Hessische Floristische Briefe **47** (2/3)	Seiten 21 - 41	Darmstadt 1998

Zur Verbreitung und Vergesellschaftung von *Ulota bruchii* Hornsch. ex Brid. und *Ulota crispa* (Hedw.) Brid. (Musci) im Frankfurter Wald

WERNER MANZKE

Kurzfassung

Die Verbreitung und Vergesellschaftung von *Ulota cispa* (Hedw.) Brid. und *Ulota bruchii* Hornsch. ex Brid. in einem stadtnahen Waldgebiet südlich von Frankfurt a. M. wurden untersucht. Beide Laubmoose sind Epiphyten mit sehr ähnlichen ökologischen Ansprüchen, während aber *Ulota crispa* heute (noch) eine stärkere Bindung an Baumarten mit basenreicherer Borke und Waldgebiete mit hoher Luftfeuchtigkeit zeigt, ist *Ulota bruchii* dagegen auch auf saurer Borke und außerhalb der Feuchtgebiete auffallend häufig und besiedelt in einigen Waldgebieten bevorzugt sehr junge Bäume in Eichenforsten. *U. bruchii* und wahrscheinlich auch *U. crispa* haben sich nach 1991 deutlich ausbreiten können, sind heute in stadtnahen Waldbeständen und in angrenzenden Obstbaugebieten recht häufig und dringen am nördlichen und östlichen Waldrand bis in die Siedlungsgebiete von Frankfurt und Offenbach vor. Jüngere Klimaveränderungen können für die Wiederausbreitung kaum verantwortlich gemacht werden, waren zumindest nicht entscheidend, dagegen wird die Verbesserung der Luftqualität als eine Hauptursache gewertet. Beide Epiphyten sind oft miteinander vergesellschaftet, die meist flechtenreichen Gemeinschaften besiedeln nicht selten höher gelegene Stammabschnitte und konnten auf Pappeln und Eichen auch auf Kronenästen aus einer Höhe von etwa 12 m gefunden werden. Im Vergleich mit anderen Gebieten sind in den Pioniergesellschaften im Frankfurter Wald einige schadstoffsensible Arten seltener, nährstoffliebende Arten dagegen häufiger vertreten. In aufgelassenen Kiesgruben und in einigen auenwaldartigen Gehölzbeständen in der Mainaue zwischen Frankfurt und Mainz ist das Ulotetum crispae Ochsn. auf Weidenborke verbreitet, die Weichholzaue könnte unter naturnahen Bedingungen und mit nachlassender menschlicher Einflußnahme eine bevorzugte Waldgesellschaft des Ulotetum crispae sein.

Einleitung

In meiner Arbeit über die Verbreitung der Moose im stadtnahen Wald von Frankfurt am Main (MANZKE 1993) wurde *Ulota crispa* var. *norvegica* (Grönv.) A. J. E. Smith & M. O. Hill von mir nicht unterschieden und gemeinsam mit *Ulota crispa* (Hedw.) Brid. var. *crispa* kartiert. *Ulota crispa* var. *norvegica* wird heute wieder als eigenständige Art, *Ulota bruchii* Hornsch. ex Brid., angesehen (ROSMAN-HARTOG & TOUW 1987, DÜLL 1994a, FREY & al. 1995).

Beide Moose sind Epiphyten mit sehr ähnlichen ökologischen Ansprüchen, reagieren empfindlich auf Luftschadstoffe, sind in vielen Gebieten stark zurückgegangen oder verschollen und wurden daher in der Roten Liste der Moose Deutschlands für einige Bundesländer als gefährdete Arten aufgenommen (LUDWIG & al. 1996). Während *U. crispa* heute als die seltenere und stärker gefährdete Art gilt, war sie früher nach GRIMME (1936) in Hessen stellenweise häufiger als *U. bruchii*. Auch BURCK (1940, S.

64) nennt *U. crispa* (*U. crispula*, *U. ulophylla*) als verbreitet und häufig an Waldbäumen, *U. bruchii* aber als "zerstreut an Waldbäumen, selten an Tannen, mehr im Gebirge".

Um die heutige Verbreitung im Frankfurter Wald zu klären (und dies scheint auch deshalb dringlich, weil die Erweiterung des Flughafens um eine neue Start- und Landebahn im Schwanheimer Wald geplant wird und die damit verbundenen Veränderungen von Klima und Luftqualität auch Einfluß auf die Epiphytenvegetation der angrenzenden Waldgebiete nehmen könnten), wurden beide Arten noch einmal gründlich kartiert und ihre Vergesellschaftung mit Vegetationsaufnahmen dokumentiert. Zur Kontrolle der oberen Stammbereiche wurde eine Stehleiter (2 m) eingesetzt, so daß die Stämme bis in eine Höhe von etwa 4 m gut untersucht werden konnten, ebenso die leicht zugängliche Kronenregion von meist freistehenden jüngeren Bäumen mit niedrig angesetzter Krone und von Weiden- und Obstbäumen (bis in eine Höhe von etwa 6 m). Da die Epiphytenvegetation im Untersuchungsgebiet nur selten noch höher gelegene Stammbereiche besiedelt, die Ausnahmen sind überwiegend ältere Bäume mit stark geneigten Stämmen und Pappeln, Ulmen und Eschen in den Feuchtgebieten, konnte daher die Verbreitung von *U. crispa* und *U. bruchii* auf den oberen Stammregionen einigermaßen befriedigend erfaßt werden. Nicht repräsentativ sind dagegen die Funde, die auf den Kronenästen (9 bis 12 m) von Pappeln und Eichen gemacht werden konnten, da die Kronenregion in dieser Höhe nur an gefällten oder umgestürzten Bäumen oder auf abgebrochenen Ästen untersucht wurde. Für etwa 250 Funde wurde auch die Höhe am Baum notiert, diese verteilen sich folgendermaßen auf die verschiedenen Höhenbereiche: 18 % bis 1 m, 52 % zwischen 1 bis 2 m, 25 % zwischen 2 bis 5 m und 5 % zwischen 5 bis 12 m.

Durch den häufigen und intensiven Kontakt mit Flechtengesellschaften sind in den Gemeinschaften mit *U. crispa* und *U. bruchii* auch reichlich Flechtenspezies vertreten, die Blattflechten unter ihnen wurden vollständig erfasst, die Krustenflechten konnten aber nicht immer sicher bestimmt werden und sind deshalb nicht vollzählig in den Vegetationstabellen vertreten. Die bei der ersten Kartierung gesetzten Genzen des Untersuchungsgebietes wurden weitgehend beibehalten, neu untersucht wurden die Obstbaugebiete am Waldrand zu Schwanheim und Kelsterbach. Die Funde aus dem Naturschutzgebiet "Bruch von Gravenbruch" wurden mit in die Verbreitungskarten aufgenommen, die Vegetationsaufnahmen aus diesem Gebiet aber in einer anderen Untersuchung ausgewertet. Auf den Verbreitungskarten wird auch die Häufigkeit der Funde in den einzelnen Quadranten dargestellt, jeder von *U. crispa* oder *U. bruchii* besiedelte Baum wurde dabei als Einzelfund gewertet, der Abstand zwischen den Trägerbäumen und die Häufigkeit und der Deckungsgrad auf den einzelnen Bäumen wurden dabei nicht berücksichtigt. Die floristischen und vegetationskundlichen Daten wurden in den Wintermonaten 1997/1998 gesammelt. Die Artmächtigkeit wurde durch eine sechsstufige Skala (+= $\leq$ 1%, 1= > 1 - 5%, 2= > 5 - 25%, 3= > 25 - 50%, 4= > 50 - 75%, 5= > 75 - 100%) festgehalten, die Nomenklatur richtet sich nach DÜLL & MEINUNGER 1989, DÜLL 1994a, 1994b, FREY & al. 1995, MARSTALLER 1993, WIRTH 1995 und DREHWALD 1993.

Für die Durchsicht des Manuskripts und für kritische Anmerkungen und Verbesserungsvorschläge danke ich Herrn Prof. Dr. G. PHILIPPI vom Staatlichen Museum für Naturkunde in Karlsruhe.

Die Verbreitung von *Ulota crispa* und *Ulota bruchii* im Frankfurter Wald

U. bruchii ist heute im Frankfurter Wald wesentlich häufiger als *U. crispa* (Abb. 2 u. 3). Beide Arten sind oft miteinander vergesellschaftet, fast immer kann an den Wuchsorten von *U. crispa* auch *U. bruchii* zumindest an benachbarten Ästen oder Bäumen gefunden werden, nur in einem Quadranten wurde *U. crispa* alleine aufgefunden. Sie bevorzugen aufgelichtete Waldgebiete mit hoher Luftfeuchtigkeit, im Oberwald sind dies vor allem die Feuchtgebiete Kesselbruch, Königsbach-Aue, Wolfsträmke, Maunzenweiher und der benachbarte Gravenbruch, im Schwanheimer Wald die Main-Altaue mit Eichwald und Rohsee und im Süden der Gehspitzweiher und die Hengstbach-Aue. *U. crispa* ist sehr eng an diese luftfrischen Waldgebiete gebunden, *U. bruchii* kann dagegen nicht selten auch außerhalb der Feuchtgebiete an Waldrändern und in jungen Eichenforsten angetroffen werden.

In alten, geschlossenen Laubwaldbeständen, wie etwa den wenigen kleinflächig noch erhalten gebliebenen Auenwaldrelikten (Alno-Fraxinetum, Querco-Ulmetum) am Königs- und Hengstbach, wurden beide Arten nicht gefunden, und in den angrenzenden naturnahen Hainbuchenwäldern nur sehr selten *U. bruchii.* Dennoch könnten beide Moose dort vorhanden sein, da sie als lichttolerierende Pioniere auch die Kronenregion von alten Ulmen, Eschen und Eichen zu besiedeln vermögen und vielleicht waren die schmalen Auwälder entlang der Bachläufe und die Auenwälder der Mainaue (Rohsee, Schwanheimer Wald) die ursprünglichen Wuchsgebiete beider Arten. Da es jedoch kleine, periodisch trockenfallende Bachläufe mit nur geringer Strömung und Wasserführung waren oder aber Seitenarme des Mains, waren Auflichtungs- und Verjüngungsphasen in den vom Menschen unberührten Waldgesellschaften sicher seltener als heute und damit auch *U. bruchii* und *U. crispa* relativ seltene Arten.

Alle Feuchtgebiete im Frankfurter Wald sind durch Grundwasserabsenkungen und forstwirtschaftliche Eingriffe stark verändert, die ursprünglichen Waldgesellschaften vielerorts durch Pappel-, Ahorn- oder Eschenpflanzungen ersetzt worden. Diese Ersatzgesellschaften, Weidenbäume entlang der Waldtümpel und in aufgelassenen Kiesgruben (Gehspitzweiher, Langgewann), Weidengebüsche auf brachliegenden Feuchtwiesen (Gravenbruch) und freistehende Eschen, Ahorne und Eichen an Waldwegen und Waldwiesen sind heute wichtige Siedlungsgebiete von *U. bruchii* und *U. crispa.* Wenn auch örtlich Eschen, Bergahorne, Weiden und Pappeln bevorzugt besiedelt werden, ist besonders in den Feuchtgebieten die Bindung an bestimmte Baumarten gering und die Häufigkeit beider Arten eher abhängig von der Luftfeuchte und dem Lichtangebot, selten angenommen werden jedoch Buchen und Hainbuchen, weitgehend gemieden werden Erlen und Birken und auf Kiefern und Fichten wurden sie nicht gefunden. Auffallend häufig ist *U. bruchii* (auch außerhalb der Feuchtgebiete) auf *Quercus robur* und *Quercus petraea* (Tab. 1), überwiegend sind dies 20 bis 40 Jahre alte, niedrigwüchsige Bäume in lichten Forstkulturen oder aber junge freistehende Bäume an Waldrändern. Gelegentlich wurde *U. bruchii* aber auch auf den Kronenästen älterer Eichen (bis in einer Höhe von etwa 12 Metern) in mehr oder weniger geschlossenen Forsten weit entfernt von Feuchtgebieten gefunden. Da die Kronenvegetation nur selten ohne großen Aufwand untersucht werden kann, ist schwer zu beurteilen, wie häufig *U. bruchii* in älteren Laubwäldern und außerhalb der Feuchtgebiete wirklich ist.

