

MOOSE ALS INDIKATOREN VON KLIMAFLUKTUATIONEN  
IN MITTELEUROPA

Mit 6 Abbildungen und 1 Tabelle

JAN-PETER FRAHM und DIETER KLAUS

*Summary:* Bryophytes as indicators of climatic fluctuations in Central Europe

During the past ten years, several bryophytes with atlantic, atlantic-mediterranean or mediterranean ranges in Europe have spread into continental Europe. Examples are given for 16 species which were found some hundred kilometers east, south-east or north-east of their continuous ranges in this period. Since bryophytes have their main growth period in winter times, it is assumed that these range extensions are a result of mild winters. The extension of bryophyte species with a western distribution in Europe during this period correlates with an increase of the winter temperatures in the past years, an increase of cyclonic activity during the winter months and a reduction of periods with high air pressure. Some bryophyte species seem therefore to be valuable indicators for climatic fluctuations during winter months and can be used for monitoring of climatic fluctuations.

*Zusammenfassung:* Während der letzten zehn Jahre wurden zahlreiche Moosarten mit atlantischer, atlantisch-mediterraner oder mediterraner Verbreitung in Mitteleuropa nachgewiesen. Es werden Beispiele von 16 Arten gegeben, die in diesem Zeitraum einige hundert Kilometer östlich, südöstlich oder nordöstlich ihrer bisherigen Arealgrenzen gefunden wurden. Da Moose ihre hauptsächliche Wachstumsperiode im Winter haben, wird angenommen, daß diese Arealausdehnungen ein Ergebnis milder Winter ist. Die Ausbreitung dieser Moose in diesem Zeitraum korreliert mit einer Zunahme der Wintertemperaturen, einer Zunahme der zyklonalen Aktivitäten während der Wintermonate und einem Rückgang der Perioden mit hohem Luftdruck. Bestimmte Moosarten scheinen daher als Indikatoren für klimatische Änderungen speziell im Winterhalbjahr und für das Biomonitoring von Klimafluktuationen geeignet zu sein.

### 1 Einleitung

Veränderungen in der Zusammensetzung der Vegetation als Reaktion auf klimatische Änderungen fanden in allen Erdperioden statt. Sie sind besonders gut für den Zeitraum seit der letzten Vereisung dokumentiert. Klimafluktuationen von hinreichender Intensität und Andauer finden bei allen Pflanzenarten in Form von Verlagerungen der Arealgrenzen ihren Ausdruck. Die Gesamtheit der Arealchwankungen bestimmt die Vegetationszusammensetzung an einem vorgegebenen Ort.

Neben den natürlichen klimabedingten Änderungen der Vegetationszusammensetzung hat der Mensch zunächst einen geringen, dann durch den Ackerbau, zuletzt durch die Industrialisierung einen immer gravierenderen Einfluß auf die Vegetation genommen. Als Folge von Luft- und Wasserverschmutzung sowie durch die Intensivierung der Landwirtschaft kam es besonders in diesem Jahrhundert in stark belasteten Räumen zu einer Verarmung der Flora und einer Veränderung der Vegetationszusammensetzung.

Von erheblicher Bedeutung ist die Frage, wie intensiv und wie andauernd natürliche Klimafluktuationen sein müssen, um eine Verlagerung von Arealgrenzen auszulösen. Die Unterschiedlichkeit in der Physiologie verschiedener Pflanzenarten bedingt pflanzenspezifische Reaktionsschwellenwerte. Arten, die sehr sen-

sibel auf Fluktuationen der Klimaparameter reagieren, können in Bereichen mit weitmaschigem Klimameßnetz als Bioindikatoren selbst geringe und nur kurz andauernde Fluktuationen anzeigen. In der vorliegenden Untersuchung wird gezeigt, daß die Moose eine derartige Bioindikatorenfunktion bezüglich der Wintertemperaturen besitzen.

Im Vergleich zu Blütenpflanzen sind Moose wegen ihrer Wasser- und Nährstoffaufnahme durch die Oberfläche (poikilohydriche Lebensweise) besonders gut als Zeigerpflanzen für Standortveränderungen geeignet. Sie wurden bereits erfolgreich als Bioindikatoren für die Luft- und Wasserverschmutzung eingesetzt. Eine Übersicht zu diesem Thema gibt MUHLE (1984). Für die Moose der tropischen Regenwälder konnte eine direkte Klimaabhängigkeit nachgewiesen werden. Die Auswirkungen des variierenden Zusammenspiels von Beleuchtungsstärke, Luftfeuchte und Temperatur sind so markant, daß sich die Moose als geeignete Organismengruppe zur Erarbeitung einer Höhengliederung in den Tropen erwiesen (FRAHM u. GRADSTEIN 1991).

Moose reagieren auch in den mittleren Breiten sensibler als Blütenpflanzen auf Klimafluktuationen, insbesondere auf Temperaturänderungen während der kalten Jahreszeit. Dafür lassen sich folgende Gründe anführen:

1. Moose sind immergrüne Pflanzen. Im Gegensatz zu den meisten Blütenpflanzen der gemäßigten Kli-

mate sind sie auch im Winter stoffwechselaktiv. Sie sind also ganzjährige Bioindikatoren und können nicht nur auf unterschiedliche Klimaverhältnisse im Sommer sondern auch im Winter reagieren.

2. Moose haben als Sporenpflanzen weitaus bessere Verbreitungsmöglichkeiten als Blütenpflanzen. Wie das Beispiel von arktischen Moosarten, die in Mitteleuropa in Sand- oder Tongruben gelegentlich gefunden werden, zeigt, können Sporen über enorme Strecken, selbst transkontinental verbreitet werden. Daher kann man zumindest bei den Moosarten mit hoher Fertilität und großer Sporenproduktion davon ausgehen, daß sie ihr potentiell Areal ausfüllen, und daß die Moossporen darüber hinaus auch in Gebieten außerhalb des potentiellen Areals, beispielsweise in klimatisch nicht zusagenden Räumen, niedergehen. Dort werden sie in der Regel erst keimen, wenn sie durch eine Klimafluktuation dazu in die Lage versetzt werden. Moose reagieren infolge dieser Besonderheiten sofort und unmittelbar auf Klimafluktuationen.

3. Moose haben sehr kurze Lebenszyklen. Annuelle Moose brauchen nur einige Monate zur Sporenenreife, aber auch ausdauernde Arten produzieren meist schon nach einem Jahr Sporophyten. Damit ähneln sie unter den Blütenpflanzen nur der kleinen Gruppe der Annuellen.

## 2 Klimatisch bedingte Veränderungen in der Moosflora Mitteleuropas

In den letzten Jahrzehnten sind erhebliche Änderungen in der Zusammensetzung der Moosflora Mitteleuropas festgestellt worden (FRAHM 1993). Das betrifft nicht nur den Artenrückgang, sondern auch die Artenzusammensetzung. Hier sind insbesondere die starke Zunahme acidophytischer Arten und als Folge davon ein Wechsel von neutrophilen epiphytischen Arten von Borke auf Gestein, die Zunahme von nitrophilen Arten und die Ausbreitung von Neophyten zu nennen.

Neben solchen Veränderungen in der Moosflora, deren Ursachen hauptsächlich anthropogen bedingt (Schadstoffemission) sind, wurden in den letzten Jahren auch Veränderungen in der Moosflora Mitteleuropas beobachtet, die nur als Folge von Klimafluktuationen erklärt werden können. Zwar beruhen diese Feststellungen weitgehend auf Einzelbeobachtungen, da bisher leider kein Biomonitoring mit Moosen existiert, doch kann die Häufung von Beispielen als Indiz für die Anzeige von Klimafluktuationen durch Moose angesehen werden.

