es sich um sandig-lehmige, neutrale oder subneutrale (pH 6.0–7.1), mittel-humose, mäßig durchlässige Böden. Lehm Böden sind im allgemeinen gut durchlüftet, und verfügen über eine ausgeglichene Balance zwischen Wasserführung und Wasserhaltevermögen und eine gute Nährstoffverfügbarkeit; kurz es handelt sich um Böden, die sich ausgesprochen gut für Ackerbau eignen. Für keinen der untersuchten Bodenfaktoren wurde ein statistischer Unterschied gefunden zwischen Feldern mit und solchen ohne Hornmoose (BISANG 1998). Ich bin mir bewusst, dass der geringe Proben-Umfang keine endgültigen Schlüsse über den Zusammenhang von Bodeneigenschaften und dem Auftreten von Hornmoosen zulässt. In einem größeren Untersuchungsmaßstab, oder auch bei Einbezug weiterer Parameter, mögen gewisse Bodentypen die Entwicklung von Hornmoosen ausschließen. Für die regionale Ebene des Untersuchungsgebiets jedoch bedeuten die Ergebnisse, dass den Ackerbaumethoden eine entscheidendere Bedeutung zukommt als der Bodenqualität.

In Südschweden kommen die beiden Sippen im Phascion vor, das offenerdige Standorte besiedelt und dessen optimaler pH-Bereich sich von 6.1–7.7 erstreckt (WALDHEIM 1947). Sie fehlen in entsprechenden acidophytischen Vergesellschaftungen des Polytrichion mit einem pH-Optimum 4.8–6.0. Die pH-Werte in Hornmoos-Äckern des Schweizer Mittellandes stimmen somit gut mit WALDHEIM'S (1947) Angaben überein. Im Gegensatz dazu fand KÜHNER (1971) die Sippen in Nordostdeutschland vorwiegend auf saureren Substraten mit einem durchschnittlichen pH von 5.5 (4.8–6.2). Es ist bekannt, daß für Pflanzenarten mit einem Areal, das klimatisch unterschiedliche Gebiete umfasst, ein Biotopwechsel eintreten kann (,relative Standortkonstanz', zum Beispiel WALTER 1979). Die Frage, ob Hornmoose – vorab *Phaeoceros carolinianus* – wegen einer allgemeinen Erhöhung des Substrat-pH's infolge intensiverer Düngung durch die landwirtschaftliche Praxis oder via Atmosphäre seltener geworden ist (MANTHEY, mündliche Frage), lässt sich mit den vorhandenen Daten nicht schlüssig beantworten. KÜHNER (1971) fand außerdem ein ausgesprochenes pH-Optimum für die Keimung und das Protonema-Wachstum von *Phaeoceros carolinianus* um pH 6, und einen raschen Abfall der Keimungsrate bei höheren Werten. Möglicherweise werden nicht die adulten Gametophyten durch umweltinduzierte pH-Veränderungen beeinträchtigt, sondern die Juvenilpflanzen.

4. Bedeutung der Diasporenbank

Klimatische Bedingungen und Ackerbaumethoden haben zur Folge, dass passende Standorte für Hornmoose in Mitteleuropa nur vorübergehend vorhanden sind. Wie können Populationen unter solchen Voraussetzungen längerfristig überleben? Sie können einerseits mittels spezieller Ausbreitungseinheiten räumlich an Orte mit geeigneten Standortsbedingungen ausweichen. Moose breiten sich mittels Sporen oder ungeschlechtlich gebildeten Diasporen, zum Beispiel spezifische Brutkörpern oder Gametophyt-Fragmenten, aus. Diese Ausbreitungseinheiten, insbesondere die vegetativen, sind oft relativ groß und werden von zahlreichen Arten nahe an

der Bodenoberfläche gebildet. Dies gilt auch für die Sporen der Hornmoose, weshalb ihre Chance zur Ausbreitung über größere Distanzen gering ist. Außerdem wurde gezeigt, dass die erfolgreiche Keimung einer Moosspore und deren Etablierung als Population an einem neuen Ort selten sind (cf. LONGTON & SCHUSTER 1983).

