

Vorkommen von Moosen auf Bäumen in Abhängigkeit vom Baumstandort¹

Carina Antfang

Zusammenfassung: Drei verschiedene Standorte (Düsseldorf Innenstadt, Düsseldorf-Benrath, Rheinufer in Monheim) wurden auf ihre unterschiedliche Artenvielfalt an epiphytischen Moosen hin untersucht. Jeder Standort verkörpert ganz eigene ökologische Zwänge, die sich nachweislich auf die Diversität auswirken. So traten in der Innenstadt vorwiegend Nitrophyten auf, während am Rheinufer hauptsächlich Moose wuchsen, die direkten Wasserkontakt über längere Zeit tolerieren.

Abstract: Three different locations (Düsseldorf Innenstadt, Düsseldorf-Benrath, Rheinufer in Monheim; North Rhine-Westphalia, Germany) have been examined upon their species diversity of epiphytic bryophytes. Each location has its very own ecological restraints that have a demonstrable impact on the diversity. Thus nitrophytes were predominantly found in the city, whereas bryophytes tolerating flooding over a longer period of time were prevalent on the boarder of the Rhine.

Einleitung

Schon seit mehreren Jahren werden epiphytische Moose als Bioindikatoren für Luftverunreinigung untersucht (STAPPER & KRICKE 2004). Epiphytisch bedeutet hierbei, dass es sich um Moose handelt, die zumeist auf Bäumen „aufsitzen“, ihnen aber nicht schaden. Frahm beschreibt den Epiphytismus als „besonderen Trick der Pflanzen, sich Lebensraum zu verschaffen, indem andere Pflanzen als Unterlage benutzt werden“ (FRAHM 2006).

Da diese Moose nun Wasser und die nötigen Nährstoffe nicht von ihrem Untergrund bekommen können, sind sie auf Regen, Tau oder zur Not auch Nebel angewiesen. Dieses Wasser muss gleichzeitig alle nötigen Nährstoffe enthalten, um das Überleben der Epiphyten zu sichern. Das Vorkommen der Epiphyten in unseren Breitengraden ist lediglich auf Moose, Flechten und Algen beschränkt, wohingegen

¹ Die vorliegende Arbeit ist eine von inzwischen fünf Schüler-Jahresarbeiten zum Thema Bioindikation mit Flechten und neuerdings auch Moosen am Monheimer Otto-Hahn-Gymnasium. Die Schülerinnen der 12. Jahrgangsstufe wurden auf Anregung ihres Biologielehrers Stud. Dir. Ulrich Anhut extern betreut von dem Monheimer Biologen Dr. Norbert Stapper. Die Bearbeitungszeit beträgt vier Wochen. In der ersten Arbeit kartierte **Friederike Grimmer** 2006 Vorkommen von *Flavoparmelia soredians* in Monheim. **Rebecca Scharmann** untersuchte ein Jahr später die Häufigkeit von *Punctelia borrieri* in Bezug auf die beiden anderen Arten der Gattung, *P. jeckeri* und *P. subrudecta*. **Sinje Schnell** probierte 2008 erfolgreich ein sehr einfaches Bioindikationsverfahren aus, in dem die Frequenz der beiden gegenüber Verkehrsimmissionen und stadtklimatisch bedingtem Trockenstress resistenten Blattflechten *Phaeophyscia nigricans* und *Ph. orbicularis* in Bezug zur Deckungssumme aller anderen Flechtenarten an den jeweiligen Trägerbäumen verwendet wurde. Parallel zur vorliegenden Arbeit untersuchte **Stephanie Vogel** den Zusammenhang zwischen den Standortbedingungen und dem Vorkommen von Flechten an Bäumen in Düsseldorf (Archive for Lichenology 2-2009; www.fschumm.de/Archive/Vol02_Vogel_ArchiveLichenology2009.pdf).

in tropischen Gebieten ohne Frost auch Farne und Blütenpflanzen auf Bäumen anzutreffen sind (FRAHM 2006).

Die Verbreitung dieser Moose geschieht durch Sporen, die zwischen 7 und 200 μm groß sind. Sie werden vom Wind aufgenommen und können sich so innerhalb kurzer Zeit über weite Strecken ausbreiten. Hinzu kommt die große Anzahl an Sporen. So kann eine Kapsel bis zu einigen hunderttausend Sporen enthalten, was die Wahrscheinlichkeit der Verbreitung um ein Wesentliches erhöht. Diese sexuelle Vermehrung ist allerdings mit einigen Schwierigkeiten verbunden, da sie darauf angewiesen ist sowohl weibliche, als auch männliche Pflanzen in Reichweite zu haben. In manchen Gebieten kommen jedoch nur weibliche oder männliche Pflanzen vor. An diesen Orten produzieren die Moose selten Sporen, sondern vermehren sich ungeschlechtlich (vegetativ) mit Hilfe von Brutkörpern. Dies sind meist mehrzellige Körner (s. *Tortula latifolia*, *T. papillosa*.) oder sogar kleinste, bereits beblätterte Pflänzchen (z. B. manche Arten aus der Gattung *Bryum*). Vielfach wachsen solche Arten in Flussgebieten, wo Hochwasser die Brutkörper aus den Pflanzen wäscht und mit dem Fluss abwärts transportiert. Für die Windverbreitung sind Brutkörper zu schwer (FRAHM 2006).