### 2.1 Verschiebung der Höhengrenzen von Moosen

In den Gebirgen reagieren Pflanzen auf Temperaturänderungen durch Verschiebungen der Höhengrenzen. Leider gibt es dazu bei Moosen keine Daueruntersuchungen. Aus den Mittelgebirgen liegt eine Beobachtung aus den Vogesen vor. Hier wurde bei der epiphytischen Art *Dicranoweisia cirrata* im Zeitraum von 1992–1994 eine Verschiebung der Obergrenze der Verbreitung um 275 Höhenmeter festgestellt. *Dicranoweisia cirrata* ist eine subozeanische Art, die in Ungarn, der ehemaligen Tschechoslowakei und Polen ihre Ostgrenze erreicht und nur noch auf den Åland Inseln in der Ostsee aufgrund des maritimen Klimas ein nach Osten vorgeschobenes Vorkommen hat. Die Art ist in Mitteleuropa eine der häufigsten epiphytischen Arten, soweit die Luftverschmutzung nicht zu stark ist. In den Gebirgen geht sie nur in den collinen Bereich. In den Vogesen wurde sie bis 1992 nur in Höhen bis 400 m vorgefunden (FRAHM 1989); 1993 wurde sie in 450 m, 1994 in 675 m Höhe gefunden. Von diesem höchsten Vorkommen kann gesagt werden, daß die Art dort definitiv vor 1994 nicht auftrat. Beachtenswert ist außerdem, daß die Art in 675 m Höhe auf Fichte gefunden wurde, während ihr Vorkommen sonst auf Laubbäume beschränkt bleibt.

### 2.2 Verschiebung der Nordost- oder Ostgrenzen von Arealen

Allein in den letzten 10 Jahren sind in Deutschland 11 Moosarten neu festgestellt worden. Zwei Arten davon (*Scopelophila cataractae* [Spruce] Spruce, *Ditrichum plumbicola* Crundwell) sind Schwermetallpflanzen. In einem weiteren Fall (*Gymnostomum viridulum* Brid.) handelt es sich um eine zwar thermophile, früher aber übersehene bzw. nicht von ähnlichen Arten unterschiedene Art, die nachträglich anhand von älterem Herbarmaterial als durchgängig auftretend erkannt wurde. Bei den übrigen Arten handelt es sich nicht etwa um vorher übersehene Arten, sondern vielmehr um Arten mit deutlichem Verbreitungsschwerpunkt in Süd-, Südwest- oder Westeuropa.

Eine ganze Reihe von Moosarten erreicht in Deutschland die Nord-, Nordost- oder Ostgrenze der Verbreitung. Vielfach handelt es sich dabei um Arten, die in Deutschland nur an klimatisch besonders begünstigten Kleinstandorten vorkommen und dort (ebenso wie bestimmte Blütenpflanzen- oder Tierarten) als Relikte nacheiszeitlicher Warmperioden gedeutet werden. Nun ist das disjunkte Vorkommen von thermophilen mediterranen Arten in Mitteleuropa (besonders im Gebiet des Weinanbaus) und nördlich selbst bis nach Öland und Gotland keine Besonder-

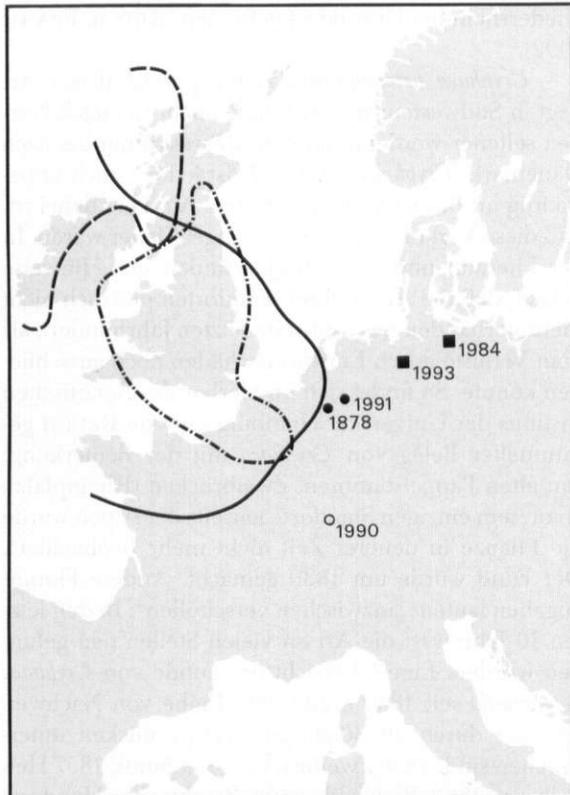


Abb. 1: Areale von atlantisch verbreiteten Moosarten in Europa

Linien: Arealgrenzen; Punkte: vorgeschobene Vorkommen; durchgezogene Linie/Quadrat: *Scleropodium cespitans*; gestrichelte Linie/Kreis: *Oxystegus hibernicus*; strichpunktierte Linie/Punkt: *Orthotrichum sprucei*

Ranges of bryophyte species with atlantic distribution pattern in Europe

Lines: borders of ranges; dot: isolated occurrences; line/square: *Scleropodium cespitans*; broken line/open circle: *Oxystegus hibernicus*; broken line with dots/dot: *Orthotrichum sprucei*

heit. In solchen Fällen liegen aber in der Regel Nachweise der Reliktvorkommen schon aus dem letzten Jahrhundert vor. Zudem existieren von solchen Arten fast immer mehrere Nachweise z. B. über ihr Auftreten im Mosel-, Nahe- oder Rheingebiet.

Rezente Einzelnachweise von Arten, deren Auftreten in Deutschland bisher noch nie beschrieben wurde, lassen mit sehr großer Wahrscheinlichkeit auf eine erst in jüngster Zeit erfolgte Ansiedlung schließen. Es gibt aber auch Arten, die z. B. als Epiphyten keine klimatischen Sonderstandorte besiedeln und deshalb potentiell auch außerhalb des aktuellen Areals sofort auftreten, wenn die großräumigen klimatischen und lufthygienischen Standortbedingungen dies zulassen. Bei einigen Arten fällt auf, daß sie zwar früher schon in

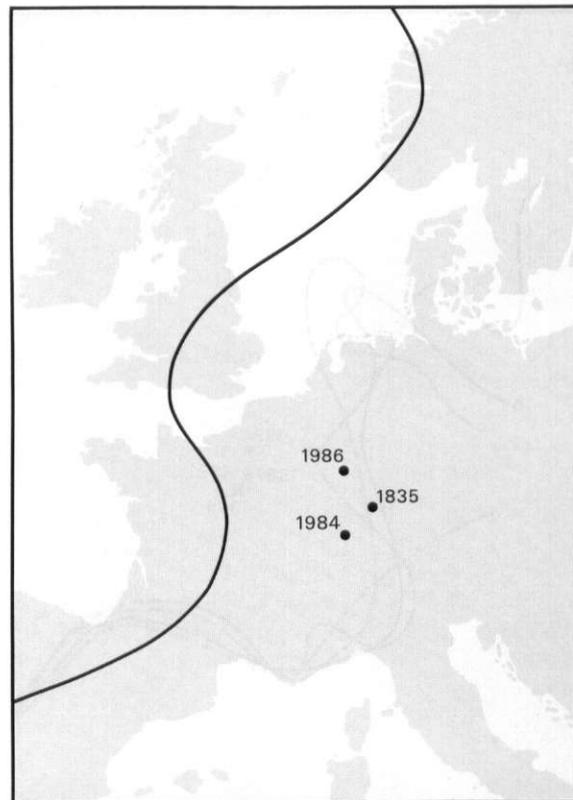


Abb. 2: Areal von *Lepidozia cupressina*, einer atlantisch-mediterran verbreiteten Moosart in Europa