In den Obst- und Ackerbaugebieten Dannenwald, westlich von Schwanheim zwischen Main und dem Schwanheimer Wald, und Mittelfeld, zwischen Kelsterbach und dem Flughafen gelegen, sind *U. crispa* und *U. bruchii* auch auf Obstbäumen verbreitet.

Abb. 1: Verbreitung von *Ulota crispa* s. l. (Ergebnisse der Kartierung von 1989-1991).
○ = 1 - 5 Funde, ◐ = 6 - 15 Funde, ● = > 15 Funde

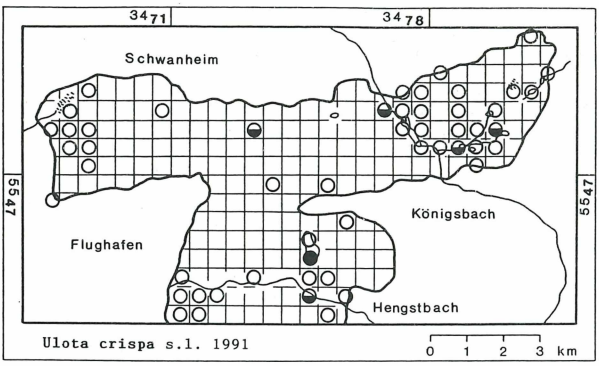

Abb. 2: Verbreitung von *Ulota bruchii* (Ergebnisse der Kartierung 1997/1998).

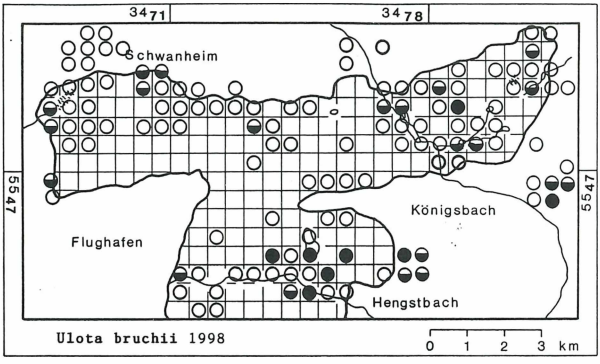

Abb. 3: Verbreitung von *Ulota crispa* s. str. (Ergebnisse der Kartierung 1997/1998).

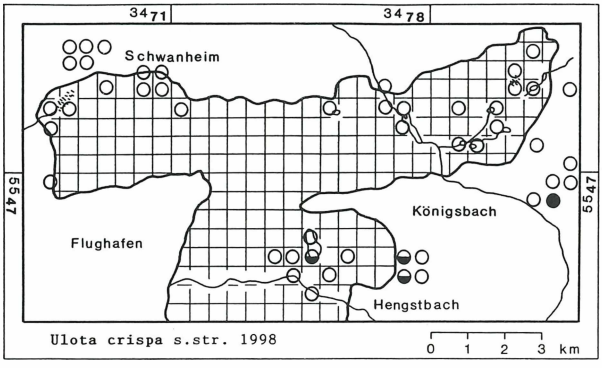

Tabelle 1: Trägerbäume von *Ulota bruchii* und *Ulota crispa*.

Phorophyten	Ulota bruchii 1998	Ulota crispa 1998	U. crispa s.l. 1991
Quercus robur	193	17	9
Salix spec.	114	53	14
Fraxinus excelsior	76	14	16
Populus spec.	68	12	47
Acer pseudoplatanus	55	7	3
Quercus petraea	52	6	-
Malus domestica	20	9	-
Carpinus betulus	18	2	5
Fagus sylvatica	16	1	16
Robinia pseudacacia	12	2	11
Sambucus nigra	4	1	7
Prunus padus	2	2	-
Prunus avium	2	1	-
Juglans regia	2	1	-
Betula pendula	1	-	-
Acer campestre	1	-	-
Alnus glutinosa	1	-	-
Ulmus laevis	1	-	1
Tilia platyphyllos	1	-	-
Acer platanoides	-	-	1
Summe	639	128	130

U. bruchii ist heute deutlich häufiger als noch vor wenigen Jahren und auch *U. crispa* wurde in Waldgebieten gefunden, in denen 1991 weder *U. bruchii* noch *U. crispa* aufgefunden wurde (Abb. 1). Diese Häufigkeit ist sicher nicht das Ergebnis unterschiedlich intensiver Kartierungsarbeit, der Zeitaufwand war bei der ersten Kartierung wesentlich größer und mit entsprechendem Aufwand ließe sich die Zahl der Funde heute noch erhöhen. Während 1991 Sporogone selten waren, sind inzwischen Polster ohne Sporogone die Ausnahme, häufig waren in den Wintermonaten bei beiden Arten alte entleerte Kapseln und junge unreife Sporogone gemeinsam vorhanden. Die Bestände von *U. bruchii* (und vermutlich auch von *U. crispa*) haben sich besonders auffällig im Schwanheimer Wald erholt, vor allem dort, wo Siedlungsgebiete unmittelbar bis an den Waldrand heranreichen und die rezente Mainaue nur wenige hundert Meter entfernt ist (Schwanheim, Goldstein), aber auch am Waldrand zu Neu-Isenburg und weniger stark im Oberwald in der Nähe von Offenbach und Oberrad.

Am nördlichen und östlichen Waldrand dringen beide Arten bis in die Randbezirke von Frankfurt und Offenbach vor (Eichenwäldchen am Universitätsklinikum, Carl-v.-Weinberg-Park, Fritz Kissel-Siedlung in Sachsenhausen, Rosenhöhe in Offenbach, beide Arten wurden 1973 von WITTENBERGER nicht im Stadtgebiet von Offenbach und auch nicht in den stadtnahen Waldgebieten aufgefunden). Während *U. crispa* aber auch in verkehrsberuhigten Siedlungen Schutz in Parkanlagen sucht, besiedelt *U. bruchii* gelegentlich sogar Eichen und Pappeln an verkehrsreichen Straßen (Mörfelder Landstraße, Kennedyallee, Gravenbruchring am Autokino !). Mit ihnen haben sich weitere Epiphyten ausgebreitet, die empfindlich auf Veränderungen der Luftqualität reagieren.

Frullania dilatata wurde während der ersten Kartierung im Schwanheimer Wald kein einziges Mal gefunden, *Radula complanata* nur einmal am Rohsee auf einer Betonmauer, beide Arten sind inzwischen wieder relativ häufig und gelegentlich mit den *Ulota*-Arten vergesellschaftet. Auf Rinde deutlich ausgebreitet haben sich auch *Orthotrichum affine* und *O. diaphanum*, leicht erholt haben sich *O. pumilum*, *O. tenellum*, *O. lyellii* und *Tortula laevipila*, einige wenige Arten wurden neu gefunden (*Orthotrichum pallens*, *O. patens*, *Tortula papillosa*), sind aber so selten, daß kaum entschieden werden kann, ob sie nach 1991 erneut eingewandert sind oder bei der ersten Kartierung nur übersehen wurden, andere (anspruchsvollere) Arten wie etwa *Neckera complanata*, *Leucodon sciuroides*, *Orthotrichum speciosum* und *O. striatum* dagegen sind heute noch genauso selten wie damals.

Während die Immissionsbelastung durch Stickstoffoxide auf hohem Niveau stagniert, sind die Konzentrationswerte für Schwefeldioxid, die in der Unteren Mainebene 1986/1987 im Jahresmittel noch bei 60 µg/m^3 lagen, seit 1988 weiter stark zurückgegangen und erreichten 1996 Werte zwischen 10 -15 µg/m^3 (HESSISCHE LANDESANSTALT FÜR UMWELT 1997). Den Zusammenhang zwischen hohen Schwefeldioxidimmissionen und der Versauerung von Laubholzborke hat KÖHM 1976 eingehend im Stadtgebiet von Frankfurt a. M. untersucht. Mit zunehmender Schwefeldioxidbelastung der Atmosphäre steigt der Schwefel- und Säuregehalt der Laubholzborke an. Für die Borke von *Fraxinus excelsior* wurden zum Beispiel im Stadtzentrum Werte über 230 µg/cm² Schwefel gemessen (SO_2-Gehalt der Luft zwischen 110 und 130 µg/m^3 im Jahresmittel) , der pH-Wert lag unter 3,2, am Nordrand des Stadtwaldes stieg der pH-Wert dagegen bei einem Schwefelgehalt der Borke zwischen 80 und 60 µg/cm² (und einer atmosphärischen Belastung mit 80 bis 90 µg/m^3 SO_2) auf Werte bis etwa 3,7 an. In dieser (für Frankfurter Verhältnisse) gering belasteten Zone lag der pH-Wert der Borke von *Fraxinus excelsior* aber immer noch weit unter den Werten, die in unbelasteten Gebieten erreicht werden, und unter den Werten, die für die auch unter natürlichen Bedingungen stark sauren Borken von *Alnus glutinosa* und *Quercus robur* (4,2 - 4,5) angegeben werden. So nennt BARKMAN (1958) für *Fraxinus excelsior* pH-Werte zwischen 5,2 bis 5,8, FRAHM (1992) ermittelte bei Messungen in den Vogesen einen pH-Mittelwert von 5,2 und KÖHM (1976) im Allgäu einen pH-Mittelwert von 5,3 bei einem Schwefelgehalt der Borke von 21µg/cm². Die Schwefelakkumulation und Versauerung der Borke wird durch artspezifische Unterschiede beeinflußt, und da von KÖHM nur Baumarten untersucht wurden, die auch im Stadtgebiet häufig sind (*Fraxinus excelsior*, *Acer platanoides*, *Tilia platyphyllos* und *T. cordata*), liegen für die wichtigsten Waldbaumarten keine Ergebnisse vor. Dennoch ist zu vermuten, daß die für *Fraxinus excelsior* nachgewiese Versauerung der Borke auch bei anderen Baumarten ähnliche Ausmaße erreichte, wenn auch nicht im gesamten Waldgebiet gleichmäßig und genauso stark wie am Nordrand des Stadtwaldes (auch müssen nicht immer und überall Schwefeldioxid-Immissionen dominant gewesen sein, die unregelmäßig und in großen Abständen aufgetretenen, durch Unfälle verursachten Chlorgas- und stickstoffhaltigen Emissionen der benachbarten Chemiefabriken haben mit Wind und Regen oft genug auch den Schwanheimer Wald erreicht).