Moose sind deshalb als Bioindikatoren besonders geeignet, weil sie direkt von Veränderungen ihrer Umwelt betroffen sind und dies auch sofort anzeigen. Als wechselfeuchte (poikilohydrische) Organismen ohne schützendes Abschlussgewebe nehmen sie Wasser und darin gelöste Nährstoffe mit Regen, Tau oder Nebel über die gesamte Oberfläche auf. Somit gelangen Schadstoffe direkt in die Pflanze (FRAHM et al. 2007, S.11). Durch schnelle Reproduktionszyklen (oft ein kompletter Zyklus in einem halben Jahr), effektive Windverbreitung und ihr großes Areal (europaweit) stellen Moose zusammen mit Flechten somit den perfekten Bioindikator für das Biomonitoring, der Dauerbeobachtung der Veränderungen, dar. Verschlechtert sich die Luftqualität an einem Ort sehr stark, werden empfindliche Arten seltener, während unempfindliche Gattungen sich eventuell sogar ausbreiten. Erst wenn die Qualität der Luft an diesem Ort besser wird, kehren die Epiphyten langsam zurück. Dies kann sich allerdings über Jahre hinziehen (FRAHM et al. 2007).

Mit dieser Arbeit soll nun geklärt werden, inwieweit die ökologischen Zwänge an drei so verschiedenen Standorten wie der Düsseldorfer Innenstadt, dem Vorort Düsseldorf-Benrath und dem Rheinufer in Monheim-Baumberg Einfluss auf die jeweilige Moosflora haben. Die Innenstadt Düsseldorfs ist gekennzeichnet durch starken Verkehr, dichte Bebauung und eine sehr starke Trockenheit. Im Gegensatz hierzu fließt der Verkehr im südlichen Vorort Benrath nur mäßig, die Bebauung ist locker. Ganz andere Eigenschaften weist wiederum der Standort Rheinufer auf. Dieses Gebiet wird regelmäßig überflutet und ist durch einen starken Wechsel hinsichtlich Feuchte und Temperatur gekennzeichnet. Innenstadt und Rheinufer sind Standorte mit hohem Nährstoffangebot – in der Innenstadt wegen der hohen Immission reaktiven, biologisch leicht verfügbaren Stickstoffs (alle N-Verbindungen ausgenommen molekularer Stickstoff) infolge des motorisierten Straßenverkehrs, am Rheinufer stehen die Nährstoffe in Form von Silt (angeschwemmter Feinerde) zur Verfügung.

Borke ist das verbindende Glied dieser drei Standorte. Sie ist ein sehr nährstoffarmes Substrat und dient praktisch nur als Unterlage, auf der nur wenige andere, konkurrierende Organismen überleben können. Nährstoffe beziehen die Moose aus der Luft, dem Regen- oder Stammablaufwasser. In letzterem sind auch die aus angeblasenen oder angeschwemmten Stäuben (Silt am Stamm der Weiden unterhalb der Hochwasserlinie) aufgelösten Nährstoffe enthalten.

Methodik

Im Vorfeld der Arbeit fand eine gemeinsame Exkursion mit dem Betreuer der Arbeit durch den Vorort Baumberg und entlang des Rheinufer statt. Dabei wurden die im Gelände erforderlichen Techniken erlernt und eine Sammlung epiphytischer Moose zu Vergleichszwecken angelegt.

Abbildung 1 zeigt die Lage der drei Messflächen in Düsseldorf und Monheim-Baumberg, auf denen die zur Untersuchung auf epiphytische Moose ausgewählten Trägerbäume stehen. Die Bäume in der Düsseldorfer Innenstadt und in Benrath waren bereits 2003 anlässlich einer flächendeckenden Epiphytenkartierung der Stadt Düsseldorf auf Moose und Flechten untersucht worden (STAPPER & KRICKE 2004). Es handelt sich um Bäume mit leicht saurer bis subneutraler Borke, größtenteils Ahornbäume, in Benrath auch Linden und Eschen.

Bei den Bäumen am Rheinufer handelt es sich um Weiden unterhalb der Hochwasserlinie mit einem Stammumfang von 100 bis 250 cm. Während die Bäume in Düsseldorf den Anforderungen der Kartierungsrichtlinie VDI 3957 Blatt 13 genügen (VDI 2005), sind die Stämme der Weiden zwar unverletzt, aber unterschiedlich stark geneigt.

Die Moose wurden im Gelände mit Hilfe einer 12fach vergrößernden Lupe direkt identifiziert, in den überwiegenden Fällen jedoch Belegmaterial zur späteren Bestimmung zu Hause mit Hilfe einer Pinzette entnommen und in Herbarkapseln verpackt (aus A4-Bögen gefaltete Papierumschläge). Die Herbarkapseln wurden anschließend mit allen nötigen Angaben wie Baumart und -nummer, Standort, Datum usw.

beschriftet. Die Koordinaten der Bäume (Gauß-Krüger Rechts/Hoch-Werte, Potsdam-Datum) wurden mittels GPS-Handgerät festgestellt (GPS 12, Garmin, Olathe, KS, USA) und zusammen mit allen weiteren Standortdaten im Geländetagebuch notiert. Abschließend wurde der Standort fotografisch dokumentiert (Canon, PowerShot SD 750). Danach fand die eigentliche Bestimmungsarbeit statt. Hierzu wurden die Moospflanzen in einer Petrischale mit Wasser angefeuchtet und unter dem Binokular (Euromex, Arnheim, NL) begutachtet. Für die eindeutige Bestimmung unter dem Mikroskop (Will Wetzlar, Durchlicht-Mikroskop, 40-400x Vergrößerung) mussten einzelne Blättchen mit einer spitzen Pinzette präpariert werden. Sie wurden dann auf ihre Blattform und den Zellenaufbau hin untersucht. Dazu diente der illustrierte Bestimmungsschlüssel „Epiphytische Moose als Umweltgütezeiger“ von den Autoren FRAHM, STAPPER und FRANZEN-REUTER (2007). Sowohl Mikroskop, Binokular, Objektträger und Pinzetten waren von der Schule gestellt worden. Ein Ergebnis der vorliegenden Arbeit ist eine Sammlung von vom Betreuer durchgesehenen Belegen, die sich in den international üblichen Herbarkapseln befinden, die mit allen nötigen Angaben zum Fundort versehen sind. Alle Daten wurden in Tabellen festgehalten und zur computergestützten kartografischen Darstellung das Programm DIVA-GIS 5.3 (HIJMANS *et al.* 2007) verwendet.