Linie: Arealgrenze; Punkte: vorgeschobene Vorkommen  
Range of *Lepidozia cupressina*, a hepatic with atlantic-mediterranean range in Europe

Line: border of its range; dots: isolated occurrences

Mitteleuropa nachgewiesen wurden, zwischenzeitlich aber als verschollen galten und erst neuerdings wieder gefunden wurden. Zu diesen Arten gehören:

– *Tortula princeps* De Not; diese Art ist im Mittelmeergebiet weit verbreitet. In Westeuropa geht sie von Südfrankreich (Var) nördlich mit sehr vereinzelt Vorkommen über das Dept. Haute Vienne nach Süd-Belgien (District Mosan) sowie nach Großbritannien. 1993 wurde sie auch in Luxemburg nachgewiesen, 1994 im Saar-Nahe-Gebiet (CASPARI u. HEINRICHS 1995).

– *Scorpiurium circinatum* (Brid.) Fleisch. u. Loeske (Abb. 3; a); diese Art ist in niederen Lagen des gesamten Mittelmeergebietes verbreitet. Sie erreicht in Südwestengland und Südwestirland ihre Nordgrenze. 1991 wurde die Art im Saartal, fast 600 km Luftlinie von den bislang bekannten Fundorten entfernt gefunden (CASPARI 1993). Das isolierte Vorkommen von *Scorpiurium* läßt eher auf eine rezente Ansiedlung

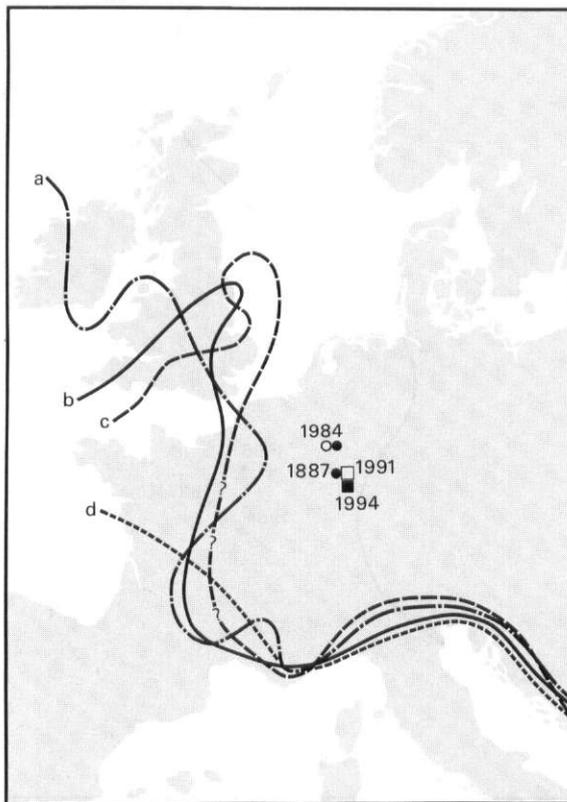


Abb. 3: Areale von mediterran verbreiteten Moosarten in Europa

Linien: Arealgrenzen; Punkte: vorgeschobene Vorkommen; Linie a)/Quadrat: *Scorpiurium circinatum*; Linie b)/Punkte: *Leptobarbula berica*; Linie c)/Kreis: *Tortella inflexa*; Linie d)/ausgefülltes Quadrat: *Dicranella howei*

Range of bryophytes with mediterranean distribution in Europe

Lines: borders of ranges; dots: isolated occurrences; line a)/square: *Scorpiurium circinatum*; line b)/dots: *Leptobarbula berica*; line c)/open circle: *Tortella inflexa*; line d)/square: *Dicranella howei*

schließen, das um so mehr, als im Saargebiet zur gleichen Zeit weitere Arten mit ähnlichem Verbreitungstypus (*Pottia recta*, *Tortula princeps*) aufgetreten sind.

– *Scleropodium cespitans* (C. Müll.) L. Koch (Abb. 1; a); diese bislang nur von den Britischen Inseln, Nordfrankreich, Belgien und Holland bekannte Art wurde 1984 in Hamburg (LÜTTGE et al. 1994) und später an der Unterweser und ihren Nebenflüssen entdeckt (KOPERSKI 1993).

– *Orthotrichum sprucei* Mont. (Abb. 1; c); diese Art war bislang nur von den Britischen Inseln, Belgien, Nordfrankreich und den Niederlanden bekannt. In den Niederlanden wurde sie zuletzt 1878 nachgewiesen. 1991 wurde die Art erstmalig in Deutschland am

Niederrhein bei Düsseldorf gefunden (ABTS u. FRAHM 1992).

– *Cryphaea heteromalla*; das Hauptareal dieser Art liegt in Südwesteuropa. Von dort reicht sie, nach Norden seltener werdend, an den Meeresküsten bis nach Dänemark. *Cryphaea heteromalla* ist jedoch auch unbeständig im Binnenland aufgetreten. Auffällig dabei ist, daß diese Vorkommen nie von langer Dauer waren. In der Literatur und in Herbarien finden sich Hinweise darauf, daß die Art an ihren Fundorten plötzlich nicht mehr vorhanden war, selbst im letzten Jahrhundert, als man Verluste durch Emissionsschäden noch ausschließen konnte. So findet sich im Herbar des Botanischen Instituts der Universität Hamburg ein von BRUCH gesammelter Beleg von *Cryphaea* mit der Bemerkung: „an alten Pappelstämmen, Zweibrücken (Rheinpfalz), an diesem einzigen Standorte jenseits der Alpen wurde die Pflanze in neuerer Zeit nicht mehr beobachtet“. Der Fund wurde um 1830 gemacht. Andere Florenangaben lauten: „inzwischen verschollen“. In den letzten 10 Jahren ist die Art an vielen Stellen neu gefunden worden. Eine Übersicht der Funde von *Cryphaea heteromalla* seit 1830 ergibt eine Reihe von Nachweisen, die durch 20–30jährige Nachweislücken unterbrochen sind: 1830 Zweibrücken (Saarland); 1857 Heidelberg; 1863 Bielefeld; 1864 Brackwede, Handorf/Westfalen; 1891 Bruchhäuser Steine (Westfalen); 1899 Rathenow (Brandenburg) absolut östlichstes Vorkommen; 1904 Nordschwarzwald, Freiburg; 1923 Wesseling/Rheinland; 1930 Jever, Ostfriesland; 1931 Beuel; 1962 Norden, Ostfriesland; 1967 Münsterland; 1986 Saarland, seitdem dort in rascher Ausbreitung; 1989 Baltrum; 1993 Ahrtal, SW-Pfalz, Frankfurt; 1994 Eifel, Hamburg, Wilhelmshaven. Das Auftauchen und Verschwinden der Art könnte mit einer Oszillation der Nordostgrenze erklärt werden, die diese Art in Deutschland erreicht.