Andererseits können Populationen dauerhafte Diasporen bilden und mit diesen unvorteilhafte Situationen überbrücken. Dies kommt einem zeitlichen Entweichen gleich, und bedeutet eine andere mögliche Strategie, das Aussterberisiko bei wiederholt auftretenden ungünstigen Wuchsbedingungen zu verringern (DURING 1997). Das Ausbilden und ‚Speichern‘ von langlebigen Diasporen (Diasporenbank) geht letztlich auf Kosten des Populationswachstums, indem in günstigen Phasen anderweitig als in Wachstum, nämlich in Überdauerungseinheiten, investiert wird. Für beide einheimischen Hornmoos-Arten konnte ein Diasporen-Reservoir nachgewiesen werden (BISANG 1996). Auch hatte PROSKAUER (1958) bereits früher auf die Langlebigkeit (bis siebenjährig) der Sporen von *Phaeoceros laevis* (L.) Prosk. s.l. hingewiesen. Abb. 2 zeigt, dass Hornmoose in einzelnen Feldern erneut auftreten, auch wenn sie während mehrerer Jahre zuvor nicht beobachtet wurden (zum Beispiel *Phaeoceros carolinianus* in den Feldern nos. 2 oder 10 nach jeweils drei Jahren). Sie überdauern Perioden unangemessener Bearbeitung in der Diasporenbank, welche somit entscheidend ist für das lokale Überleben der beiden Sippen. Populations-Systeme, in denen einzelne lokale Populationen lange genug fortbestehen – oft mit stark eingeschränktem Verlauf des Lebenszyklus (wie im vorliegenden Beispiel in Form von Diasporen) – um die ungünstigen Umstände zu überbrücken und so dem Aussterben zu entgehen, werden als ‘remnant population systems’ bezeichnet (ERIKSSON 1996).

5. Schlussfolgerungen

Ich habe ausgeführt, dass die Form der Bewirtschaftung eine wesentliche Rolle spielt, ob *Anthoceros agrestis* und *Phaeoceros carolinianus* in einem bestimmten Acker des Schweizer Mittellandes als Gametophyten überhaupt auftreten. Sie bestimmt weitgehend die Verfügbarkeit passender Standorte auf der regionalen Ebene. Eine spontane Ausbreitung via Sporen zwischen Feldern plus eine anschließende erfolgreiche Etablierung sind wahrscheinlich sehr seltene Ereignisse. Die Dynamik der Populationen auf der Ebene der Landschaft und damit auch das Verbreitungsbild hängen zumindest heute weitgehend von der landwirtschaftlichen Praxis ab. Die Ackerbaumethoden beeinflussen auch den individuellen Ablauf der Lebenszyklen und damit die Populationsentwicklung auf lokalem Niveau. Eine unmittelbare Schädigung der gametophytischen Population bedeutet auch, dass weniger Sporen gebildet werden, und das Sporenreservoir folglich nicht entsprechend aufgefüllt wird. Längerfristig führt dies selbst bei langlebigen Sporen zu einer Verarmung der Diasporenbank, was die lokalen Überlebenschancen der Sippen verringert. Die beiden Hornmoose sind in Mitteleuropa weitgehend an Ackerland gebunden. Eine angemessene Bewirtschaftung ist eine wichtige und notwendige Voraussetzung für ihre längerfristige Erhaltung. Da die Sporen der untersuchten Sippen (glücklicherweise) dauerhaft sind und ungünstige Bedingungen im Boden überdauern können, braucht es dazu keine flächendeckenden Veränderungen der gegenwärtigen Praxis.

Das Folgende sollte zur Erhaltung von Hornmoospopulationen im Schweizer Mittelland berücksichtigt werden: In gewissen Gebieten, beispielsweise in ausgewählten Äckern oder in Form von Ackerrandstreifen, allenfalls im Rahmen der konventionellen Fruchtwechselwirtschaft, sollte

- a) Getreide angebaut,
- b) im Spätherbst umgebrochen,
- c) auf schwere Maschinerie und häufige mechanische Bearbeitung verzichtet, und
- d) der Einsatz von Agrochemikalien eingeschränkt werden.

6. Dank

Ich danke den Organisatoren der Jubiläums-Tagung der „Bryologisch-Lichenologischen Arbeitsgemeinschaft für Mitteleuropa“ (BLAM) für die Einladung, L. HEDENÄS (Stockholm) für technische Hilfe und L. LIENHARD (Biel) für seine geduldige und liebenswürdige Unterstützung bei der Feldarbeit.