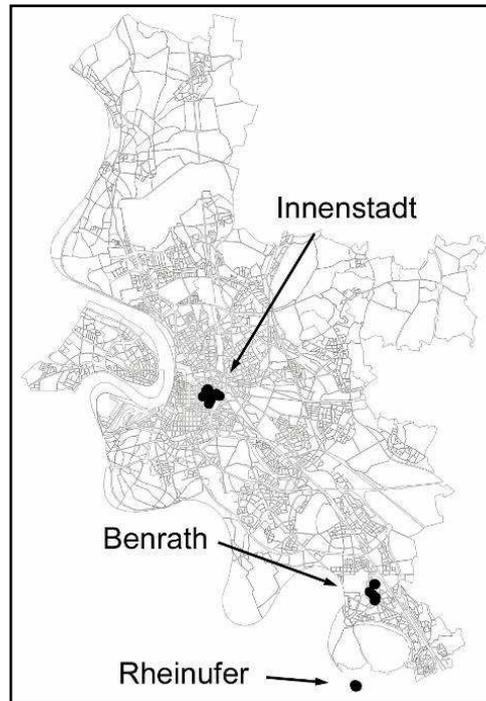


Abb. 1: Lage der Messflächen im Untersuchungsgebiet. Kartenhintergrund: Baublöcke und Grenzen der Stadtbezirke der Landeshauptstadt Düsseldorf. Längste Nord-Süd-Distanz: 27,5 km.

Abb. 2: Standortfotos

Bergahorn auf der Messfläche "Innenstadt" an der Kreuzung Oststraße und Immermannstraße



Straßenszene in Düsseldorf-Benrath



Weidengruppe am Rheinufer in Monheim-Baumberg

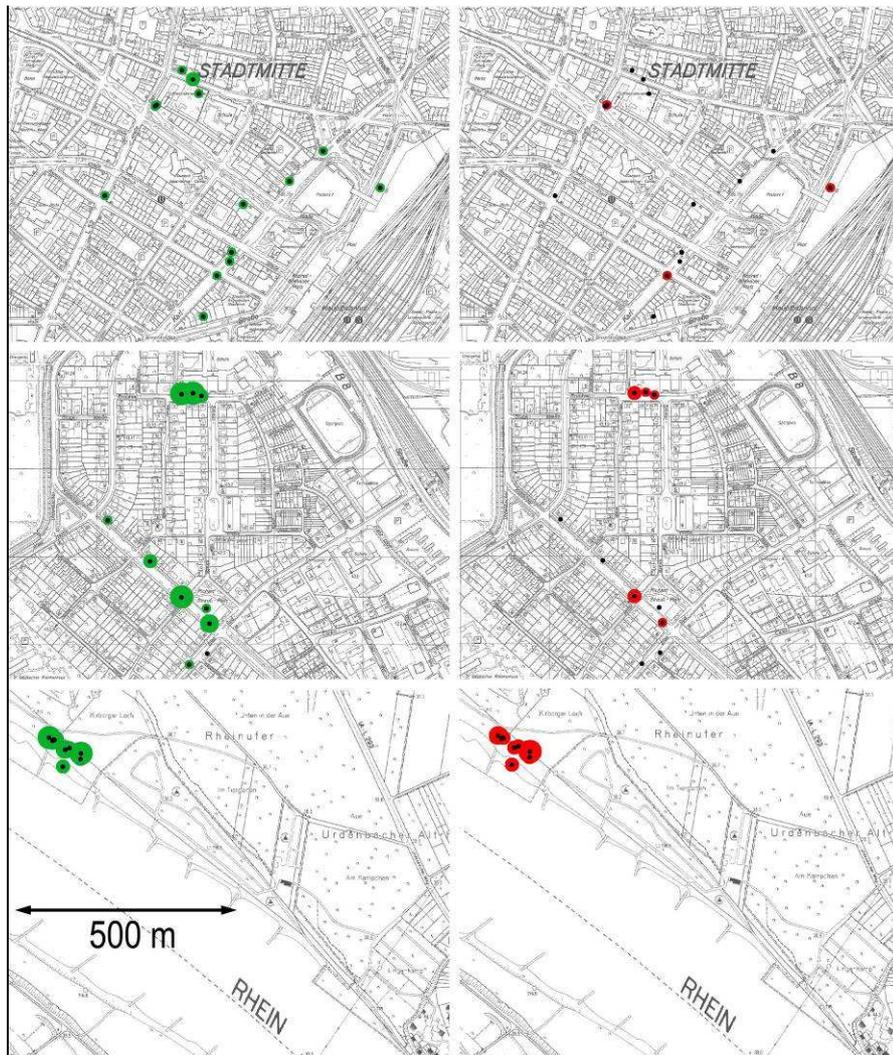
Ergebnisse

Auf den drei Messflächen wurde eine unterschiedliche Moosartenvielfalt festgestellt. Es wurden insgesamt 16 Moosarten im gesamten Untersuchungsgebiet nachgewiesen. Lediglich *Orthotrichum diaphanum*, *Orthotrichum affine*, *Grimmia pulvinata* und *Hypnum cupressiforme* kamen auf allen drei Messflächen vor. Jeder Moosart ist ein Empfindlichkeitswert (eine Wertezahl) zugeordnet, der von unempfindlich (1) über wenig (2), mäßig (4), sehr (8) zu äußerst empfindlich (16) reicht. Daneben gibt es noch die Gruppe der sogenannten Störzeiger (0,5; FRAHM et al. 2007; Tab. 3).