Die hohen Schwefeldioxid-Immissionen seit 1950 waren jedoch wahrscheinlich die Hauptursache für den Rückgang vieler Moose, die noch 1940 von BURCK für den Frankfurter Wald als häufige oder gemeine Arten genannt wurden. Die Bedeutung der Substratversauerung wird auch dadurch deutlich, daß die meisten dieser unter natürlichen Bedingungen euryöken Arten 1991 im Untersuchungsgebiet eine enge Bindung an Baumarten mit subneutraler Borke (und Gebiete mit hoher Luftfeuchtigkeit) zeigten. *Ulota bruchi*, *U. crispa*, *Frullania dilatata* und *Radula complanata* waren früher auf saurer und subneutraler Borke häufige Arten, wurden aber während der ersten Kartierung

überwiegend auf Pappel- und Ahornborke gefunden, oder aber waren wie *Orthotrichum affine* und *O. diaphanum* stellenweise auf Betonmauern und Kalkstein sogar häufiger als auf Pappelborke. Die Pappelpflanzungen in den Feuchtgebieten des Frankfurter Waldes waren somit Rückzugsgebiete, in denen diese Arten die Zeiten mit hoher Schwefeldioxidbelastung überdauern konnten und von wo sie sich nach 1991 erneut ausbreiten konnten. Während *U. bruchii* heute wieder auch auf *Quercus robur* und *Q. petraea* recht häufig ist, zeigt *U. crispa* (immer noch) eine deutliche Vorliebe für basenreichere Borke. Auffällig ist auch, daß beide auf Buchen sehr selten sind und Erlen, Fichten und Kiefern weitgehend meiden, zumal dies früher im Frankfurter Wald und Taunus nicht so war (*Ulota crispa* s.l. nach BECKER (1828, S. 52) "vorzüglich auf Tannen", *U. crispa* s. str. nach GENTH (1836, S. 219) "vorzüglich an der glatten Rinde junger Buchen und Birken") und auch heute in anderen Gebieten (Thüringen, Süddeutschland, Vogesen) keineswegs der Fall ist (PHILIPPI 1965, MARSTALLER 1986, FRAHM 1992). Buchen, deren Borke unter naturnahen Bedingungen pH-Werte zwischen 5,1 und 5,8 erreicht (BARKMAN 1958, FRAHM 1992) und damit der Eschenborke nahesteht, werden im Frankfurter Wald, wie auch die Erlen mit saurer Borke, überwiegend von Azidophyten besiedelt (*Dicranum montanum*, *Lophocolea heterophylla* u. a.). Die seltenen Ausnahmen mit *Ulota*- und *Orthotrichum*-Arten, *Radula complanata*, *Frullania dilatata* und *Metzgeria furcata* sind meist alte Buchenstämme mit rissiger Rinde, die genannten Arten siedeln hier fast ausschließlich an angereicherten Stammabschnitten unterhalb von Wundstellen. Vermutlich ist die glatte Borke der Buchen anfälliger für Versauerungsprozeße als die Borke von Eschen und Eichen. Fichten und Kiefern werden im Frankfurter Wald weitgehend von Moosen gemieden, nur an der Stammbasis von Kiefern finden sich gelegentlich azidophytische Arten, meist Morschholzbesiedler, ein.

Auch Klimaschwankungen, vor allem der Wechsel zwischen längeren niederschlagsarmen (1881 - 1920, 1971 - 1980) und niederschlagsreichen Perioden (1921 - 1970, 1981 - 1990), (GIES et al. 1992), könnten immer wieder Fluktuationen in der Vegetation ausgelöst und die Ausbreitung oder den Rückgang auch von Moosarten verursacht, Arten aus dem (kleinen) Gebiet verdrängt oder die Einwanderung neuer Arten aus der unmittelbaren Umgebung unterstützt haben. So war vielleicht die "Einwanderung" der subozeanisch - submediterran verbreiteten *Cryphaea heteromalla* das Ergebnis besonders niederschlagsreicher (aber relativ kühler) Jahre (1981 - 1987, Tabelle 2), und muß nicht der einzige "Einwanderungsversuch" dieser Art gewesen sein. Am letzten bekannten Wuchsort konnte *C. heteromalla* schon 1996 nicht mehr beobachtet werden, die Pappelpflanzung wurde schließlich im Frühjahr 1998 vollständig kahlgeschlagen, und da auch im Verlauf dieser Kartierung keine neuen Funde gemacht werden konnten, ist es durchaus denkbar, daß die "Immigration" von *C. heteromalla* nicht erfolgreich war.

Aussagen über den Status von sehr selten Arten sind aber nur mit großer Vorsicht zu machen, da diese trotz gründlicher und zeitaufwendiger Kartierungen leicht übersehen werden können, zumal *C. heteromalla* und andere Epiphyten Kronenäste zu besiedeln vermögen und dann unentdeckt überdauern können. Da jedoch in der Unteren Main-Ebene keine weiteren Vorkommen bekannt geworden sind, müßten, im Falle einer Neueinwanderung, die Sporen von *Cryphaea heteromalla* sehr große Entfernungen überwunden haben und in ausreichender Menge eingetragen worden sein, um die wenigen Bäume besiedeln zu können, auf denen die Pflanzen schließlich gefunden wurden. Für andere subozeanisch und submediterran verbreitete Arten (*Pallavicinia lyellii*, *Atrichum angustatum*), die in der frühen Literatur nicht für den Frankfurter Wald genannt werden, ist eine "Neueinwanderung" aber sehr unwahrscheinlich, und auch *Cryphaea heteromalla* gehört vielleicht eher zu diesen übersehenen Arten.

Klimaveränderungen könnten die erneute Ausbreitung der subozeanisch verbreiteten *U. bruchii* und anderen Epiphyten zumindest gefördert haben, zumal sich diese auch in stadtfernen Waldgebieten (Gehspitzweiher, Hengstbach-Aue) ausgebreitet haben. Weitere Zeichen wie die allgemeine Zunahme mehrerer subozeanisch verbreiteter Moose und Flechten (FRAHM 1993, WIRTH 1995, LUDWIG & al. 1996), und die mögliche, wenn auch vielleicht nur regional beschränkte Umkehr der Häufigkeit von *U. crispa* und *U. bruchii* sprechen für die Einflußnahme des Klimas. Die geringere Bindung an subneutrale Borke und die Besiedlung von Obstbäumen außerhalb des gemäßigten Waldklimas könnten ebenso eine Folge besonders niederschlagsreicher Perioden sein.

Das Klima des Rhein-Main-Gebietes zeichnet sich im langjährigen Mittel durch geringe Jahresniederschläge (649 mm) und hohe Jahrestemperaturen (9,4 °C) aus, starke Abweichungen der Niederschlagshöhe vom langjährigen Mittel waren 1965 mit 1053 mm und 1976 mit 369 mm zu beobachten (nach Werten der Klimastation Flughafen Frankfurt a. M. für den Zeitraum 1949 - 1979, GOLWER & SEMMEL 1980). Charakteristisch für die Niederungen von Rhein und Main sind eine Jahresschwankung der Lufttemperatur größer als 18 °C, eine geringe Anzahl von Eistagen (unter 20) und Frosttagen (bis 80), zwischen 30 bis 40 Sommertage und ein Hauptmaximum der Niederschläge im Sommer mit überwiegenden Starkregen (Klimaatlas von Hessen 1950). Klimatische Veränderungen im Rhein-Main-Gebiet zwischen 1880 und 1960 hat EISENHARDT (1968) untersucht und aufgezeigt, daß sich die Klimaentwicklung durch eine allgemeine Erwärmung und eine Zunahme der Niederschläge auszeichnete. Die Erwärmung begann 1898 und wurde bis 1939 hauptsächlich durch eine starke Wintererwärmung bestimmt, ab 1940 nahm die Wintertemperatur stark ab, während sich die übrigen Jahreszeiten weiter erwärmten. EISENHARDT (1968, S. 68) spricht daher von einer "Klimawende vom maritimen zum mehr kontinentalen Klimatyp". Eine Zunahme der Niederschläge wurde ab 1897 verzeichnet, ab 1921 eine starke Niederschlagszunahme, die alle Jahreszeiten erfaßte.

Der Zeitraum zwischen 1960 bis 1980 läßt sich hinsichtlich der Niederschlagsverhältnisse in eine Phase mit überdurchschnittlich hohen Niederschlägen (1960 bis 1970) mit einem Maximum von 1053 mm (1965) und in eine Phase mit sehr trockenen Jahren (1971 bis 1976) mit einem Niederschlagsminimum von 369 mm (1976) unterteilen, während in den Jahren bis 1980 durchschnittliche Niederschlagsmengen (550 bis 700 mm) zu verzeichnen waren.

Für die Suche nach klimatischen Ursachen für die Wiedererholung (nach 1991) der Populationen von *U. bruchii* und *U. crispa*, die ein niederschlagsreiches und ozeanisches Klima bevorzugen und als "Kühlezeiger" und "Frischezeiger" eingestuft werden (DÜLL 1992), sind die Klimawerte von 1980 bis 1997 von Interesse (Tabelle 2). Mit einer Bewertung nach Jahressummen und Jahresmittelwerten waren die Jahre bis zur ersten Kartierung (1989 - 1991) überwiegend niederschlagsreich mit kühl-gemäßigtem Klima, unbeeindruckt davon erreichten die *Ulota*-Populationen offenbar einen Tiefpunkt in ihrer Entwicklung, während sie sich trotz der klimatischen Ungunst der niederschlagsarmen und sehr warmen Jahre nach 1991 deutlich erholen und ausbreiten konnten. Eine Betrachtung der Niederschlagsverteilung im Jahresverlauf ermöglicht eine andere Perspektive. Das niederschlagsreichere Jahr 1995 wird geprägt von außerordentlich hohen Niederschlagsmengen im milden Winter und Frühjahr, die Niederschlagsarmut der Jahre 1996 und 1997 dagegen durch sehr trockene Winter und Frühlingsmonate verursacht (Abbildung 4). Extreme Abbweichungen vom langjährigen Mittel sind für die Winter- und Frühjahrsmonate 1995 zu beobachten. Eine ähnlich hohe Niederschlagsmenge von 119 mm im Januar wird nur sehr selten erreicht (z. B. 1948 mit 106,3 mm, im

Tabelle 2: Jahressummen des Niederschlags und Jahresmittel der Lufttemperatur für den Zeitraum 1980 bis 1997 für die Klimastationen Flughafen Frankfurt a. M. und Palmengarten Stadtmitte (Werte in Klammern) nach Angaben des Deutschen Wetterdienstes (Offenbach a. M.)