– *Tortella inflexa* (Bruch) Broth. (Abb. 3; c); *Tortella inflexa* ist eine mediterran-atlantische Art, die die Nordgrenze der Verbreitung in Südengland, Westfrankreich (Dept. Seine-Maritime, Somme, Normandie) erreichte. 1984 wurde sie neu in den Niederlanden, Provinz Limburg und im angrenzenden deutschen Gebiet bei Aachen gefunden (DURING et al. 1986).

– *Cephaloziella baumgartneri* Schiffn.; dieses Lebermoos hat eine ähnliche Verbreitung wie *Tortella inflexa*, erreichte nordwärts aber Südbelgien. Es wurde ebenfalls 1984 neu für die Niederlande in Limburg gefunden (DURING et al. 1986).

– *Leptobarbula berica* (De Not.) Schimp. (Abb. 3; b nach APPLEYARD et al. 1985); diese mediterran-atlantisch verbreitete Art war in Mitteleuropa nur von einer

Stelle aus dem Saarland bekannt, wo sie WINTER 1863 bei Mondorf gefunden hatte. Ebenso wie *Pottia recta* ist sie in der Folgezeit nicht mehr gefunden worden, wurde aber ebenfalls neuerdings nach 120 Jahren wieder bei Aachen-Melaten (WHITEHOUSE u. DURING 1986, ohne Quellenangabe angeführt bei DÜLL u. MEINUNGER 1989) und der benachbarten Provinz Limburg in Holland gefunden. In England wurde *Lepidobarbula* neu im Zeitraum zwischen 1954 und 1982 gefunden (APPLEYARD et al. 1985).

– *Lepidozia cupressina* (Sw.) Lindenb. (Abb. 2); *Lepidozia cupressina* ist eine Art tropischer Bergregenwälder in Mittel- und Südamerika, Zentralafrika und Südchina. Sie kommt ebenfalls auf den Makaronesischen Inseln vor und in Europa im atlantisch beeinflussten Teil von Nordspanien bis Südnorwegen. In Deutschland wurde die Art schon 1835 einmal bei Baden-Baden festgestellt und dort an einer anderen Stelle 1951 noch einmal nachgewiesen (DÜLL 1969). 1984 wurde die Art erstmalig in den Vogesen und in der Folgezeit mehrfach im Hunsrück nachgewiesen.

– *Oxystegus hibernicus* (Mitt.) Hilp. (Abb. 1; b); *Oxystegus hibernicus* ist eine streng atlantisch verbreitete Kleinart, die bislang nur im Westen von Schottland und Irland bekannt war. 1990 wurde die Art erstmalig in den Vogesen festgestellt (FRAHM 1991).

– *Pottia recta* (With.) Mitt.; das Areal dieser Art erstreckt sich vom Mittelmeergebiet längs der Atlantikküste bis nach Frankreich, Großbritannien, Belgien und Dänemark. Aus Deutschland liegen Angaben von der Ruhr um 1830, von Neuwied um 1820, von St. Goar um 1872, von Mosbach in Nassau aus dem Jahre 1836 vor, aus dem Elsaß von 1872 und 1891 (SCHNEIDER 1995). Seitdem galt die Art als verschollen. 1993 wurde die Art im saarländischen Moseltal (SCHNEIDER 1995), 1995 auch im Elsaß (FRAHM unpubl.) wiedergefunden.

– *Sematophyllum micans* (Wils.) Braithw.; diese ozeanische Art hat ihr Hauptvorkommen in SW-Irland und an der Westküste Schottlands und Englands. Auf dem europäischen Kontinent war die Art um die Jahrhundertwende nur im Schwarzwald entdeckt und dann 1919 an einer weiteren Stelle gefunden worden, wo sie 1967 wiederentdeckt wurde (DÜLL 1994). SCHUMACKER u. FRAHM wiesen die Art 1986 neu für die Vogesen nach. Von einem Fundort liegt eine Inventarisierung der Moose aus dem Jahre 1902 vor, in der *Sematophyllum micans* nicht auftaucht, obgleich sie eine auffällige Art ist. Es muß also davon ausgegangen werden, daß *Sematophyllum* sich erst in jüngster Zeit dort angesiedelt hat. Die Bestandsentwicklung an den neu entdeckten Vorkommen von *Lepidozia cupressina* und *Sematophyllum micans* zeigt, daß sich die Populationen

in den letzten Jahren noch deutlich vergrößert haben. Es kann sich hierbei also nicht um Zufallsbesiedlungen handeln, die nur an den neuen Standorten kurzfristig überdauern. Vielmehr zeigt die Beobachtung, daß diese Arten sich an den neuen Standorten voll etabliert haben.

– *Leptodontium flexifolium* (Dicks. ex With.) Hampe in Lindb.; hierbei handelt es sich wie bei *Lepidozia cupressina* um eine tropisch-montane Art, die in den tropischen Gebirgen der Neo- und Paläotropis vorkommt. In Europa kommt sie nur im Westen und dort besonders auf Reetdächern vor. Die Nordgrenze der Verbreitung lief Anfang der 70er Jahre durch Schleswig-Holstein (FRAHM 1973). Inzwischen hat die Art ihr Areal nach Jütland (BRANDT-PEDERSEN u. LEWINSKY 1977) und Mecklenburg ausgedehnt.

– *Leptodontium gemmascens* (Mitt. ex Hunt) Braithw.; eine Art, die bislang aus England und Frankreich und von einem vorgeschobenem Vorkommen bei Kopenhagen bekannt war. Neuerdings wurde die Art an einer Vielzahl von Fundorten in Luxemburg, dem Saarland und in Rheinland-Pfalz nachgewiesen.

– *Fissidens rivularis* (Spruce) B.S.G.; diese Art kommt von Italien bis nach Madeira und auf den Kanarischen Inseln sowie an der Atlantikküste nordwärts bis Südwestengland vor, wo sie an Steinen an Bachufern zu finden ist. Die absolute Nord- bzw. Nordostgrenze findet man in Nordfrankreich, Luxemburg und den belgischen Ardennen. 1992 wurde die Art von U. ABTS am Ufer der Düssel im Neandertal bei Düsseldorf gefunden.

– *Dicranella howei* Ren. und Card. (Abb. 3; d); diese Art ist im ganzen Mittelmeergebiet in Griechenland, Spanien und Portugal verbreitet. Nach Norden reicht sie von Südfrankreich (Alpes Maritimes) bis in die Departments Charente-Maritime und Vaucluse, dem bisher nördlichsten Punkt ihres Areals. Aus Südeuropa sind nur Hybriden mit *D. varia* (Hedw.) Schimp. bekannt (CRUNDWELL u. NYHOLM 1977). In den letzten Jahren wurde die Art im Saarland und im angrenzenden Rheinland-Pfalz gefunden (leg. C. SCHNEIDER).

### 2.3 Ausbreitung von Wassermoosen entlang des Rheins und seiner Nebenflüsse

Eine ähnliche Verschiebung der Arealgrenzen einiger Wassermoose, diesmal von Süden nach Norden am Rhein und seinen Nebenflüssen, wurde von FRAHM (im Druck) belegt. Anhand der Daten von Erstnachweisen konnte gezeigt werden, daß sich 7 Moosarten, die in ihrem Vorkommen auf Flußufer beschränkt sind, im Verlaufe der letzten hundertfünfzig Jahre

Tabelle 1: Zahl der Tage mit Temperaturen, die an allen Stationen der Bundesrepublik Deutschland über dem 30jährigen Tagesmittelwert während der Wintermonate Dezember, Januar und Februar lagen (Deutsch. Wetterdienst, 1984–1995). Angaben in Prozent aller Tage des jeweiligen Monats

Number of days with temperatures that were above the 30-year daily mean at all FRG stations during the winter months of December, January, February (German Meteorological Service, 1984–1995). Values in percent of all days of the respective month

Winter	1984/85	85/86	86/87	87/88	88/89	89/90	90/91	91/92	92/93	93/94	94/95
%	24	42	43	69	88	64	36	58	61	73	82

vom Hoch- oder Oberrhein sukzessive an den Mittel- und Niederrhein ausgebreitet haben. Alle diese Arten haben ihren Verbreitungsschwerpunkt in Südeuropa. Es ist noch nicht geklärt, wieweit die Ausbreitung dieser Arten durch ein verändertes Großklima oder durch steigende Wassertemperaturen als Folge der Einleitungen von Kühl- und Abwasser hervorgerufen wurde.