In der Düsseldorfer Innenstadt wurden fünf Moosarten ausgemacht. Die häufigste Art dort ist *Orthotrichum diaphanum*, ein Moos, welches früher auf Betoneinfassungen für Misthaufen typisch war (FRAHM 2006). *Orthotrichum diaphanum* ist ein Empfindlichkeitswert von 0,5 zugeordnet, es ist somit ein Störzeiger oder auch „Negativindikator“ für die Luftqualität. Auch die anderen in der Innenstadt gefundenen Moose sind sehr unempfindlich gegenüber sowohl reaktivem Stickstoff als auch Schwefeldioxid (FRAHM et al. 2007).

Abb. 3: Anzahl der pro Trägerbaum im Untersuchungsgebiet nachgewiesenen Moose.

Dargestellt ist für jede Messfläche (von oben nach unten: Innenstadt, Benrath und Rheinufer) die Anzahl verschiedener Moosarten, die auf den Trägerbäumen nachgewiesen wurden. Schwarze Punkte: Baumstandorte; grüne Kreise: Anzahl der Moose am Baum (1 bis maximal 6 Arten); rote Kreise: Anzahl der Moose mit Empfindlichkeitswert größer 1 (1 bis maximal 4 Arten pro Baum); Kartenhintergrund: Deutsche Grundkarte 1:5000.



Im Vorort Düsseldorf-Benrath wurden neun verschiedene Moose nachgewiesen. Am häufigsten war hier *Hypnum cupressiforme*. Dieses Moos ist einer der häufigsten Epiphyten und eine unempfindliche Art, was die Luftqualität betrifft. Ebenso waren die Moose *Orthotrichum diaphanum*, *Orthotrichum affine* und *Dicranoweisia cirrata* auf den Bäumen entlang der Benrather Straßen häufig zu finden. Auffällig ist, dass Benrath der einzige Standort ist, an dem das mäßig empfindliche Lebermoos *Frullania dilatata* (FRAHM et al. 2007) einmal gefunden wurde.

Auf der dritten Messfläche, am Rheinufer in Monheim-Baumberg, wurden insgesamt elf unterschiedliche Moose festgestellt. Mit einem Vorkommen von 90% auf allen Bäumen und einer Häufigkeit von 3 (s. Tab. 3) bestimmt *Tortula latifolia* hier das Bild. Zu finden ist dieses mäßig empfindliche Moos hauptsächlich in Flussgebieten an periodisch überfluteten Stellen. Ebenso ist auch das in Hochwasserzonen lebende Moos *Leskea polycarpa* (FRAHM et al. 2007; FRAHM 2006) an diesem Standort ein fester Bestandteil des dortigen Epiphytenreichtums. An keiner anderen untersuchten Messfläche kamen diese beiden Moose vor.

Auf allen Messflächen gab es Moose, die an den jeweils anderen zwei Messflächen nicht gefunden wurden (s. Tab. 5). So wurde einzig in der Innenstadt *Bryum argenteum* gefunden, ein gegenüber düngenden Immissionen hoch resistentes Moos, in Benrath *Frullania dilatata* und nur am Rheinufer die Charakterarten der epiphytischen Stromtal-Moosgesellschaft *Syntrichio latifoliae-Leskeetum polycarpae*, nämlich *Leskea polycarpa* und *Tortula latifolia* (DREHWALD & PREISING 1994).

Der Unterschied in der Artendiversität zeigt sich auch in der Darstellung der Anzahl Moose pro Trägerbaum an den drei verschiedenen Lokalitäten (Abb. 3): In Benrath und am Rheinufer ist nicht nur die Anzahl der Moose je Baum höher als in der Innenstadt, auch die der empfindlichen Arten mit E-Wert über 1 ist dort höher, weil Arten wie *Frullania dilatata* oder *Tortula latifolia* in der Innenstadt fehlen.

Diskussion

Anlass zu dieser Untersuchung war die Frage inwieweit die ökologischen Zwänge an dem jeweiligen Baumstandort Einfluss auf die Moosflora ausüben. Die Anzahl der Arten unterscheidet sich von Messfläche zu Messfläche. Ebenso findet man manche Arten nur am Rhein, nur in Benrath oder nur in der Innenstadt (s. Tab. 5). Die sogenannten Störzeiger oder „Negativindikatoren“ sind an Standorten mit hohen Stickstoff-Emissionen anzutreffen. Demnach findet man sie in großer Anzahl in der Innenstadt Düsseldorfs, in der die Autos Tag für Tag Stickstoffoxide und Ammoniak als Abgase in die Atmosphäre entlassen. Der starke Verkehr und die enge, hohe Bebauung, welche eine hohe Nachttemperatur und relativ wenig Frischluftaustausch zur Folge hat, bewirken, dass nur die unempfindlichsten Arten (s. *Orthotrichum diaphanum*) dort an den Bäumen überleben (STAPPER & KRICKE 2004). Die oben erwähnten Stickstoffoxide lösen sich im Regen und werden von den Moosen u.a. in Form von Ionen aufgenommen, beispielsweise als Nitrat (FRAHM 2006).