Jahr	Nieder-schlag mm	Temperatur °C	Jahr	Nieder-schlag mm	Temperatur °C
1980	713 (624)	9,2	**1989**	587 (673)	10,8
1981	982 (926)	9,5	**1990**	581 (650)	11,1
1982	610 (599)	9,5	**1991**	468 (527)	10,1
1983	700 (657)	10,2	**1992**	626 (643)	10,9
1984	679 (-)	9,5	**1993**	550 (652)	10,4
1985	467 (-)	8,9	**1994**	527 (708)	11,6
1986	638 (707)	9,5	**1995**	719 (-)	10,8
1987	738 (811)	9,1	**1996**	531 (550)	9,2
1988	658 (754)	10,7	**1997**	498 (-)	10,7

langjährigen Mittel (1857 - 1956) sind für den Januar nur 47,6 mm zu verzeichnen), die Gesamtmenge der Niederschläge für die Monate Januar bis Mai betrug 377 mm, im langjährigen Mittel dagegen werden nur 214 mm erreicht (MOLLWO 1958). Auch die Temperaturen für diese Periode sind überdurchschnittlich hoch. Vorstellbar wäre, daß das niederschlagsreiche und milde Winter- und Frühjahrsklima von 1995 und folgende niederschlagsreiche Spätsommer- und Herbstmonate das Wachstum und eine reiche Sporogonbildung der *Ulota*-Arten gefördert haben, und trockene Perioden (Juni, Juli und Oktober, November) die Sporenausbreitung unterstützt haben, zumal als Zeiten für die Sporophytenreife die Monate Mai bis August für *Ulota crispa* und der Spätsommer und Herbstbeginn für *Ulota bruchii* angegeben werden (ROSMAN-HARTOG & TOUW 1987). Allerdings waren, wie bereits erwähnt, in den Wintermonaten 1997/1998 bei beiden Arten auffallend häufig alte entleerte Kapseln und junge unreife Sporogone zu beobachten (auch *Ulota bruchii* konnte im November, Dezember und Januar mit jungen Sporogonen gefunden werden, und es ist wenig wahrscheinlich, daß diese erst im Herbst reifen), so daß die auf das niederschlagsreichere Jahr 1995 folgenden sehr trockenen Jahre mit kälteren und niederschlagsarmen Wintern und Frühjahren die Fruchtbildung (und das Wachstum) der *Ulota*-Populationen nicht sehr beeinträchtigt haben können. Auch sehr kurze Perioden mit extremen Klimabedingungen können wohl immer wieder starke Schwankungen der Populationsgröße verursachen, waren vielleicht in manchen Jahren hilfreich, aber sehr wahrscheinlich nicht ausschlaggebend für die starke Wiederausbreitung nach 1991.

Der Wandel der wirtschaftlichen Nutzung des Waldes dagegen hat gewiß die Ausbreitung von Pflanzenarten wiederholt gefördert oder gehemmt. So waren die durch Waldweide und Niederwaldbetrieb stark aufgelichteten Wälder des 18. Jahrhunderts sicher ideale Siedlungsgebiete für lichttolerierende und lichtliebende (aber an das luftfeuchte ausgeglichene Waldklima gebundene) Moose und auch die starke Holzent-nahme in der letzten Kriegs- und Nachkriegszeit hat deren Lichtbedürfnisse bestimmt hinreichend befriedigt. Ausgeprägter als in früheren Zeiten ist heute der Wechsel zwischen mehr oder weniger ausgedehnten dichten Forsten und kleineren aufgelichteten Waldbeständen, aber der Ausbau des Waldwegesystems und die forstwirtschaftlliche Bevorzugung

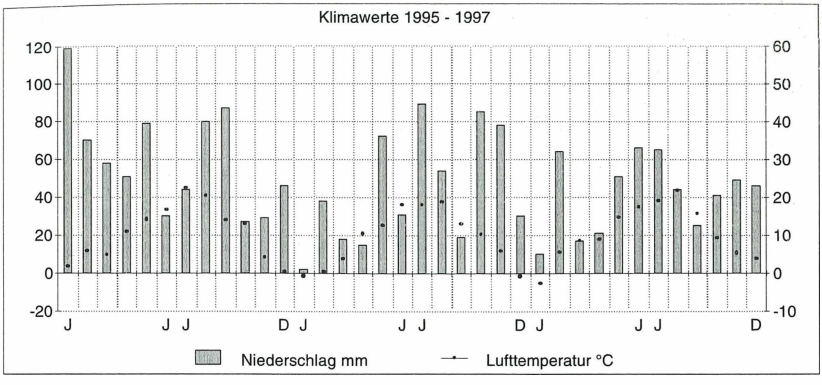

Abb. 4: Monatsmittelwerte der Lufttemperatur in °C und Monatssummen des Niederschlags in mm für die Jahre 1995 bis 1997 (nach Werten der Klimastation Flughafen Frankfurt a.M.)

von Pappeln, Ahornen und Eschen in den Feuchtgebieten dürfte der Ausbreitung von photophilen und euryphoten Arten durchaus förderlich sein. Von der durch Grundwasserabsenkungen und Schadstoffimmissionen verursachten Auflichtung vieler Waldbestände haben *U. crispa* und *U. bruchii* jedoch nicht oder nicht unmittelbar profitiert. Schwer geschädigte Waldbestände entlang der Autobahnen werden gemieden und auch in den ausgedehnten, durch Luftschadstoffe stark aufgelichteten Eichenwäldern am Flughafen fehlen beide Arten (sind jedoch auf Obstbäumen am Waldrand in unmittelbarer Nähe des Flughafens vertreten). In der Stamm- und Kronenvegetation dieser Eichenwälder dominieren toxitolerante Epiphyten wie *Dicranoweisia cirrata*, *Platygyrium repens* und *Dicranum tauricum*. In den von Grundwasserabsenkungen betroffenen Auenwäldern im Schwanheimer Wald und in der Hengstbachaue fehlen beide Moose in frühen Auflichtungsstadien und finden sich erst dort, wo die Vegetationslücken wieder durch lichte Forstkulturen geschlossen wurden. Diese Veränderung der Waldstruktur ist ein schleichender Prozeß, der zu einer zunehmenden Verjüngung der Waldbestände führt und die Baumartenzusammensetzung der Wälder verändert, sich aber in den letzten Jahren nicht sprunghaft verstärkt hat und daher die erneute Ausbreitung von Epiphyten nicht ausgelöst haben kann.

Die Bestände von *Ulota crispa* und *Ulota bruchii* haben sich wahrscheinlich nicht nur im Frankfurter Wald erholt. Ähnlich häufig sind beide Arten etwa im Luxemburger Oesling (WERNER 1996). *Ulota bruchii* wurde dort sogar häufiger beobachtet als *Dicranoweisia cirrata*.

Zur Vergesellschaftung von *Ulota bruchii* und *Ulota crispa*

Die Vergesellschaftung von *U. bruchii* und *U. crispa* ist oft untersucht und mit zahlreichen Aufnahmen belegt worden, Übersichten und Literaturhinweise finden sich bei MARSTALLER (1985) und HÜBSCHMANN (1986). Aus der aus bryosoziologischer Sicht stark vernachlässigten Rhein-Main-Ebene liegen jedoch bisher noch keine Untersuchungen vor, so daß es reizvoll erschien, der Frage nach möglichen regionalen Besonderheiten der Artenkombinationen und eventuell vorhandenen Unterschieden

zwischen *U. crispa* und *U. bruchii* bei der "Partnerwahl" mit weiteren Vegetationsaufnahmen nachzugehen.

Charakteristisch für das Ulotetum crispae Ochsner 1928, wie für andere Pioniergesellschaften auch, ist die offene Struktur der Gesellschaft. Die beteiligten Polster- und Deckenmoose sind locker verteilt, die Gesamtdeckung der Vegetation ist in frühen Sukzessionsphasen nur gering , so daß die Freiflächen überwiegen können, die Gesellschaftspartner keinen Kontakt miteinander haben und aus benachbarten Moos- und Flechtengesellschaften leicht Konkurrenten eindringen können. OCHSNER (1928, S. 81) nennt die Gesellschaft daher eine " in labilem Zustand befindliche Assoziation", die große "Schwankungen in der Artenzahl aufweist". Die Polster der *Ulota*-Arten sind meist nur wenige cm^2 groß, und die Kennarten erreichen im Untersuchungsgebiet selten hohe Deckungswerte, bei stärkerer Beschattung und hoher Luftfeuchtigkeit kann zumindest aber *U. bruchii* auch gelegentlich dominant werden. Auf jungen, 2 bis 3 m hohen Stieleichen in schwach durchforsteten Kulturen besiedelt die Gesellschaft die dünnen Eichenstämme an der Basis oft unmittelbar über dem Waldboden. Sie kann dann sehr artenarm sein, da jedoch meist aus benachbarten Feuchtgebieten *Orthotrichum*-Arten einwandern und aus der Krone der jungen Eichen Flechten bis an die mässig beschatteten Stammbasen vordringen können, unterscheiden sich diese Vergesellschaftungen in der Artenzahl und im Artenspektrum nur wenig von den Gemeinschaften auf älteren Bäumen. Auf diesen besiedelt die Gesellschaft meist die obere Stammregion und die untere Kronenregion, kann aber immer wieder dann auf den unteren Stammabschnitten Fuß fassen, wenn in den dort vorherrschenden Epiphytengesellschaften durch Beschädigungen der Vegetationsdecke Freiflächen entstehen oder aber am Rande dieser Gesellschaften noch hinreichend günstige Voraussetzungen für eine Neubesiedlung gegeben sind. Hinsichtlich der Lichtverhältnisse zeigen *U. crispa* und *U. bruchii* eine große Toleranz. Beide Epiphyten dringen weit bis in lichtreiche (und flechtenreiche) Kronenregionen vor, im Unterschied zu *U. crispa* erträgt *U. bruchii* aber deutlich häufiger auch stärkere Beschattung an den Wohnorten. Am stärksten hat wohl die Luftfeuchtigkeit Einfluß darauf, wie weit beide Arten auf höhergelegene Stammabschnitte und in Kronenbereiche vordringen können, aber auch die Ausgeglichenheit des Mikroklimas und die direkte Versorgung mit Niederschlagswasser sind maßgebend für die Wahl von Wuchsorten im Kronenbereich.

Trotz zunehmender Beschattung sind *U. crispa* und *U. bruchii* an den einmal eingenommen Wohnorten sehr ausdauernd, werden aber, wie auch die *Orthotrichum*-Arten und die konkurrenzschwachen Lebermoose und Flechten, in späteren Phasen der Vegetationsentwicklung von kräftigeren Filzmoosen, meist *Hypnum cupressiforme* und dem in den Feuchtgebieten des Frankfurter Waldes sehr häufigen *Platygyrium repens*, stark bedrängt und schließlich überwuchert. Die Gesellschaft überdauert am selben Stamm, indem immer wieder neue, meist höhergelegene Stammabschnitte erobert werden (so können in den Feuchtgebieten beide Arten an den meist mit Moosen dicht bewachsenen Stämmen alter Pappeln bis in einer Höhe von 6 Metern und mehr fehlen, finden sich dann aber auf den oberen Stammabschnitten in 8 Metern Höhe und auf den ersten Kronenästen in einer Höhe von 9 bis 12 Metern), oder aber weicht auf benachbarte jüngere Bäume oder auch in entferntere Gebiete aus. Der Abstand zu den nächsten besiedelten Baumbeständen (z.B. am Schwanheimer Waldrand) beträgt oft mehrere hundert Meter, die relativ großen Sporen (20 - 26 µm) scheinen eine gute Nahverbreitung und eine ausreichende Fernverbreitung zu garantieren. Die *Ulota*-Arten werden von DURING (1979) und FREY & HENSEN (1995) den ausdauernden Pendlern (Perennial shuttle species), *Ulota crispa* gelegentlich auch den wenigjährigen Pendlern (Short-lived shuttle species) zugeordnet (GONZALEZ-MANCEBO & DURING 1997).