### 3 Trend der europäischen Wintertemperaturen 1881–1995

Die in den vorangehenden Abschnitten beschriebenen Verschiebungen von Arealgrenzen werden von einer Erhöhung der Wintertemperaturen im europäischen Sektor begleitet. Der Nachweis dieser großräumigen Temperaturerhöhung und die damit einhergehenden Änderungen in den Zugrichtungen der wetterbestimmenden Luftmassen erfolgt in diesem Abschnitt.

Temperaturänderungen können eine Klimaänderung, eine Klimaschwankung, einen Klimatrend oder eine Klimafluktuation indizieren. Dabei wird Klima als die Zusammenfassung der Wettererscheinungen verstanden, die den mittleren Zustand der Atmosphäre, meist bezogen auf einen dreißigjährigen Beobachtungszeitraum, an einem bestimmten Ort in Form von Mittelwert, Standardabweichung, Häufigkeit extremer Ereignisse, Andauerwerten etc. sowie dem durchschnittlichen Jahresgang der Witterung charakterisieren. Unter einer Klimafluktuation versteht man im deutschen Sprachraum eine anomale Ausprägung eines oder mehrerer Klimaparameter, die über mehrere Jahre wirksam bleibt. Über die Größe dieser anomalen Ausprägung liegen keine allgemeingültigen Angaben vor. Ein Klimatrend ist durch die allmähliche und gleichmäßige, oft jedoch von Klimafluktuationen überlagerte Zunahme bzw. Abnahme der Mittelwerte eines Klimaparameters während einer mehrere Jahre umfassenden Beobachtungsperiode gekennzeichnet. Über die Mindestlänge des Beobachtungszeitraumes gibt es keine verbindlichen Angaben.

Eine Klimafluktuation, bei der die Veränderungen der betroffenen Klimaparameter vom mittleren Zustand einer mindestens dreißigjährigen Beobachtungsperiode allmählich oder abrupt in einen anderen mittleren Zustand einer nachfolgenden dreißigjährigen Beobachtungsperiode übergehen, wird üblicherweise dann als Klimaänderung bezeichnet, wenn die Änderung größer als eine halbe Standardabweichung ist (SCHIRMER et al. 1987; MITCHELL et al. 1966). Nehmen die Mittelwerte eines Klimaparameters in aufeinanderfolgenden gleichmäßig oder ungleichmäßig langen Zeitintervallen alternierend immer wieder näherungsweise die gleichen Werte an, so spricht man von einer Klimaschwankung.

Der Begriff Klimaänderung findet in den letzten Jahren zunehmend weniger Anwendung, da sich mit der Ausweitung des Beobachtungszeitraumes alle zunächst als Klimaänderungen angesehenen Veränderungen von Klimaparametern als Klimaschwankungen erwiesen. Extrembeispiele sind die oft sprunghaften Übergänge von den Warm- zu den Eiszeiten, denen bisher auch immer wieder Übergänge zu neuen Warmzeiten folgten. Es wird allerdings befürchtet, daß die Veränderungen des Klimasystems durch den Menschen, insbesondere der anthropogene Treibhauseffekt, zu einer mittelfristig irreversiblen globalen Temperaturerhöhung führen kann.

Auf dem Hintergrund dieser Begriffsbestimmung könnten die beobachteten Verlagerungen der Arealgrenzen nach Norden und Osten Indikatoren einer Klimafluktuation sein. Tatsächlich beeinflussten in den letzten Jahrzehnten die atlantischen Luftmassen, deren Auftrittshäufigkeit die Intensität und die Ausdehnung des maritim geprägten Teils Europas bestimmt, den europäischen Kontinent während der Wintermonate intensiver als in der Vergangenheit. Das kommt u. a. durch eine Häufung überdurchschnittlich warmer Winter in der Bundesrepublik Deutschland in den letzten zehn Jahren zum Ausdruck (Tab. 1).

Im Zeitraum 1881–1990 nahmen die Wintertemperaturen, die aus den Monatsmitteltemperaturen der Monate Dezember, Januar und Februar gebildet werden, in weiten Teilen Europas um mehr als 0.5°C

zu. Im Zeitraum 1961–1990 erhöhten sich die Wintertemperaturen sogar in weiten Teilen Mitteleuropas um 1–1.5°C (Abb. 4). In dem gesamten Bereich, der von der 1.0°C Isotherme umfaßt wird, liegt ein mit 20%iger Irrtumswahrscheinlichkeit signifikanter Trend vor (SCHÖNWIESE et al. 1993). Bezüglich der westeuropäischen Wintertemperaturen kann also von einem Klimatrend gesprochen werden, der allerdings von Klimafuktuationen unterschiedlicher Andauer überlagert wird, wie Tabelle 1 ausweist. Als Folge dieses winterlichen Erwärmungstrends verlagerte sich im Laufe der Jahre 1961–1990 die 3.5°C Isotherme der mittleren Wintertemperaturen unter Berücksichtigung des mittleren west-östlichen Temperaturgradienten der Wintertemperaturen um etwa 400 km nach Osten (Abb. 4).

#### 4 Änderungen der Zirkulationsbedingungen über Westeuropa

Der beschriebene Trend der Wintertemperaturen geht mit einer Änderung der Zirkulationsbedingungen über dem europäischen Kontinent einher. Die Hauptzugbahnen von Luftmassen und deren Veränderungen können einerseits durch die Häufigkeitsentwicklung der europäischen Großwetterlagen, andererseits aber auch durch die mit diesen Großwetterlagen verbundenen mittleren Höhenströmungen, beispielsweise im 500 hPa-Niveau (ca. 5500 m Höhe), erfaßt werden.

Großwetterlagen beschreiben die mittlere Luftdruckverteilung am Boden und in der Höhe über einem Großraum von der Größe des europäisch-atlantischen Sektors für mehrtägige Zeiträume, in denen sich die generellen Raummuster der Luftdruckverteilung und folglich auch die durch diese Luftdruckverteilung festgelegten Zugbahnen der außertropischen Zyklonen nicht wesentlich ändern. Die Mehrzahl der Großwetterlagen Europas wird nach der Hauptströmungsrichtung der Luftmassentransporte bezeichnet. Abbildung 5a zeigt die Häufigkeitsentwicklung der Großwetterlagen, die durch Luftströmungen aus dem nördlichen Quadranten gekennzeichnet sind (HESS u. BREZOWSKY 1977; KLAUS 1993).