Ein anderer einschränkender Faktor für das Überleben von Moosen in der Innenstadt ist die relative Trockenheit aufgrund der innerstädtischen Überwärmung (STAPPER & KRICKE 2004). Um Photosynthese betreiben und wachsen zu können, benötigen Moose eine bestimmte Luftfeuchte. Durch höhere relative Trockenheit im Vergleich zum kühleren Vorort ist der Zeitraum, in dem ein Moos Photosynthese betreiben kann allerdings stark eingeschränkt. Demnach liegen die dort lebenden Moose im Schnitt länger im Trockenschlaf. Durch stärkere nächtliche Abkühlung außerhalb der Innenstadt wird das Wachstum der Moose begünstigt (STAPPER & KRICKE 2004), was die höhere Artenvielfalt in Benrath und am Rheinufer erklärt. Benrath ist locker bebaut und bietet mehr Raum zum Austausch von Frischluft. Die Wärme staut sich nicht so stark wie in der Innenstadt und verschafft den Moosen längere Zeit, in der diese Photosynthese betreiben können.

Am Rheinufer kühlt sich die Temperatur nachts stark ab. Hier findet man sowohl die quantitativ höchste Artenanzahl als auch eine viel größere Masse der Moose selbst. Außerdem bietet der Rhein durch angeschwemmte Feinerde ("Silt") ein sehr gutes Nährstoffangebot, welches die Moose zu ihrem Überleben nutzen. An den beiden anderen Messflächen liefert die umgebende Luft den "Dünger" für die Moose, den sie als "reaktiven Stickstoff" u.a. in Form von Ammoniak enthält. Quellen für reaktiven Stickstoff sind Verbrennungsabgase und, zu großen Anteilen, der Viehbetrieb in der Landwirtschaft (HARTUNG 2007).

Bryum argenteum als stärkster Stickstoffzeiger unter den Moosen wurde nur in der Innenstadt nachgewiesen. Hier fördern die starken Stickoxid- und Ammoniak-Emissionen sein Wachstum und seine Ausbreitung. *Frullania dilatata* hingegen, das einzig gefundene Lebermoos, kommt nur in Benrath vor, da es lediglich in Gebieten mit guter Luftqualität überleben kann (FRAHM et al. 2007). An den Weiden am Rheinufer unterhalb der Hochwasserlinie wachsen die vorübergehendes Untergetauchtsein tolerierenden

Moose *Tortula latifolia* und *Leskea polycarpa*. Sie nutzen das vorbeiströmende Wasser zur Vermehrung anhand von Brutkörpern (*T. latifolia*) oder Sporen (*L. polycarpa*) und als Nährstoffquelle (FRAHM et al. 2007).

Anhand von Tabelle 5 ist zu erkennen, dass *Orthotrichum diaphanum* mit Vorkommen auf 90% aller untersuchten Bäume das am häufigsten auftretende Moos ist. Speziell diese Art aus der Gattung *Orthotrichum* reagiert positiv auf Ammoniak und verbreitet sich seit den 90'er Jahren mit raschen Tempo, weil das Nährstoffangebot über Einträge aus der Luft angeblich jener Menge an Dünger entspricht, die in den 50'ern von den Bauern auf die Felder ausgebracht wurden (FRAHM 2006).

Literatur

- DREHWALD, U.; PREISING, E. (1994): Moosgesellschaften.- Naturschutz Landschaftspfl. Niedersachs. 20/9, 1-204. 2. Auflage
- FRAHM, J.-P. (2006): Moose. Eine Einführung. Weissdorn-Verlag Jena.
- FRAHM, J.-P.; FREY, W. (1991): Moosflora. 3. Auflage. Ulmer Verlag Stuttgart.
- FRAHM, J.-P.; STAPPER, N.J.; FRANZEN-REUTER, I. (2007): Epiphytische Moose als Umweltgütezeiger – Ein illustrierter Bestimmungsschlüssel. - KRdL-Schriftenreihe 40, KRdL im VDI, Düsseldorf.
- HARTUNG, J. (2007): Ammoniak-Emissionen aus der Nutztierhaltung. – In: KRdL-Schriftenreihe 37, S. 17-27. KRdL im VDI, Düsseldorf.
- HIJMANS, R., GUARINO, L., JARVIS, A., O'BRIEN, R., Mathur, P. (2007): DIVA-GIS 5.3 – freies Geografisches Informationssystem, im Internet erhältlich: www.diva-gis.org [14. September 2005].
- STAPPER, N.J.; KRICKE, R: Epiphytische Moose und Flechten als Bioindikatoren von städtischer Überwärmung, Standorteutrophierung und verkehrsbedingten Immissionen. Limprichtia 24, (2004)
- STAPPER, N.J. (2007): Bioindikation eutrophierender Luftverunreinigung in Nordrhein-Westfalen mit epiphytischen Flechten und Moosen. – In: KRdL-Schriftenreihe 37, S. 61-68. KRdL im VDI, Düsseldorf.

Danksagung

Besonderer Dank gilt Herrn Dr. Stapper, der diese Arbeit betreute und immer wieder für Fragen und die Überprüfung kritischer Belege bereit war.

Anschrift der Autorin

Carina Antfang, Hasenstraße 32, 40789 Monheim am Rhein.