Vergesellschaftungen mit *U. crispa* weisen im Vergleich mit den Gemeinschaften die *U. bruchii* ohne *U. crispa* eingeht, keine weiteren Eigenheiten im Artenspektrum auf, die Unterschiede sind quantitativer Natur (Tab.2). So sind Gemeinschaften, in denen *U. bruchii* alleine vertreten ist, ärmer an Flechten, während *Platygyrium repens* etwas häufiger beteiligt ist, Gesellschaften mit *U. crispa* dagegen flechtenreicher mit stärkerer Beteiligung von *Dicranoweisia cirrata*. Dies könnte daran liegen, daß *U. bruchii* schattentoleranter ist und häufig auch in Bereiche vordringt, in die Flechten, *U. crispa* und *Dicranoweisia cirrata* nicht mehr folgen können. Die Unterschiede werden aber nur dann deutlich sichtbar, wenn der Anteil der Vegetationsaufnahmen von stärker beschatteten Standorten an der Gesamtmenge der Aufnahmen sehr hoch ist, werden dagegen etwa nur Aufnahmen aus dem Kronenbereich verwendet, verschwinden auch diese kleinen Differenzen. Unbedeutend sind auch die Unterschiede zwischen den Gesellschaften auf verschiedenen Baumarten, auf Weiden, Pappeln und Eschen ist das Ulotetum crispae meist etwas reicher an *Orthotrichum*- und Flechtenspezies, aber in den Feuchtgebieten ist die Gesellschaft unabhängig von der Baumart meist sehr einheitlich aufgebaut.

Unter den rauheren Klimabedingungen der offenen Kulturlandschaft nimmt die Artendiversität insgesamt jedoch deutlich ab (Tab. 3), die gegen Austrocknung sehr empfindlichen Lebermoose fehlen auf den freistehenden, Wind und Sonnenstrahlung stärker ausgesetzten Obstbäumen im Dannenwald und Mittefeld ebenso wie die wenigen skiophilen Laubmoose, die im ausgeglicheneren Waldklima noch als Begleiter gelegentlich vertreten sind. *U. crispa* ist auf allen untersuchten Obstbäumen nur durch die in den Waldgebieten relativ seltene Kümmerform (fo. *crispula*) vertreten und nur sehr selten mit *U. bruchii* vergesellschaftet. Die Gemeinschaften werden dadurch nicht artenärmer, da die "freien Plätze" in der Regel von Flechtenarten, allen voran die im gesamten Gebiet häufige und auf Apfelbäumen stete *Physcia tenella*, eingenommen werden. Die etwa 100 bis 300 Meter vom Waldrand (und ebenso weit vom Flughafen, von Autobahnen und der Höchster Chemiefabrik) entfernten Obstbaumgrundstücke bei Schwanheim und Kelsterbach werden nur noch zum Teil bewirtschaftet, das Ulotetum crispae besiedelt dort aber keineswegs die schon lange brachliegenden, oft waldartigen Obstbaumbestände, sondern bevorzugt ältere, aber gepflegte Baumbestände. Häufig werden die besiedelten Obstbäume durch benachbarte Baumreihen mehr oder weniger gut von den Südwest- und Westwinden abgeschirmt, aber auch völlig freistehende Apfel- und Walnußbäume werden angenommen. Die Gesellschaften wurden auf allen untersuchten Obstbäumen nur im Kronenbereich aufgefunden, sie weichen den extremeren Bedingungen des Freilandklimas aus, indem Wuchsorte mit milderem Mikroklima aufgesucht werden (Astgabeln, stärker beschattete, windgeschützte Äste).

Vergesellschaftungen auf *Fraxinus excelsior* (Tabelle 4, Aufnahme 1 und 8) in den Grünanlagen der Randbezirke von Offenbach und Frankfurt vermitteln zwischen den Gesellschaften auf Obst- und Waldbäumen. In ihnen können durchaus schadstoffempfindliche Moose (*Radula complanata*, *Orthotrichum pumilum*) vertreten sein, und auch Flechtenarten sind meist reichlich beteiligt.

Das Ulotetum crispae ist gelegentlich eine nitrophobe Gesellschaft genannt worden (OCHSNER 1928, HÜBSCHMANN 1986). Die Gesellschaft zeichnet sich aber im Frankfurter Wald, auch im Vergleich mit den Aufnahmen aus Thüringen (MARSTALLER 1985), durch die hohe Stetigkeit mehrerer, nährstoffreiche Standorte bevorzugende Moos- und Flechtenspezies aus. So ist in vielen der Gemeinschaften auf Waldbäumen und insbesondere auf Obstbäumen das nitrophile *Orthotrichum diaphanum* vertreten und das eutraphente und an den Stammbasen vieler Baumarten oft dominante *Brachythecium*

Tabelle 3: Ulotetum crispae Ochsner 1928
(Spalte A: Gesamtmenge der Aufnahmen, Spalte B: Aufnahmen ohne U. crispa, Spalte C: Aufnahmen mit U. crispa, Spalte D: Spanne der Artmächtigkeit).

Größe der Aufnahmefläche:	1 - 10 dm²			
Höhe am Stamm:	0,3 - 12 m			
Deckung:	30 - 90 %			
Mittlere Artenzahl:	9			
Vorherrschende Exposition:	W - SW			
Anzahl der Aufnahmen:	**132**	77	55	
(Stetigkeit in %)				

Trägerbäume:	
Salix spec.	59
Quercus robur	31
Fraxinus excelsior	21
Populus spec.	15
Acer pseudoplatanus	5
Carpinus betulus	1

	A	B	C	D
Kennarten der Assoziation:				
Ulota bruchii	**86**	100	67	+-3
Ulota crispa	**42**	-	100	+-2
Frullanio-Leucodontetea:				
Orthotrichum affine	**86**	84	89	+-3
Orthotrichum diaphanum	**58**	57	58	+-3
Frullania dilatata	**23**	25	20	+-3
Radula complanata	**11**	13	7	+-1
Orthotrichum lyellii	**9**	9	9	+-2
Orthotrichum pumilum	**7**	8	5	+-3
Orthotrichum obtusifolium	**5**	5	5	+-2
Orthotrichum stramineum	**5**	3	7	+-3
Leskea polycarpa	**5**	8	2	+-1
Metzgeria furcata	**5**	5	4	+-1
Orthotrichum patens	**4**	5	2	+-2
Pylaisia polyantha	**3**	4	2	1-3
Orthotrichum pallens	**2**	3	2	+
Orthotrichum tenellum	**2**	1	2	+
Orthotrichum speciosum	**1**	-	2	+
Cladonio-Lepidozietea:				
Dicranum montanum	**25**	27	22	+-1
Dicranoweisia cirrata	**18**	14	24	+-3
Platygyrium repens	**16**	18	13	+-3
Cladonia coniocraea	**14**	13	15	+
Lophocolea heterophylla	**8**	9	7	+-1
Aulacomnium androgynum	**3**	-	7	+-1
Dicranum tauricum	**2**	-	4	+

	A	B	C	D
Begleiter Moose:				
Hypnum cupressiforme	**94**	92	96	+-4
Brachythecium rutabulum	**45**	48	40	+-3
Amblystegium serpens	**21**	25	16	+-2
Ceratodon purpureus	**5**	5	4	+-1
Brachythecium velutinum	**4**	6	-	+-3
Bryum subelegans	**2**	-	4	+
Dicranum scoparium	**2**	1	4	+
Tortula papillosa	**1**	-	2	+
Porella platyphylla	**1**	1	-	+
Begleiter Flechten:				
Parmelia sulcata	**59**	53	67	+-3
Physcia tenella	**53**	49	58	+-3
Candelariella reflexa	**46**	38	56	+-1
Phaeophyscia orbicularis	**23**	18	29	+-1
Parmelia glabratula	**19**	16	24	+-1
Physcia adscendens	**16**	13	20	+-2
Hypogymnia physodes	**9**	9	7	+-2
Evernia prunastri	**5**	5	4	+
Parmelia caperata	**3**	3	4	+-1
Parmelia saxatilis	**2**	1	2	1
Lecanora hagenii	**2**	1	2	+
Xanthoria parietina	**2**	-	4	+-1
Lecidella elaeochroma	**1**	1	-	+
Physcia aipolia	**1**	-	2	+
Parmelia subrudecta	**1**	-	2	+
Candelaria concolor	**1**	1	-	1

rutabulum findet sich auf Weiden- und Obstbäumen häufig auch noch in den Moosgesellschaften der Kronenregion. Nicht selten auf den Obstbäumen, wenn auch nur gelegentlich im Ulotetum crispae vertreten, sind auch *Bryum argenteum*, *Ceratodon purpureus*, *Grimmia pulvinata* und *Tortula muralis*. Die hohen Stickstoff- und Staubemissionen in der Region nehmen also deutlich Einfluß auf die Zusammensetzung des Ulotetum crispae. Die unter den Begleitern der Gesellschaft häufigen toxitoleranten Flechten *Phaeophyscia orbicularis*, *Physcia adscendens*, *Physcia tenella*, *Parmelia sulcata* und *Candelariella reflexa* tolerieren auch eine stärkere Eutrophierung (WIRTH 1985, 1992, 1995). Geringer als in anderen Gebieten (PHILIPPI 1965, DUNK 1972, MARSTALLER 1985) ist die Präsenz von *Orthotrichum speciosum* im Ulotetum crispae. Die sensibel auf Luftschadstoffe reagierende Art gehört heute (wie auch *O. striatum*) immer noch zu den sehr seltenen Epiphyten im Frankfurter Wald, war früher nach BURCK (1940) aber an Feld- und Waldbäumen allgemein verbreitet.

Tabelle 4: Ulotetum crispae Ochsn. 1928
(auf Obstbäumen am "Dannenwald" bei Schwanheim und im Kelsterbacher Mittelfeld).

Anzahl der Aufnahmen:	20		Vorherrschende Expositionen:	SE, W, NE	
Größe der Aufnahmefläche:	1 - 4 dm²		Trägerbäume:		
Höhe am Stamm:	1,4 - 5 m		Malus domestica 15x, Juglans regia 4x,		
Deckung:	20 - 75 %		Prunus avium 1x.		
Mittlere Artenzahl:	9		(Stetigkeit in %)		
Kennarten der Assoziation:					
			Bryum argenteum	**10**	+-1
Ulota bruchii	**70**	+-1	Grimmia pulvinata	**5**	+
Ulota crispa	**35**	+-1			
			Begleiter Flechten:		
Frullanio-Leucodontetea:					
			Physcia tenella	**90**	+-3
Orthotrichum diaphanum	**80**	+-3	Parmelia sulcata	**60**	+-2
Orthotrichum affine	**70**	+-3	Candelariella reflexa	**60**	+-1
Orthotrichum lyellii	**5**	+	Phaeophyscia orbicularis	**55**	+-2
Orthotrichum pumilum	**5**	+	Hypogymnia physodes	**40**	+-2
Orthotrichum tenellum	**5**	+	Physcia adscendens	**25**	+-1
			Xanthoria parietina	**15**	+-1
Begleiter Moose:			Lecanora spec.	**15**	+
			Parmelia caperata	**5**	1
Hypnum cupressiforme	**95**	+-4	Evernia prunastri	**5**	+
Dicranoweisia cirrata	**45**	+-1	Parmelia glabratula	**5**	+
Brachythecium rutabulum	**40**	+	Cladonia coniocraea	**5**	+
Ceratodon purpureus	**20**	+	Usnea spec.	**5**	+

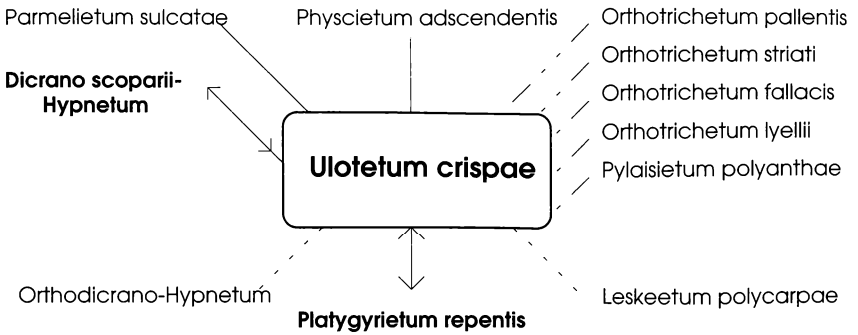

Abb. 5: Kontakt- und Folgegesellschaften des Ulotetum crispae im Frankfurter Wald (Gesellschaften, in denen *U. crispa* und *U. bruchii* als Begleiter vertreten sind, wurden hervorgehoben, die Flechtengesellschaften nicht vollständig aufgeführt).