Dargestellt sind die Häufigkeitssummen der Großwetterlagen Hoch über Mitteleuropa (HM), Nordlage Zyklonal (NZ), Nordostlage Antizyklonal (NEA) und Nordostlage Zyklonal (NEZ). Die Begriffe zyklonal bzw. antizyklonal beschreiben die Isobarenform und damit zugleich näherungsweise die kleinräumige Zugrichtung der Luftströmungen, die wesentlich für die niederschlagsgenetische Wirksamkeit der herangeführten Luftmassen ist. Im Zusammenhang mit den

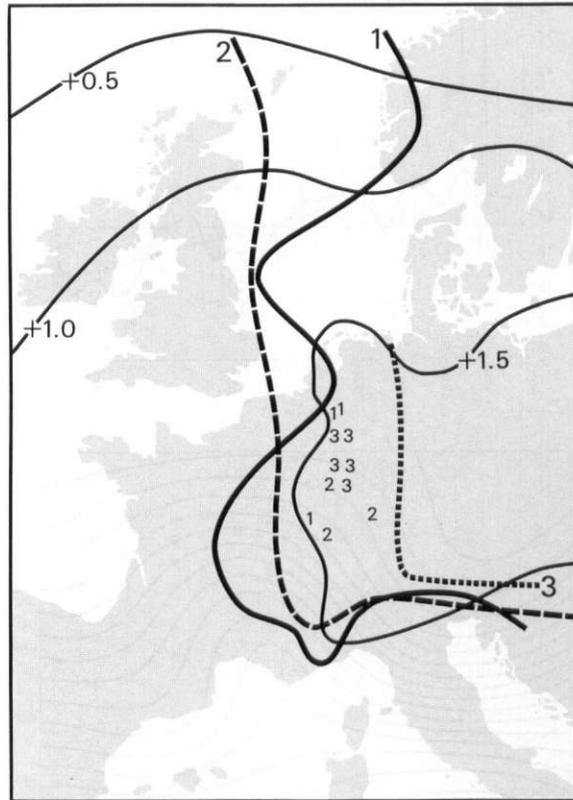


Abb. 4: Trend der europäischen Lufttemperaturen für die Wintermonate der Jahre 1961–1990 nach Daten aus SCHÖNWIESE et al. (1993). Die angegebenen Isolinien des Trends beschreiben, um wieviel Grad sich die Lufttemperaturen im Laufe der Beobachtungsperiode an einem vorgegebenen Ort geändert haben

(1) Envelope der jeweils östlichsten Arealgrenzen aus Abb. 1 bis 3. (2) 3.5°C Winterisotherme bezogen auf den Zeitraum 1961–1990. (3) Ostverlagerung der 3.5°C Isotherme der Wintertemperaturen bei einer Zunahme der Wintertemperaturen um 1.5°C. Die in Abb. 1 bis 3 gezeigten Fundorte werden durch die kleingedruckten Zahlen 1 bis 3 wiederholt

Trend of the European air temperatures for the winter months for the years 1961–1990 according to data after SCHÖNWIESE et al. (1993). The indicated isolines of the trends describe by how many degrees the air temperatures have changed during the observation period for a given location

(1) Envelope of the respective eastern-most range boundaries taken from Fig. 1–3. (2) 3.5°C-winter isotherme calculated for the period 1961–1990. (3) Eastern shift of the 3.5°C-winter isotherm as result of a 1.5°C-winter temperature increase. The occurrences shown in Fig. 1–3 are repeated by the small numbers 1–3

hier anstehenden Fragen der großräumigen Temperaturänderungen ist die kleinräumige Ausformung der Isobaren von untergeordneter Bedeutung.

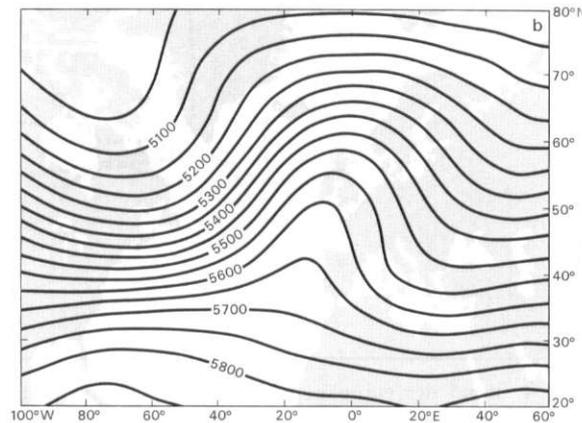
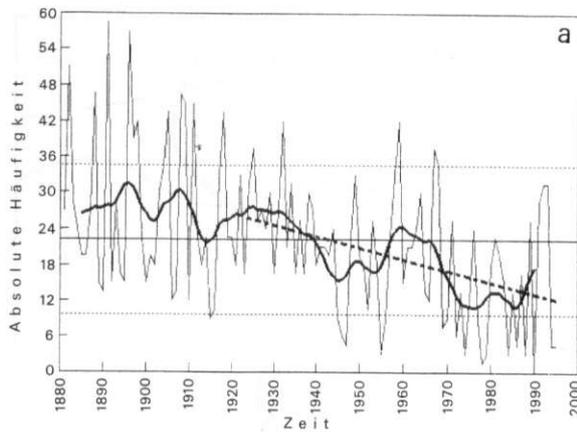


Abb. 5: (a) Summe der täglichen Auftrittshäufigkeiten der Großwetterlagen Hoch über Mitteleuropa (HM), Nordlage Zyklonal (NZ), Nordostlage Antizyklonal (NEA) und Nordostlage Zyklonal (NEZ) während der Wintermonate des Zeitraumes 1881–1995.

(b) Mittlere Höhe der 500 hPa-Geopotentialflächen beim Auftreten der Großwetterlagen HM, NZ, NEA und NEZ während der Wintermonate der Jahre 1949–1994 (Trend 1923–1995:  $-9,5$  Tage,  $r = -0,4$ )

(a) Sum of the daily frequencies of the Macro weather situation high over Central Europe (HM), northern type, cyclonic (NZ), north-eastern type, anticyclonic (NEA) and north-eastern type, cyclonic (NEZ) during the winter months of the years 1949–1994 (Trend 1923–1995:  $-9,5$  Tage,  $r = -0,4$ )

(b) Mean altitude of the 500 hPa-geopotential layer during the occurrence of the Macro weather situation HM, NZ, NEA und NEZ during the winter months of the years 1949–1994

Über den gesamten Zeitraum von 1881–1995 ist eine Häufigkeitsabnahme der Summe der mit Nordströmungen verbundenen Großwetterlagen in den Wintermonaten erkennbar (Abb. 5a). Von 1923–1995 ist ein negativer Trend mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% signifikant ausgebildet. Die mit dem

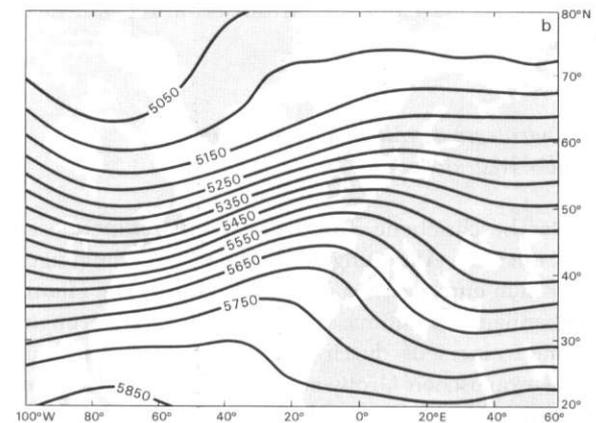
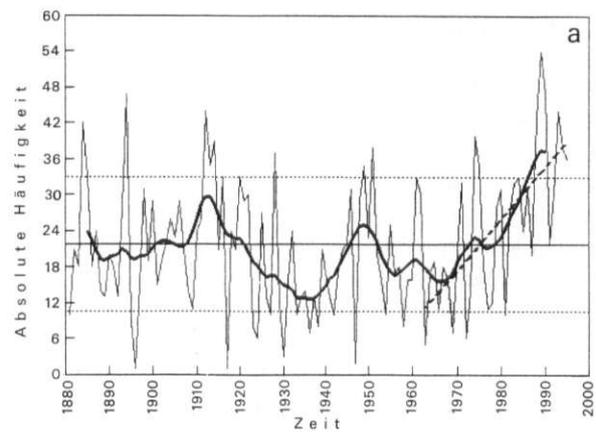