Tabellen und weitere Abbildungen
Tab. 1: Exakter Standort der auf Moosbewuchs untersuchten Trägerbäume.

Angegeben sind die Baum-Nummer, die entsprechende Messfläche, die Baumart und die Gauß-Krüger Koordinaten (Potsdam-Datum); City: Innenstadt; BEN: Benrath; Rhein: Rheinufer.

Baum#	Messfl.	Baumart	Rechts	Hoch
1	City	Ahorn	2555219	5676488
2	City	Ahorn	2555188	5676395
3	City	Ahorn	2555248	5676520
4	City	Ahorn	2555252	5676541
5	City	Ahorn	2555279	5676650
6	City	Ahorn	2555383	5676703
7	City	Ahorn	2555459	5676771
8	City	Ahorn	2555588	5676688
9	City	Ahorn	2555178	5676902
10	City	Ahorn	2555165	5676934
11	City	Ahorn	2555140	5676955
12	City	Ahorn	2555080	5676873
13	City	Ahorn	2555083	5676876
14	City	Ahorn	2554966	5676670
15	BEN	Linde	2561447	5669083
16	BEN	Esche	2561454	5669048
17	BEN	Esche	2561391	5669108
18	BEN	Linde	2561449	5668980
19	BEN	Esche	2561408	5668955
20	BEN	Ahorn	2561320	5669190
21	BEN	Esche	2561224	5669283
22	BEN	Ahorn	2561391	5669570
23	BEN	Ahorn	2561417	5669572
24	BEN	Ahorn	2561436	5669566
25	Rhein	Weide	2560742	5665706
26	Rhein	Weide	2560743	5665719
27	Rhein	Weide	2560702	5665689
28	Rhein	Weide	2560717	5665731
29	Rhein	Weide	2560707	5665728
30	Rhein	Weide	2560682	5665751
31	Rhein	Weide	2560683	5665750
32	Rhein	Weide	2560679	5665748
33	Rhein	Weide	2560671	5665755

Tab. 2: Moosarten auf den Trägerbäumen.

Angegeben ist für jeden Baum die Moosart mit ihrer im Gelände geschätzten Häufigkeit auf dem jeweiligen Trägerbaum. Für die Kurzbezeichnungen siehe Tabelle 3. Häufigkeitsklassen: H1, einzelne Moospflänzchen; H2, handtellergroße Moosmatten; H3, Moos auf dem ganzen Baum.

Baum #	Moosart	H	Baum #	Moosart	H
1	Orth. aff.	3	23	Orth. dia.	3
1	Orth. dia.	3	23	Orth. aff.	2
2	Orth. dia.	3	23	Dic. cir.	2
3	Orth. dia.	1	23	Amb. ser.	1
4	Orth. dia.	1	23	Hyp. cup.	1
5	Orth. dia.	3	24	Orth. dia.	3
5	Bry. arg.	2	24	Orth. aff.	1
6	Orth. dia.	3	24	Amb. ser.	2
7	Orth. dia.	3	25	Tort. lat.	3
8	Orth. aff.	3	25	Orth. dia.	3
8	Orth. dia.	2	25	Les. poly.	2
9	Grim. pul.	2	26	Tort. lat.	3
9	Orth. dia.	1	26	Les. poly.	3
10	Grim. pul.	1	26	Tort. mur.	3
10	Orth. dia.	1	26	Orth. dia.	2
10	Hyp. cup.	1	26	Orth. aff.	2
11	Orth. dia.	1	26	Plat. rep.	2
12	Orth. dia.	1	27	Tort. lat.	3
13	Orth. dia.	2	27	Orth. dia.	2
13	Orth. aff.	1	27	Les. poly.	2
14	Orth. dia.	1	28	Tort. lat.	3
15	Orth. dia.	1	28	Orth. dia.	3
16	Hyp. cup.	2	28	Les. poly.	3
16	Orth. dia.	1	29	Tort. lat.	3
16	Orth. aff.	1	29	Tort. mur.	2
17	Hyp. cup.	2	29	Les. poly.	2
17	Orth. aff.	1	29	Orth. dia.	1
17	Dic. cir.	1	30	Tort. lat.	2
17	Tort. pap.	1	30	Les. poly.	2
17	Orth. dia.	1	30	Hyp. cup.	2
17	Grim. pulv.	1	31	Tort. lat.	2
18	/	/	31	Les. poly.	1
19	Dic. cir.	3	31	Grim. pul.	1
19	Hyp. cup.	3	31	Orth. dia.	1
20	Orth. dia.	1	32	Bry. cap.	3
20	Grim. pulv.	1	32	Orth. dia.	2
20	Hyp. cup.	1	32	Met. fur.	2
21	Dic. cir.	3	32	Tort. lat.	2
22	Frul. dil.	2	32	Bra. vel.	2
22	Orth. dia.	2	33	Tort. lat.	3
22	Orth. aff.	2	33	Tort. mur.	3
22	Hyp. cup.	2	33	Les. poly.	3
22	Dic. cir.	2	33	Orth. dia.	2
			33	Orth. aff.	2

Tab. 3: Referenztabelle Moosarten.

Angegeben sind für jede der nachgewiesenen Arten der taxonomische Artname und der Empfindlichkeitswert "E" nach FRAHM et al. (2007).