Ausgeprägte Azidophyten wie *Dicranum montanum* und *Lophocolea heterophylla* spielen nur eine untergeordnete Rolle, sind aber auf der sauren Borke junger Eichen recht häufig auch im Ulotetum crispae vertreten, meist aber nur mit geringen Deckungswerten und als Kümmerformen. Berührungen mit dem Orthodicrano-Hypnetum sind selten, *U. bruchii* gehört aber gelegentlich zu den Begleitern dieser skiophytischen Gesellschaft. Die wichtigsten Kontaktgesellschaften sind im Frankfurter Wald das Platygyrietum repentis und das Dicrano socparii-Hypnetum (Abb. 5), Übergänge zu diesen beiden Gesellschaften sind überall anzutreffen, während Kontakte mit den Orthotrichetalia-Gesellschaften selten sind und auf wenige Feuchtgebiete beschränkt bleiben.

Das Ulotetum crispae ist in der Unteren Main-Ebene weit verbreitet und in den an den Frankfurter Wald angrenzenden Waldgebieten Isenburger Wald und Mönchbruch ähnlich häufig. Auffällig sind Verbreitungslücken in der Main-Aue zwischen Frankfurt und der Mainmündung. Vom Stadtgebiet bis zur Staustufe Griesheim fehlt die Gesellschaft auf den Weidenstämmen am Mainufer, und ist zwischen Schwanheim und Frankfurt-Höchst sehr selten, auch dort, wo das Flußufer von einem breiten, waldartigen Gehölzsaum aus Weiden und Pappeln begleitet wird. Häufig wird das Ulotetum crispae erst am Mainufer bei Kelsterbach, fehlt aber bis zum Rhein immer wieder dann, wenn größere Siedlungen und Industrieanlagen in der Nähe sind oder aber die Ufervegetation nur aus einer alleeartigen Baumreihe besteht. Die Verbreitungslücken sind also klima- und immissionsbedingt, an freistehenden Uferbäumen kann sich die Gesellschaft nicht behaupten, weil Wind und Sonnenstrahlung in Ufernähe ungeschwächt für extreme Klimaschwankungen sorgen, während in auenwaldartigen Weidenbeständen ein ausgeglichenes Mesoklima herrscht, das die Gesellschaft überall dort begünstigt, wo geringe Schadstoffimmissionen dies zulassen. Allgemein selten auf den Weidenstämmen am Mainufer zwischen Frankfurt und Mainz sind *Frullania dilatata*, *Radula complanata* und die meisten *Orthotrichum*-Arten, (auf den Ästen und oberen Stammabschnitten) sehr häufig dagegen *Orthotrichum diaphanum*, *O. affine*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Physcia tenella* und *Physcia adscendens*.

Tabelle 5: Vergesellschaftung von Ulota crispa und Ulota bruchii
(im Frankfurter Wald, Gravenbruch und in den Randbezirken von Offenbach und Frankfurt, ausgewählt aus 133 Aufnahmen)

Aufnahme-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Waldgebiet/Stadtteil	Sh	Kp	Gr	Fw	Lg	Md	Md	Ob	Gr	Lg	Jw	Gw	Gr	Kw	Rs	Gr	Gr	Gr	Gw	Gr
Höhe ü. Boden m	1,6	0,3	1,1	3	1,9	1,6	1,4	1,8	6	1,2	11	4,5	4	3	3	1,5	3,5	6	2,2	4
Fläche dm²	2	2	2,5	2	4,5	2	2	2	1,5	2	2	4	3	4	2	2,5	2,5	2,3	2	2
Deckung %	35	80	70	70	35	45	60	40	40	70	85	75	70	70	75	40	65	60	70	60
Artenzahl	11	8	9	8	8	9	8	10	9	11	12	9	8	13	12	10	9	10	9	8
Exposition	SW	W	S	S	NE	SW	W	W	W	W	W	SW	N	W	SW	E	N	W	W	W
Baumart	Fe	Qr	Ss	Fe	Ss	Qr	Qr	Fe	Ss	Ss	Pc	Qr	Ss	Ss	Fe	Qr	Ss	Ss	Cb	Ss
Kennarten der Assoziation:																				
Ulota bruchii	1	1	2	2	1	1	1	+	+	+	+	+	+	1	+	1	1	+	.	.
Ulota crispa	.	.	.	.	.	.	.	1	1	+	2	+	+	+	+	+	1	+	1	1
Frullanio-Leucodontetea:																				
Orthotrichum affine	+	+	1	+	+	+	1	1	+	1	1	1	+	1	+	+	1	+	2	+
Orthotrichum diaphanum	+	+	2	.	+	1	1	+	.	+	1	3	.	+	+	.	.	+	.	+
Frullania dilatata	.	.	2	.	2	.	.	.	.	3	.	.	.	.	.	1	.	1	.	.
Radula complanata	+	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.
Orthotrichum stramineum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	+	.	.	.	.	.	.
Orthotrichum lyellii	.	2	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Begleiter Moose:																				
Hypnum cupressiforme	1	3	3	+	2	2	3	2	.	2	3	2	3	3	2	3	3	3	+	2
Brachythecium rutabulum	.	.	+	.	.	.	+	.	1	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
Dicranum montanum	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	+	.	.	.
Platygyrium repens	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.
Dicranoweisia cirrata	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.
Dicranum scoparium	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.
Begleiter Flechten:																				
Parmelia sulcata	2	2	.	+	.	2	+	1	2	+	.	1	2	1	2	+	1	2	1	2
Physcia tenella	+	+	.	+	.	+	+	2	+	+	+	+	+	1	1	.	+	+	3	+
Candelariella reflexa	.	.	+	+	+	.	.	1	.	+	+	.	+	+	1	.	+	+	+	+
Phaeophyscia orbicularis	1	.	+	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	+	+	.	.	+	+	.
Physcia adscendens	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	1	.	.	+	.	.	.	+	.
Hypogymnia physodes	+	+	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.
Parmelia glabratula	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	1	.
Cladonia coniocraea	.	.	.	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.

Weitere Arten: Nr.1: Parmelia subrudecta 1; Bryum argenteum +, Nr.3: Amblystegium serpens 1, Nr.4: Brachythecium velutinum 3, Nr.8: Orthotrichum pumilum +, Nr.9: Leskea polycarpa +; Parmelia caperata +, Nr.11: Lecanora hagenii +; Xanthoria parietina 1, Nr.14: Parmelia saxatilis 1, Nr.16: Aulacomnium androgynum +. Cb= Carpinus betulus, Fe= Fraxinus excelsior, Pc= Populus canadensis, Qr= Quercus robur, Ss= Salix spec.
Waldgebiet/Stadtteil: Fw= Försterwiesenweiher, Gr= Gravenbruch, Gw= Gehspitzweiher, Jw= Jacobiweiher, Kp= Kaiserplatte, Kw= Kesselbruchweiher, Lg= Langgewann, Md= Mitteldick, Ob= Offenbach, Rs= Rohsee, Sh= Sachsenhausen.

Auch abgesehen von der Einflußnahme über die Luftqualität sind die Waldbestände, in denen das Ulotetum crispae heute häufig ist, durch die Veränderung der Bestandesdichte und der Baumartenzusammensetzung stark vom Menschen geprägt. Das Ulotetum crispae ist also zumindest im Frankfurter Wald in vielerlei Hinsicht durchaus eine hemerophile Gesellschaft. Die jungen Eichenforsten, die günstige Bedingungen für die Entwicklung des Ulotetum crispae bieten, sind mit den wesentlich dichteren und nur kleinflächig ausgebildeten Verjüngungstadien von natürlichen Laubwäldern nicht

vergleichbar, und ob die Pioniergesellschaft in der Kronenregion natürlicher Laubwälder eine ähnlich bedeutende Rolle einnehmen würde, läßt sich nur schwer überprüfen. Überall dort, wo die Kronenvegetation älterer Eichen untersucht werden konnte, war das Ulotetum crispae aber relativ selten und auch das wintermilde, aber niederschlagsarme Klima der Unteren Main-Ebene fördert eher die Vermutung, daß das Ulotetum crispae außerhalb der Mainaue ohne menschliche Unterstützung wahrscheinlich eine recht seltene Gesellschaft wäre.

Die Vorwaldstadien mit *Salix caprea* und *Populus tremula*, gelegentlich auch mit Beteiligung von *Salix fragilis* s. l., *Salix* x *rubens* und weiteren Lichtholzarten, die in den aufgelassenen Sand- und Kiesgruben eine Wiederbewaldung einleiten, sind in jeder Hinsicht ideale Siedlungsgebiete für das Ulotetum crispae. Die Luftfeuchtigkeit ist hoch, vor allem dort, wo die Rohböden durch hochanstehendes Grundwasser beeinflußt werden, oder die Grundwasseroberfläche aufgedeckt wurde und ganzjährig größere Wasserflächen in unmittelbarer Nähe vorhanden sind und die umliegenden Waldbestände einen schützenden Mantel bilden. Auf den oft zu stattlichen Bäumen herangewachsenen, reichverzweigten Weiden kann das Ulotetum crispae bis in einer Höhe von mehr als 6 Metern auf fast allen "Etagen" beobachtet werden. Auch diese Vorwaldstadien entsprechen nicht den Lichtungsgesellschaften und Verjüngungsstadien von natürlichen Laubwäldern, erinnern aber stark an die ökologischen Verhältnisse, die in den Weichholzauen großer Flußläufe vorherrschen. Ob das Ulotetum crispae in den natürlichen Auenwäldern entlang des Mains eine häufige Pioniergesellschaft war, läßt sich in der heutigen Mainaue nicht mehr überprüfen. Aus der Rheinaue ist das Ulotetum crispae bisher als eine seltene Gesellschaft auf *Salix alba*, *Alnus glutinosa*, *Populus canadensis* und *Fraxinus excelsior* beschrieben worden (PHILIPPI 1965,1974). Vielleicht konnten sich aber *U. crispa* und *U. bruchii* in den letzten Jahren auch in der Rheinaue (wieder) ausbreiten.

Die geringen Unterschiede in den ökologischen Ansprüchen von *U. crispa* und *U. bruchii* (im Frankfurter Wald !) lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

Ulota crispa meidet weitgehend stärker beschattete Standorte, ist dafür aber enger an luftfeuchte Waldgebiete gebunden als *U. bruchii*. Auch hinsichtlich der Luftqualität ist *U. crispa* anspruchsvoller, meidet stark belastete Gebiete und bevorzugt deutlich Baumarten mit basenreicherer Borke. *U. crispa* ist öfter auch unter den Begleitern des Dicrano scoparii-Hypnetum zu finden, aber nur selten im Platygyrietum repentis, Kontakte zu Flechtengesellschaften sind häufig. In den Waldgesellschaften sind Kümmerformen (fo. *crispula*) recht selten, auf Obstbäumen aber regelmäßig vertreten.