Abb. 6: (a) Summe der täglichen Auftrittshäufigkeiten der Großwetterlagen West Antizyklonal (WA), West Zyklonal (WZ) und Südwest Antizyklonal (SWA) während der Wintermonate des Zeitraumes 1881–1995 (Trend 1963–1995: 28,7 Tage,  $r = 0,66$ )

(b) Mittlere Höhe der 500 hPa-Geopotentialflächen beim Auftreten der Großwetterlagen WA, WZ und SWA während der Wintermonate der Jahre 1949–1994

(a) Sum of the daily frequencies of the Macro weather situation western type, anticyclonic (WA), western type, cyclonic (WZ) and south-western type, anticyclonic (SWA) during the winter months of the years 1949–1994 (Trend 1963–1995: 28,7 Tage,  $r = 0,66$ )

(b) Mean altitude of the 500 hPa-geopotential layer during the occurrence of the Macro weather situation WA, WZ and SWA during the winter months of the years 1949–1994

Auftreten der Nordlagen verbundene Höhenströmung im 500 hPa-Niveau zeigt Abbildung 5b. Berücksichtigt wurden die Daten der täglichen Geopotentiale, die für die gesamte Nordhemisphäre vom Deutschen Wetterdienst und vom Meteorologischen Institut der Universität Bonn überarbeitet für die Jahre 1949–1995 und bezogen auf ein Gitternetz mit  $5^\circ/10^\circ$  Auflösung vorliegen.

Die Luftmassentransporte folgen den in der Abbildung angegebenen Linien gleicher Geopotentiale in West-Ostrichtung. Die Geopotentialverteilung bringt folglich sehr eindringlich das Vorherrschen einer nördlichen Strömungskomponente in der Höhe über West- und Mitteleuropa zum Ausdruck. Die Häufigkeitsabnahme der Großwetterlagen mit Strömungen aus dem nördlichen Richtungsquadranten ist folglich mit einer Häufigkeitsreduktion des Auftretens von Luftmassen polaren und arktischen Ursprungs in der Höhe und am Boden verbunden. Der signifikante positive Trend der Wintertemperaturen seit 1881 bzw. verstärkt seit 1961 erfolgt also zeitgleich mit einem signifikanten negativen Trend der Auftrittshäufigkeiten polarer und arktischer Luftmassen über Westeuropa.

Abbildung 6a kann entnommen werden, daß die Großwetterlagen West Antizyklonal (WA), West Zyklonal (WZ) und Südwest Antizyklonal (SWA) ab 1963 während der Wintermonate eine drastische Häufigkeitszunahme erfahren haben. Diese Großwetterlagen sind durch Strömungen aus dem westlichen und südwestlichen Richtungsquadranten gekennzeichnet. Der positive Trend ist mit 1%iger Irrtumswahrscheinlichkeit signifikant. In den 60er Jahren traten im Winter im Mittel nur 10–14 Lagen dieser Art auf, in den 90er Jahren waren es 30–36, was einer Verdreifachung entspricht und die besonders starke Zunahme der Wintertemperaturen in weiten Teilen Mitteleuropas seit 1960 erklärt.

Abbildung 6b zeigt, daß die in der Höhe herangeführten Luftmassen Europa aus südwestlichen Richtungen erreichen und erst über dem Kontinent eine schwache nordwestliche Richtungskomponente annehmen. Anders als die Luftmassen bei Nordlagen, die beim westöstlichen Luftmassentransport anhaltend den polaren und arktischen Bedingungen ausgesetzt sind (Abb. 5b) und entsprechende Luftmasseneigenschaften annehmen, werden die Luftmasseneigenschaften beim Vorherrschen der West-Südwestlagen in Bereichen des Atlantiks bestimmt, die 10–15 Breitengrade südlicher als Europa liegen. Die Häufigkeitszunahme dieser Großwetterlagen in den letzten Jahren kann folglich zur Erklärung der überdurchschnittlich hohen Wintertemperaturen herangezogen werden, die in Deutschland (Tab. 1) und weiten Teilen Europas gerade in den 90er Jahren beobachtet wurden.

## 5 Diskussion

Die Verlagerung von Arealgrenzen ist, langfristig betrachtet, ein normaler Effekt. Die gesamte Vegetationsentwicklung seit dem Ende der letzten Eiszeit ist

durch unzählige Arealveränderungen gekennzeichnet. Da alle Pflanzen- wie auch Tierarten distinkte Standort- und Lebensverhältnisse verlangen, zeigt jede Verlagerung der Arealgrenzen gleichzeitig die Veränderung mindestens eines Standortfaktors an. Eine ganz wesentliche Standortveränderung ist für die Mehrzahl aller Arten zweifelsfrei eine Klimaänderung oder Klimafluktuation.

Die in dieser Arbeit vorgelegten Indikatoren belegen die massierte Arealausweitung mediterran, mediterran-atlantisch und atlantisch verbreiteter Moosarten nach Mitteleuropa (Abb. 4). Gleichzeitig konnte in den neubesiedelten Bereichen eine deutliche Temperaturerhöhung in Verbindung mit einer erhöhten Auftrittshäufigkeit ozeanischer und subtropischer sowie einer Häufigkeitsreduktion subpolarer und polarer Luftmassen in den Wintermonaten nachgewiesen werden, die als Klimafluktuation anzusprechen ist.

Die Blütenpflanzen haben auf diese Klimafluktuation bisher noch nicht oder nur schwer nachweisbar reagiert. Das kann als ein Beleg dafür angesehen werden, daß die Moose bessere Klimaindikatoren, speziell für Veränderungen im Winterhalbjahr, sind. Der Grund dafür ist, daß Moose während trockener oder heißer Perioden in eine Trockenstarre verfallen, wodurch sie besonders auf Veränderungen der Sommertemperaturen nur wenig sensibel reagieren. Die Hauptwachstumsperioden der Moose sind Herbst, Frühjahr und die frostfreien Perioden des Winterhalbjahres. Die Gleichzeitigkeit von häufiger auftretenden, stark ozeanisch geprägten Winterhalbjahren und der Arealausweitung vieler Moosarten nach Mitteleuropa kann folglich als ein starker Beleg für einen engen Zusammenhang zwischen beiden Erscheinungen angesehen werden.

Auffällig ist, daß ein Teil der Arten (*Leptobarbula berica*, *Pottia recta*, *Lepidozia cupressina*, *Sematophyllum micans*, *Cryphaea heteromalla*) schon im letzten Jahrhundert in Mitteleuropa nachgewiesen wurde, dann aber zeitweilig oder durchgängig verschwand und erst in jüngster Zeit wieder auftauchte. Das zeigt, daß die Arealgrenzen bereits seit dem vergangenen Jahrhundert erheblichen Fluktuationen unterlagen, deren Zusammenhang mit Fluktuationen der Wintertemperaturen aber bisher noch nicht untersucht wurde.