Kürzel	Moosart wissenschaftlich	Artbezeichnung im Text	E-Wert
Amb. ser.	<i>Amblystegium serpens</i> (Hedw.) B.S.G.	<i>Amblystegium serpens</i>	1
Bra. vel.	<i>Brachythecium velutinum</i> (Hedw.) B.S.G.	<i>Brachythecium velutinum</i>	0,5
Bry. cap.	<i>Bryum capillare</i> Hedw.	<i>Bryum capillare</i>	1
Bry. arg.	<i>Bryum argenteum</i> Hedw.	<i>Bryum argenteum</i>	0,5
Dic. cir.	<i>Dicranoweisia cirrata</i> (Hedw.) Lindb.	<i>Dicranoweisia cirrata</i>	1
Fru. dil.	<i>Frullania dilatata</i> Dum.	<i>Frullania dilatata</i>	4
Grim. pul.	<i>Grimmia pulvinata</i> (Hedw.) Sm.	<i>Grimmia pulvinata</i>	0,5
Hyp. cup.	<i>Hypnum cupressiforme</i> Hedw.	<i>Hypnum cupressiforme</i>	1
Les. pol.	<i>Leskea polycarpa</i> Hedw.	<i>Leskea polycarpa</i>	2
Orth. aff.	<i>Orthotrichum affine</i> Brid.	<i>Orthotrichum affine</i>	2
Orth. ano.	<i>Orthotrichum anomalum</i> Hedw.	<i>Orthotrichum anomalum</i>	
Orth. dia.	<i>Orthotrichum diaphanum</i> Brid.	<i>Orthotrichum diaphanum</i>	0,5
Plat. rep.	<i>Platygyrium repens</i> (Brid.) B.S.G.	<i>Platygyrium repens</i>	4
Tort. lat.	<i>Tortula latifolia</i> (Bruch ex Hartm.) Hartm.	<i>Tortula latifolia</i>	4
Tort. mur.	<i>Tortula muralis</i> Hedw.	<i>Tortula muralis</i>	0,5
Tort. pap.	<i>Tortula papillosa</i> Wils.	<i>Tortula papillosa</i>	4

Tab. 4: Anzahl der Moosarten je Messfläche und Anzahl der dort wachsenden empfindlichen Arten.

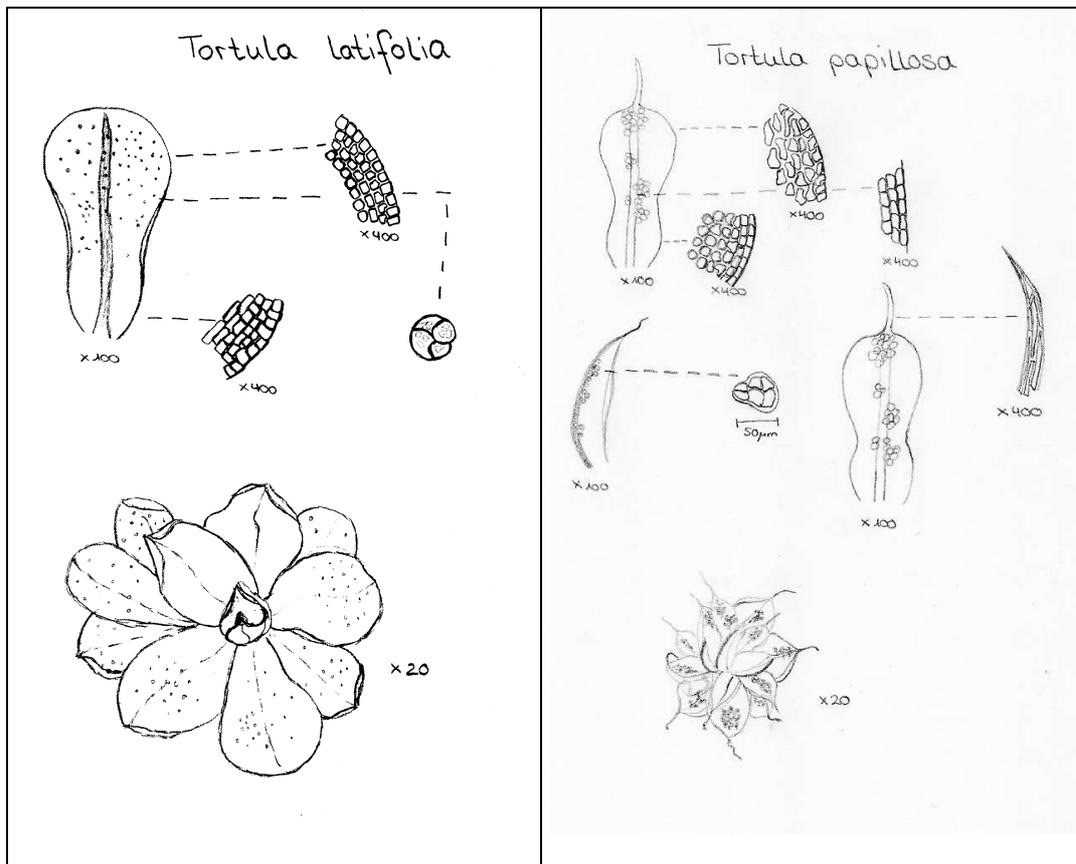
Messfläche	Artenanzahl	Empfindliche Arten mit E > 1
Düsseldorf Innenstadt	5	0
Benrath	9	3
Rheinufer	11	3

Tab. 5: Moose, die nur an einer Messfläche vorkommen mit Angabe ihrer prozentualen Häufigkeit bezogen auf die Anzahl der Trägerbäume.