7. Literatur

- AHRENS, M. (1992): Die Moosvegetation des nördlichen Bodenseegebietes. – Dissert. Bot. **190**: 1–681; Berlin & Stuttgart.
- BISANG, I. (1992): Hornworts in Switzerland – endangered? – Biol. Conserv. **59**: 145–149; Great Yarmouth.
- (1996): Quantitative analysis of the diaspore banks of bryophytes and ferns in cultivated fields in Switzerland. – Lindbergia **21**: 9–20; Lund.
 - (1997): *Phaeoceros carolinianus*, Populationen nos 9, 10, 65, 140. – In: BUWAL (Hrsg.): Dokumentation zur Schriftenreihe Umwelt Nr. 265: 142 Populationsblätter + Begleittext; Bern (EDMZ).
 - (1998): The occurrence of hornwort populations (Anthocerotales, Anthocerotopsida) in the Swiss Plateau: The role of management, weather conditions and soil characteristics. – Lindbergia **23**: 94–104; Lund.
- BROWN, D. H. (1992): Impact of agriculture on bryophytes and lichens. – In: BATES, J. W. & A. M. FARMER (eds.): Bryophytes and lichens in a changing environment – Pp. 259–283; Oxford (Clarendon Press).
- DURING, H. J. (1979): Life strategies of bryophytes: a preliminary review. – Lindbergia **5**: 2–18; Kopenhagen.
- (1997): Bryophyte diaspore banks. – Advances in Bryology **6**: 103–134; Stuttgart.
- ERIKSSON, O. (1996): Regional dynamics of plants: a review of evidence for remnant, source-sink and metapopulations. – Oikos **77**: 248–258; Kopenhagen.
- FRAHM, J. P. (1970): Ein Beitrag zu den Ackermoosgesellschaften Schleswig-Holsteins. – Herzogia **1**: 367–375; Lehre.
- FREY, W. & H. KÜRSCHNER (1991): Lebensstrategien von terrestrischen Bryophyten in der Judäischen Wüste. – Bot. Acta **104**: 172–182; Stuttgart & New York.
- KOPPE, F. (1955): Moosvegetation und Moosgesellschaften von Altötting in Oberbayern. – Feddes Repert. **58**: 92–144; Berlin.
- KÜHNER, E. (1971): Soziologische und ökologische Untersuchungen an Moosen mecklenburgischer Ackerböden. – Feddes Repert. **82**: 449–560; Berlin.
- LONGTON, R. E. (1997): Reproductive biology and life-history strategies. – Advances in Bryology **6**: 65–101; Stuttgart.
- LONGTON, R. E. & R. M. SCHUSTER (1983): Reproductive biology. – In: SCHUSTER, R. M. (ed.): New manual of bryology. – Vol. 1: 386–462; Nichinan (Hattori Bot. Lab.).
- LUDWIG, G., R. DÜLL, G. PHILIPPI, M. AHRENS, S. CASPARI, M. KOPERSKI, S. LÜTT, F. SCHULZ & G. SCHWAB (1996): Rote Liste der Moose (Anthocerophyta et Bryophyta) Deutschlands. – Schriftenr. Vegetationskde. **28**: 189–306; Bonn.
- PROSKAUER, J. (1958): Nachtrag zur Familie der Anthocerotaceae. – In: RABENHORST's Kryp-

- togamenflora von Deutschland, Österreich und der Schweiz. – 3. Auflage, Vol. 6 (2): 1303–1319; Leipzig.
- SAUKEL, J. (1986): Rote Liste gefährdeter Lebermoose (Hepaticae) Österreiches. – *In*: NIKL-FELD, H. (Hrsg.): Rote Liste gefährdeter Pflanzen Österreiches. – Grüne Reihe Bundesminist. Gesundh. Umweltsch. 5: 152–159; Wien.
- SCHOFIELD, W. B. (1985): Introduction to bryology. – 431 pp: New York (Macmillan Publishing Company).
- SCHUSTER, R. M. (1992): The Hepaticae and Anthocerotae of North America, east of the Hundredth Meridian. – Vol. 6: 1062 pp; Chicago (Field Museum of Natural History).
- SMA, Schweizerische Meteorologische Anstalt (Hrsg.) (1989–1995): Annalen der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt. – Vols. 126–132; Zürich.
- THOMET, P. & E. THOMET-THOUTBERGER (1991): Vorschläge zur ökologischen Gestaltung und Nutzung der Agrarlandschaft. – Nationales Forschungsprogramm ‚Natur-Landschaft-Landwirtschaft‘. – 147 S.; Liebefeld-Bern.
- TIVY, J. (1993): Agricultural Ecology. – 288 pp; Essex (Longman Scientific & Technical).
- URMI, E., I. BISANG, P. GEISSLER, H. HÜRLIMANN, L. LIENHARD, N. MÜLLER, I. SCHMID-GROB, N. SCHNYDER & L. THÖNI (1992): Die gefährdeten und seltenen Moose der Schweiz – Rote Liste. – BUWAL (Hrsg.). – 56 S.; Bern (EDMZ).
- WALDHEIM, S. (1947): Kleinmoosgesellschaften und Bodenverhältnisse in Schonen. – Bot. Not. (Suppl.) 1: 1–203; Lund.
- WALTER, H. (1979): Vegetation und Klimazonen. – 342 S.; Stuttgart (UTB, Ulmer)

Anschrift der Verfasserin:

IRENE BISANG, Botaniska Institutionen, Stockholms Universitet, S-106 91 Stockholm, Sverige.

Gegenwärtige Anschrift:

Naturhistoriska riksmuseet, Sektionen för kryptogambotani, Box 50007, S-104 05 Stockholm, Sverige.