In Abbildung 4 ist neben den Trends der Wintertemperaturen im Zeitraum 1961–1990 auch die östlichste Begrenzung dargestellt, die aus den östlichsten Grenzverläufen aller in den Abbildungen 1 bis 3 angegebenen Arealgrenzen gebildet wurde. Diese Ostgrenze fällt ungefähr mit dem Verlauf der 3.5°C Winterisotherme, gemittelt über den Zeitraum 1961–1990, zusammen. Infolge der Temperaturzunahme, die in

Mitteleuropa im Zeitraum 1961–1990 etwa 1.5°C betrug, verlagerte sich die 3.5°C Winterisotherme, wie bereits beschrieben, um rund 400 km nach Osten und um etwa 100 km nach Norden (Abb. 4).

Alle Fundorte sind aus den Abbildungen 1 bis 3 in Abbildung 4 übertragen worden. Sie liegen ausnahmslos östlich der Linie, die sich aus der jeweils östlichsten Arealbegrenzung aller berücksichtigten Areale ergibt. Die mediterranen, mediterran-atlantischen und atlantischen Moosarten haben sich gegenüber der Ostbegrenzung in den letzten Jahrzehnten um etwa 150–250 km, maximal sogar um bis zu 600 km nach Osten ausgebreitet. Sie liegen damit fast ausnahmslos in dem Sektor, der sich zwischen der alten Ostbegrenzung und der um 400 km ostwärts verlagerten 3.5°C Winterisotherme ergibt (Abb. 4).

Die Gleichzeitigkeit und die räumliche Koinzidenz der west-östlichen Artenausbreitung und der west-östlichen Verlagerung der 3.5°C Isotherme ist als starker Beleg dafür anzusehen, daß eine wichtige Ursache für die Nord- und Ostausbreitung der Moose die Zunahme der Wintertemperaturen in Mitteleuropa in den letzten drei Jahrzehnten ist. Natürlich erfaßt die mittlere Wintertemperatur nur einen sehr verallgemeinerten Standortfaktor unter vielen anderen. Dennoch erscheint die Feststellung von einiger Bedeutung, daß die Moose so sensibel auf Änderungen der mittleren Wintertemperaturen reagieren, daß sie sich als Bioindikatoren bezüglich winterlicher Temperaturfluktuationen in Räumen mit weitmaschigem Klimameßnetz anbieten.

#### Literatur

- ABTS, U. W. u. FRAHM, J.-P. (1992): Neue und bemerkenswerte Moosfunde vom Niederrhein. In: Natur am Niederrhein N.F. 7, 35–50.
- APPLEYARD, J.; HILL, M. O. a. WHITEHOUSE, H. L. K. (1985): *Leptobarbula berica* (De Not.) Schimp. in Britain. In: J. Bryol. 13, 461–470.
- BRANDT-PEDERSEN, T. u. LEWINSKY, J. (1977): *Leptodontium flexifolium* (With.) Hampe new to Denmark. In: Lindbergia 4, 163–164.
- CASPARI, S. (1993): Erstnachweis von *Scorpiurium circinatum* (Brid.) Fleisch. u. Loeske für Deutschland. In: Bryologische Rundbriefe 15, 1.
- CASPARI, S. u. HEINRICHS, J. (1995): *Tortula princeps* ssp. *princeps* neu für Deutschland. In: Herzogia 11, 93–100.
- CRUNDWELL, A. C. a. NYHOLM, E. (1977): *Dicranella howei* Ren. und Card. and its relationship to *D. varia* (Hedw.) Schimper. In: Lindbergia 4, 35–38.
- DEUTSCHER WETTERDIENST (1984–1995): Die Großwetterlagen Europas. In: Amtsblatt des Deutschen Wetterdienstes. Offenbach.
- DÜLL, R. (1969): Moosflora von Südwestdeutschland. In: Mitt. bad. Landesverein Naturkunde und Naturschutz N.F. 10, 39–138.
- (1994): Deutschlands Moose 3. Teil. Bad Münstereifel.
- DÜLL, R. u. MEINUNGER, L. (1989): Deutschlands Moose. Bad Münstereifel.
- DURING, H.; ODÉ, B. a. VAN TOOREN, B. F. (1986): New records of *Tortella inflexa* (Bruch) Broth. and *Cephaloziella baumgartneri* Schiffn. in W. Europe. In: Lindbergia 12, 47–48.
- FRAHM, J.-P. (1973): Verbreitung, Systematik und Ökologie von *Leptodontium flexifolium* (Dicks.) Hampe. In: Nova Hedwigia 24 (2–4), 413–429.
- (1989): La bryoflore des Vosges et des zones limitrophes. Duisburg.
- (1991): *Oxystegus hibernicus* (Mitt.) Hilp. neu für Frankreich. In: Cryptogamie, Bryol. Lichénol. 12, 165–167.
- (1993): Veränderungen der Moosflora in den letzten 20 Jahren. In: Bryologische Rundbriefe 12, 2–5; 13, 4–6; 14, 6–7.
- (1997): Zur Ausbreitung von Wassermoosen am Rhein und seinen Nebenflüssen. In: Limnologica (im Druck).
- FRAHM, J.-P. a. GRADSTEIN, S. R. (1991): An altitudinal zonation of tropical rain forests using bryophytes. In: Journal of Biogeography 18, 669–678.
- HESS, P. u. BREZOWSKY, H. (1977): Katalog der Großwetterlagen Europas. In: Berichte des Deutschen Wetterdienstes Bd. 15/113. Offenbach.
- KLAUS, D. (1993): Zirkulations- und Persistenzänderungen des europäischen Wettergeschehens im Spiegel der Großwetterlagenstatistik. In: Erdkunde 47, 85–104.
- KOPERSKI, M. (1993): Florenliste der Moose in Niedersachsen und Bremen. Inform. Naturschutz Niedersachsen 13, 73–128.
- LÜTTGE, S.; ECKSTEIN L. u. SCHULZ, F. (1994): Artenhilfsprogramm, Moose in Hamburg. Hamburg.
- MITCHELL, J. M.; DZERDZEEVSKII, B.; FLOHN, H.; HOFMEYER, W. L.; LAMB, H. H.; RAO, K. N. a. WALLÉN, C. C. (1966): Climatic Change. Technical Note No. 79. WMO-No. 195.TP.100, Genf.
- MUHLE, H. (1984): Moose als Bioindikatoren. In: SCHULTZEMOTEL, W. (Ed.): Advances in Bryology vol. 2, Vaduz, S. 65–90.
- SCHIRMER, H.; BUSCHNER, W.; CAPPEL, A.; MATTHÄUS, H. G. u. SCHLEGEL, M. (1987): Meteorologie. Mannheim.
- SCHNEIDER, C. u. SCHNEIDER, TH. (1995): *Pottia recta* (With.) Mitt. Im saarländischen Moseltal, ein Wiederfund für Deutschland. In: Bryologische Rundbriefe 21, 3–4.
- SCHÖNWIESE, H. D.; RAPP, J.; FUCHS, T. u. DENHARD, M. (1993): Klimatrend-Atlas. Europa 1891–1990. Frankfurt.
- SCHUMACKER, R. a. FRAHM, J.-P. (1986): *Sematophyllum micans* (Wils.) Braithw. (Musci) Nouveau pour la bryoflore française, dans trois localités vosgesiennes. In: Cryptogamie Bryol. Lich. 7, 95–102.
- WHITEHOUSE, H. L. K. u. DURING, H. J. (1986): *Leptobarbula berica* (De Not.) Schimp. in Belgium and The Netherlands. In: Lindbergia 12, 135–138.