Art	City	Benrath	Rheinufer
(prozentualer Anteil der Bäume je Messfläche mit Vorkommen der Art)			
<i>Les. pol.</i>			90
<i>Tor. lat.</i>			90
<i>Fru. dil.</i>		10	
<i>Bry. arg.</i>	7		

Gegenüberstellung: *Tortula latifolia* und *T. papillosa*. Diese zwei verwandten Arten treten auf unterschiedlichen Messflächen auf. *Tortula latifolia* verbreitet sich durch Brutkörper und ist somit auf Wasser in der Umgebung angewiesen. Charakteristisch ist es für periodisch überflutete Stellen (FRAHM 2006) wie das Rheinufer in Monheim. Die nötigen Nährstoffe bekommt dieses Moos vom Rhein selbst, da dieser wie die meisten Flüsse seine Überschwemmungsgebiete mit ausreichend Stickstoff düngt (FRAHM et al. 2007). *Tortula papillosa* bildet ebenfalls Brutkörper. Ursprünglich stammt es aller Wahrscheinlichkeit nach aus der Südhemisphäre, denn nur dort bildet das in Europa sterile Moos Sporenkapseln aus (FRAHM 2006). Im Gegensatz zu *Tortula latifolia* wurde dieses Laubmoos in Düsseldorf Benrath gefunden. Verbreiten kann es sich dort nur über kurze Strecken durch Stammablaufwasser oder Tiere, an denen die Brutkörper haften bleiben können. Wie in Abbildung 5 zu sehen bildet *Tortula papillosa* ein Glashaar aus, während die Rippe der *Tortula latifolia* schon im Blatt aufhört und gar nicht erst austritt. In Abbildung 5 und 6 ist deutlich der Unterschied der Anordnung der Brutkörper zu erkennen. Während sie bei *T. latifolia* über das ganze Blatt verteilt sind, werden die Brutkörper von *T. papillosa* nur an deren Rippe gebildet als Teilungsprodukte der Laminazellen.

Abb. 4: Die beiden Moose *Tortula latifolia* und *T. papillosa*.
Zeichnungen angefertigt von Originalmaterial.



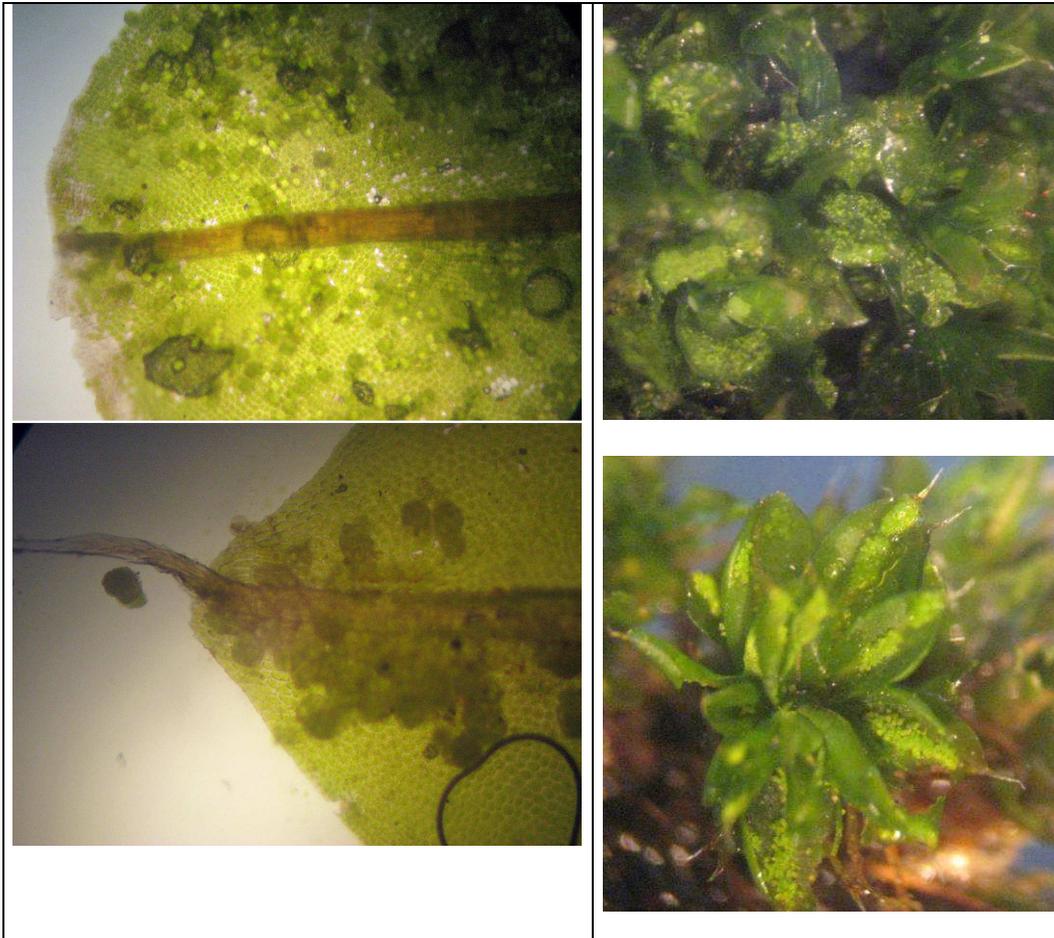


Abb. 5: 100-fache Vergrößerung der Blattspitzen von *T. latifolia* (oben) und *T. papillosa* (unten). Beide Blätter sind inklusive Brutkörper abgebildet.

Abb. 6: Makroskopische Aufnahmen von *T. latifolia* (oben) und *T. papillosa* (unten).

Abb. 7: Häufigkeit der Moose auf den Messflächen bezogen auf die Anzahl der Trägerbäume, an denen die jeweilige Art nachgewiesen wurde.