U. bruchii toleriert dagegen auch stärkere Beschattung, ist weniger stark auf Feuchtgebiete angewiesen und im Platygyrietum repentis ein häufiger Begleiter. *U. bruchii* ist aber an lichtreicheren Standorten ebenso häufig wie *U. crispa* und oft mit dieser vergesellschaftet, die Berührungen mit dem Dicrano scoparii-Hypnetum und den Flechtengesellschaften sind genauso intensiv. Die Empfindlichkeit gegenüber Luftschadstoffen ist geringer, ebenso die Bindung an Baumarten mit subneutraler Borke, so daß *U. bruchii* ein wesentlich größeres Areal zu besiedeln vermag und auch weiter in die Kulturlandschaft und in Stadtgebiete vordringen kann als *U. crispa*.

Bei beiden Arten konnten in den Monaten November, Dezember und Januar neben alten, entleerten Kapseln auch junge, unreife Sporogone gefunden werden, so daß Unterschiede in der Reifezeit nicht sehr groß sein können oder nicht in allen Jahren vorhanden sein müssen.

Nachtrag zur Moosflora des Frankfurter Waldes

Folgende Ergänzungen und Korrekturen zur Moosflora des Frankfurter Waldes (MANZKE 1993) sind notwendig geworden:

1. Für viele epiphytische Moose wurde als Trägerbaum von den Ulmenarten nur *Ulmus minor* genannt. Da jedoch im Gebiet auch *U. laevis* und *U. glabra* vorkommen und diese während der Kartierung nicht unterschieden wurden, sollte überall dort, wo die Feldulme als Trägerbaum genannt wird, besser *Ulmus* spec. stehen.

2. Unter den Belegen von *Eurhynchium hians* fanden sich auch zwei Belege, die zu *Eurhynchium hians* var. *rigidum* (Boul.) Duell gehören. Die Proben wurden in einem Kalksteinbruch und in einer Eschenpflanzung im Oberwald (TK **5918**/1) gesammelt.

3. Auch die Varietäten von *Zygodon viridissimus* wurden vernachlässigt. Im Frankfurter Wald sind *Zygodon viridissimus* (Dicks.) Brid. var. *viridissimus* und *Zygodon viridissimus* var. *vulgaris* (Correns) vertreten. Beide Varietäten sind sehr selten und nirgendwo miteinander vergesellschaftet, und *Z. viridissimus* var. *viridissimus* zeigt eine leichte Vorliebe für anthropogene Standorte, dennoch lässt sich im Gebiet keine scharfe geographische oder ökologische Trennung erkennen und am Waldrand zur Hengstbach-Aue sind beide Varietäten auf unmittelbar benachbarten Feldahornen zu finden. *Zygodon virisissimus* var. *viridissimus* wurde an der kalkreichen Uferböschung des Buchrainweihers (TK **5918**/1) auf Feldahornen und Buchen, an einer Bahnböschung im Schwanheimer Wald (TK **5917**/2) auf Holunderborke und auf Feldahornborke in der Hengstbach-Aue (TK **5917**/4) gefunden und ist nur am Buchrain-Weiher etwas häufiger. *Zygodon viridissiumus* var. *vulgaris* fehlt am Buchrainweiher, wurde an der Grasträmke (TK **5918**/1) auf *Tilia platyphyllos* , in der Nähe des Jacobi-Weihers (TK **5918**/1) auf Pappelborke und in der Hengstbachaue (TK **5917**/4) auf *Ulmus laevis* und *Acer campestre* gefunden und ist dort häufiger als die Varietät *viridissimus*.

4. *Sphagnum recurvum* ist *Sphagnum fallax* (Klinggr.) Klinggr. (*Sphagnum recurvum* var. *mucronatum*).

5. *Racomitrium canescens* s.l. ist *Racomitrium elongatum* (Ehrh.) ex Frisvoll.

6. *Tortula laevipila* (Brid.) Schwaegr. var. *laevipila* wurde bei der ersten Kartierung nur einmal auf Pappelborke im Oberwald gefunden. Die Art ist (inzwischen) auch auf Obstbäumen am Waldrand zu Schwanheim und Kelsterbach vertreten (TK **5917**/1), alle Funde mit Sporogonen.

7. *Frullania dilatata* wurde während der ersten Kartierung nicht, *Radula complanata* nur einmal im Schwanheimer Wald aufgefunden. Beide Arten sind dort wieder auf Eschen, Pappeln und Ahornen recht häufig.

8. Neu gefunden wurde *Tortula papillosa* auf Eschenborke im Schwanheimer Wald (Stöppelschneise, TK **5917**/1). Die Art wurde vielleicht bei der ersten Kartierung übersehen, könnte aber auch neu eingewandert sein und findet sich gelegentlich auch auf den Weiden am Mainufer (z.B. im Mainbogen bei Rumpenheim TK **5818**/4). Nach BURCK (1940) an freistehenden Bäumen nicht selten.

9. Ebenfalls neu gefunden wurde *Orthotrichum pallens* var. *pallens*, auf Eschen, Weiden, Stieleichen in der Hengstbachaue und am Gehspitzweiher (TK **5917**/4), und auf Pappeln im Langgewann (TK **5918**/3) und am Gravenbruch (TK **5918**/1). Die Art, schon von BAYRHOFFER (1849) für Obstbäume bei Frankfurt angegeben, wurde sehr

wahrscheinlich bei der ersten Kartierung übersehen, könnte sich aber leicht ausgebreitet haben.

10. Bei der ersten Kartierung nicht unterschieden und mit *Orthotrichum stramineum* gemeinsam kartiert wurde *Orthotrichum patens*. Die Art wurde inzwischen in der Hengstbachaue und am Gehspitzweiher (TK **5917**/4) auf Pappeln, Eschen, Buchen und Stieleichen, auf Pappeln im Schwanheimer Wald (TK **5917**/1) und auf Weiden am Königsbrunnen im Oberwald und am Gravenbruch (TK **5918**/1) gefunden. Nach BAYRHOFFER (1849) an Obstbäumen bei Frankfurt. *O. patens*, gelegentlich auch als Varietät von *O. stramineum* (MARGADANT & DURING 1982, DÜLL 1994a) gewertet, ist im Frankfurter Wald wahrscheinlich häufiger als *O. stramineum*.

Die gegen starke Luftverschmutzung empfindlichen Epiphyten unter den *Orthotrichum*-Arten verdienen eine abschließende Betrachtung. BAYRHOFFER, der ein guter Kenner des Frankfurter Waldes war und diesen in der Übersicht zur Moosflora des Taunus (1849) mitberücksichtigt, nennt 13 epiphytische *Orthotrichum*-Arten (wenn die heutigen taxonomischen Maßstäbe angelegt werden). Davon fehlen heute im Untersuchungsgebiet *Orthotrichum scanicum* und *O. stellatum*, beide wurden früher an Pappeln bei Frankfurt gefunden, waren aber schon im 19. Jahrhundert selten und sind auch aus vielen anderen Gebieten nach 1900 nicht mehr gemeldet worden (DÜLL 1994a, FRAHM 1994). Obwohl BURCK (1940) beide Epiphyten noch nennt, ist es eher wahrscheinlich, das sie schon sehr früh aus der Umgebung von Frankfurt verschwunden sind, denn BURCK gibt für *O. scanicum* (vermutlich) die Verbreitungsangaben von BAYRHOFFER wieder und erwähnt *O. stellatum* nur noch für Offenbach. Die anderen *Orthotrichum*-Arten haben sich jedoch trotz der widrigen Umstände im Frankfurter Raum als sehr ausdauernd und widerstandsfähig erwiesen, wenn sie auch deutliche Verluste hinsichtlich der Größe ihrer Populationen hinnehmen und sich mehr oder weniger vollständig in abgelegene Feuchtgebiete zurückziehen mußten. Erstaunlich ist auch, daß die *Orthotrichum*-Flora heute im Frankfurter Wald auf einer Fläche von etwa 55 km² fast so artenreich ist wie die *Orthotrichum*-Flora der Vogesen. Nur *O. stellatum* konnte dort zusätzlich zu den 11 auch im Frankfurter Wald vorkommenden epiphytischen Arten in jüngerer Zeit noch mehrmals nachgewiesen werden, *O. scanicum* und *O. rogeri* wurden nach 1900 nicht mehr aufgefunden (FRAHM 1989, 1994a, 1994b).

Literatur

BAUER, P. M.: Übersicht der Leber- und Laubmoose und Farrn im Großherzogthum Hessen. - Ber. Oberhess. Ges. Natur- u. Heilk. **6**: 61 - 82, Gießen 1857.

BARKMAN, J. J.: Phytosociology and ecology of cryptogamic epiphytes . - Van Gorcum, 628 S., Assen 1958.

BAYRHOFFER, J. D. W.: Übersicht der Moose, Lebermoose und Flechten des Taunus. - Jb. Ver. Naturk. im Herzogtum Nassau **5**: 1 - 103, Wiesbaden 1849.

BECKER, J.: Flora der Gegend um Frankfurt am Main. 2. Abt. Cryptogamie. - L. Reinherz, 112 S., Frankfurt a.M. 1828.

BURCK, O.: Die Flora des Frankfurt-Mainzer Beckens. I. Kryptogamen (Sporenpflanzen). - Abh. Senckenberg. naturf. Ges. **452**: 1 - 116, Frankfurt a.M. 1940.

DEUTSCHER WETTERDIENST: Deutsches Meteorologisches Jahrbuch Bundesrepublik Deutschland, Offenbach a. M. 1980 - 1997.

DREHWALD, U.: Die Pflanzengesellschaften Niedersachsens - Bestandsentwicklung, Gefährdung und Schutzprobleme - Flechtengesellschaften.- Naturschutz Landschaftspfl. Niedersachs. **20** (10): 1 - 122, Hannover 1993.

DREHWALD, U. & E. PREISING: Die Pflanzengesellschaften Niedersachsens - Bestandsentwicklung, Gefährdung und Schutzprobleme - Moosgesellschaften. - Naturschutz Landschaftspfl. Niedersachs. **20** (9): 1 - 202, Hannover 1991.

DÜLL, R.: Zeigerwerte von Laub- und Lebermoosen. - Scripta Geobotanica **18**: 175 - 214,

Göttingen 1992.
DÜLL, R.: Deutschlands Moose 2. Teil: Grimmiales - Orthotrichales. - IDH-Vlg., 211 S., Bad Münstereifel-Ohlerath 1994a.
DÜLL, R.: Deutschlands Moose 3. Teil: Orthotrichales: Hedwigiaceae - Hypnobryales: Hypnaceae. - IDH-Vlg., 256 S., Bad Münstereifel-Ohlerath 1994b.
DÜLL, R. & L. MEINUNGER: Deutschlands Moose 1. Teil: Anthocerotae, Marchantiatae. Bryatae: Sphagnidae, Andreaeidae. Bryidae: Tetraphidales - Pottiales. - IDH-Vlg., 368 S., Bad Münstereifel-Ohlerath 1989.
DUNK, K. v. d.: Moosgesellschaften im Bereich des Sandsteinkeupers in Mittel- und Oberfranken. - Ber. Naturwiss. Gesellsch. Bayreuth **14**: 7 - 100, 1972.
DURING; H. J.: Life strategies of Bryophytes: a preliminary review. - Lindbergia **5**: 2 - 18, Copenhagen 1979.
EISENHARDT, T.: Klimaschwankungen im Rhein-Main-Gebiet seit 1880. - Forsch. dt. Landeskde. **165**: 1 - 87, Bad Godesberg 1968.
FRAHM, J.-P.: La bryoflore des Vosges et des zones limitrophes. - 125 S., Duisburg 1989.
FRAHM, J.-P.: Untersuchungen zur epiphytischen Moosvegetation der Vogesen. - Herzogia **9**: 213 - 228, Berlin 1992.
FRAHM, J.-P.: Veränderungen der Moosflora in den letzten 20 Jahren. - Bryologische Rundbriefe **13**: 4 - 6, Duisburg 1993.
FRAHM, J.-P.: Bestimmungshilfen für die epiphytischen *Orthotrichum*-Arten Mitteleuropas mit besonderer Berücksichtigung der Vogesen. - Herzogia **10**: 121 - 131, Berlin 1994a.
FRAHM, J.-P.: Neue und bemerkenswerte Moosfunde aus den Vogesen und umliegenden Gebieten. - Herzogia **10**: 191 - 212, Berlin 1994b.
FREY, W., FRAHM, J.-P., FISCHER, E. & W. LOBIN: Die Moos- und Farnpflanzen Europas. - Kleine Kryptogamenflora **6** (6. Aufl.), G. Fischer Vlg., 426 S., Stuttgart 1995.
FREY, W. & I. HENSEN: Lebensstrategien bei Pflanzen: ein Klassifizierungsvorschlag. - Bot. Jahrb. Syst. **117**: 187 - 209, Stuttgart 1995.
GENTH, C. F. F.: Cryptogamenflora des Herzogthum Nassau und der obern, so wie untern Rheingegenden von Speier bis Cöln. Erster Theil. Cryptogamie. Erste Abtheilung. Farnkräuter, Lebermoose, Moose und Flechten. - F. Kupferberg, 439 S., Mainz 1836.
GIES, T., BRAUN, H., KÜCHLER, A. v., LEHNERT, H.-J., CLOOS, B., EDER, M., ERDELEN, V., HAHN, K., KUDICKE, S., NEUBECKER, J., PUHLMANN, A., RECK, H.-P., SCHÖLL, U. & U. SEILER: Zur Vitalität immissionsbelasteter Buchen- und Eichenbestände. Verbundforschung Frankfurter Stadtwald I. - Ber. Zentr. Umweltforschung **15**: 1 - 173, Frankfurt a.M. 1992.
GOLWER, A. & A. SEMMEL: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen 1 : 25 000, Blatt Nr. 5917 Kelsterbach. - Hessisches Landesamt für Bodenforschung, 3. Aufl., 221 S., Wiesbaden 1980.
GONZALEZ-MANCEBO, J. M. & H. J. DURING: Reproductive effort of some mosses with different life strategies growing epiphytically in Salix forest in the Biesbosch, The Netherlands. - Lindbergia **22**: 36 - 42, Lund 1997.
GRIMME, A.: Die Torf- und Laubmoose des Hessischen Berglandes. - Feddes Repertorium, Beiheft **92**: 1 - 135, Berlin 1936.
HESSISCHE LANDESANSTALT FÜR UMWELT: Lufthygienischer Jahresbericht 1996. - Umweltplanung, Arbeits- u. Umweltschutz **230**: 1 - 82, Wiesbaden 1997.
HÜBSCHMANN, A. v.: Prodromus der Moosgesellschaften Zentraleuropas. - Bryophytorum Bibliotheca **32**, J. Cramer, 413 S, Berlin 1986.
JAESCHKE, W., GRIESER, J., HERRMANN, U., KESSEL, M., KOSIOL, W., NIETZSCHE, I. & T. SATTLER: Massenflüsse stickstoffhaltiger Schadstoffe zwischen Atmosphäre und Waldökosystem. Verbundforschung Frankfurter Stadtwald III. - Ber. Zentr. Umweltforschung **17**: 1 -144, Frankfurt a.M. 1992.
Klimaatlas von Hessen. - Deutscher Wetterdienst, Bad Kissingen 1950.
KÖHM, H.-J.: Indikatoreigenschaften der Baumborke im Immissionsgebiet von Frankfurt a.M. - Dissertationes Botanicae **32**: 1- 91, Vaduz 1976.
LEHMANN, L.: Zur Kenntnis der Ursachen der Waldschäden 1976 im Schwanheimer Wald (Stadtwald Frankfurt a.M.). - Geol. Jb. Hessen **112**: 289 - 312, Wiesbaden 1984.
LÖTSCHERT, W. & H.-J. KÖHM: pH-Wert und S-Gehalt der Baumborke in Immissionsgebieten. - Oecol. Plant. **8** (3): 199 - 209, Paris 1973.
LUDWIG, G., DÜLL, R., PHILIPPI, G., AHRENS, M., CASPARI, S., KOPERSKI, M., LÜTT, S., SCHULZ, F. & G. SCHWAB: Rote Liste der Moose (Anthocerophyta et Bryophyta)

Deutschlands. - Schr.-R. f. Vegetationskde. **28**: 189 - 306, Bonn-Bad Godesberg 1996.
MANZKE, W.: Die Moosflora des Frankfurter Waldes. - Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg **162**: 1 - 105, Frankfurt a.M. 1993.
MARGADANT, W. D. & H. DURING: Beknopte flora van Nederlandse Blad- en Levermossen. - Bibliotheek van de Koninklijke Nederlandse Natuurhistorische Vereniging **28**, Thieme, 517 S., Zutphen 1982.
MARSTALLER, R.: Die Moosgesellschaften der Ordnung Orthotrichetalia Hadac in Klika et Hadac 1944. 19. Beitrag zur Moosvegetation Thüringens. - Gleditschia **13**: 311 - 355, Berlin 1985.
MARSTALLER, R.: Die Moosgesellschaften der Verbände Dicrano-Hypnion filiformis Barkman 1958 und Antitrichion curtipendulae v. Krusenstjerna 1945. 20. Beitrag zur Moosvegetation Thüringens. - Gleditschia **14**: 197 - 225, Berlin 1986.
MARSTALLER, R.: Synsystematische Übersicht über die Moosgesellschaften Zentraleuropas. - Herzogia **9**: 513 - 541, Berlin 1993.
MOLLWO, H.: Klimawerte von Frankfurt/Main 1857 - 1956. - Ber. dt. Wetterd. **6** (43): 1 - 60, Offenbach a.M., 1958.
OCHSNER, F.: Ökologische Untersuchungen an Epiphytenstandorten. - Ber. Geobot. Forschungsinst. Rübel **60**: 69 - 80, Zürich 1935.
OCHSNER, F.: Studien über die Epiphytenvegetation der Schweiz (insbesondere des schweizerischen Mittellandes). - Jahrb. St. Gall. Naturwiss. Ges. **63**: 1 - 108, St. Gallen 1928.
PECIAR, V.: Epiphytische Moosgesellschaften der Slowakei. - Acta Fac. Rerum Nat. Univ. Comenianae, Bot. **XII**, 9 (8 - 9): 368 - 470, Bratislava 1965.
PHILIPPI, G.: Die Moosgesellschaften der Wutachschlucht. - Mitt. bad. Landesver. Naturkunde u. Naturschutz N. F. **8**: 625 - 668, Freiburg i. Breisgau 1965.
PHILIPPI, G.: Neue Moosfunde aus dem südlichen Rheingebiet zwischen Bodensee und Mannheim (sowie den angrenzenden Gebieten). - Mitt. bad. Landesver. Naturkunde u. Naturschutz N. F. **9**: 687 - 724, Freiburg i. Breisgau 1968.
PHILIPPI, G.: Die Moosvegetation der Wälder in der Rheinaue zwischen Basel und Mannheim. - Beitr. Naturkundl. Forsch. Südwestdeutschland **31**: 5 - 64, Karlsruhe 1972.
PHILIPPI, G: Die Moosvegetation des Schutzgebietes Taubergießen bei Kappel-Oberhausen. - Die Natur- und Landschaftsschutzgebiete Baden-Württembergs **7**: 193 - 208, Ludwigsburg 1974.
PHILIPPI, G.: Moosvegetation der Auenwälder am Oberrhein. - Colloques Phytosociologiques **9** (Les forêts alluviales): 447 - 452, Strasbourg 1984.
PHILIPPI, G.: Veränderungen der Kraut- und Moosschicht in Wäldern als Folge von Immissionen. - Beih. Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ. **64**: 198 - 202, Karlsruhe 1991.
ROSMAN-HARTOG, N. & A. TOUW: On the taxonomic status of *Ulota bruchii* Hornsch. ex Brid., *U. crispa* (Hedw.) Brid. and *U. crispula* Bruch ex Brid. - Lindbergia **13**: 159 - 164, Copenhagen 1987.
SCHÖLLER, H.: Veränderungen der Flechtenflora und Flechtenvegetation im Frankfurter Raum seit 1800. - Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg **186**: 149 - 168, Frankfurt a.M. 1995.
SMITH, A. J. E. & M. O. HILL: A taxonomic investigation of *Ulota bruchii* Hornsch. ex Brid., *U. crispa* (Hedw.) Brid. and *U. crispula* Brid. I. European material. - J. Bryol. **8**: 423 - 433, Oxford 1975.
WERNER, J.: Die Moosflora des Luxemburger Oeslings. - Trav. Sci. Mus. Nat. Hist. Nat. Lux. **24**: 1 - 88, Luxembourg 1996.
WESTHUS, W. HEINRICH, W., KLOTZ, S., KORSCH, H., MARSTALLER, R., PFÜTZENREUTER, S. & R. SAMIETZ: Die Pflanzengesellschaften Thüringens - Gefährdung und Schutz. - Naturschutzreport **6**: 1 - 257, Jena 1993.
WIRTH, V.: Zur Ausbreitung, Herkunft und Ökologie anthropogen geförderter Rinden- und Holzflechten. - Tuexenia **5**: 523 - 535, Göttingen 1985.
WIRTH, V.: Zeigerwerte von Flechten. - Scripta Geobotanica **18**: 215 - 237, Göttingen 1992.
WIRTH, V.: Die Flechten Baden-Württembergs. - E. Ulmer (2. Aufl.), 1006 S., Stuttgart 1995.
WITTENBERGER, G.: Verbreitung der Moose im Stadtgebiet von Offenbach am Main und die Frage der Luftverunreinigung. - Dipl. J.W. Goethe-Univ., 45 S., Frankfurt a.M. 1973.
WITTENBERGER, G.: Moosvorkommen im Stadtgebiet von Offenbach am Main. - Ber. Offb. Ver. Naturkde. **79**: 3 - 19, Offenbach 1975.

Verfasser

Werner Manzke, Herbartstr. 6, 60316 Frankfurt a.M.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Hessische Floristische Briefe

Jahr/Year: 1998

Band/Volume: 47

Autor(en)/Author(s): Manzke Werner

Artikel/Article: Zur Verbreitung und Vergesellschaftung von Ulota bruchii Hornsch. ex Brid. und Ulota crispa (Hedw.) Brid. (Musci) im Frankfurter Wald 21-41