

Untersuchungen zu Flora und Vegetation der epiphytischen Moose in Halle/Saale (Sachsen-Anhalt)

Sandra RICHTER, Peter SCHÜTZE & Helge BRUELHEIDE

50 Abbildungen und 2 Tabellen

Abstract

RICHTER, S.; SCHÜTZE, P.; BRUELHEIDE, H.: Study of the flora and vegetation of epiphytic bryophytes in Halle/Saale (Saxony-Anhalt). – *Hercynia N.F.* 42 (2009): 177–195.

In formerly heavily polluted areas in Central Germany a recovery of epiphytic vegetation has been observed as an effect of a general decline of air pollution in Germany. The extent and speed of this recovery was studied in the city of Halle (Saale) by comparing the recent bryophyte epiphytic vegetation with a survey of the early 1990s. The investigation comprised in total 48 km² of the whole urban area and included four different landscape types. We recorded 47 epiphytic bryophyte species on 36 phorophyte species. Distribution maps of all bryophyte species were compiled, which show the importance of the Saale valley as a bryophyte hotspot. A number of species were found that can be characterized as only moderately toxitolerant, and which did not occur in the former study, for instance some species of the genus *Orthotrichum*. However, there was also a trend of increasing abundance of species tolerant towards eutrophication. The phorophyte species with highest species number per record were *Populus x canadensis*, *Salix alba* and *S. x rubens*. Preferred tree species as phorophytes differed between the landscape types, e.g. *Salix alba* and *Acer negundo* dominated in the urban landscape, with the floodplain showing the highest values of species richness and coverage.

Key words: Halle (Saale), Epiphytes, Bryophytes, Diversity

1 Einleitung

Moose stellen neben den Flechten und wenigen höheren Pflanzen im mitteleuropäischen Raum die überwiegende Gruppe der epiphytischen Lebensformen und tragen somit einen wesentlichen Anteil zur Biodiversität bei. Die mit der epiphytischen Lebensweise in Verbindung stehenden Standortsansprüche geben Auskunft über verschiedene abiotische Umweltkenngößen, insbesondere über die der Luftreinheit. Mit der sich daraus ergebenden Sensitivität haben Moose und Flechten das Potential von Zeigern für Habitatveränderungen (u. a. BARKMAN 1958, LE BLANC & DE SLOOVER 1970, ADAMS & PRESTON 1992, FRANZEN et al. 2002, STAPPER & KRICKE 2004). Die Bryophyten sind durch die Omnipräsenz ihres Sporenmaterials besonders gut zur Erfassung dieses Wandels geeignet. Durch ihr vergleichsweise schnelleres Wachstum stehen sie für einen schnellen epiphytischen Besiedlungs- bzw. Wiederbesiedlungserfolg unter geeigneten Habitatbedingungen. Infolge der starken Zunahme der Schwermetallkonzentration und gasförmiger Emissionen durch Industrie bzw. privater Hausbrandheizungen in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts, war ein starker Rückgang von epiphytischen Moosen in allen größeren deutschen Ballungszentren zu verzeichnen (STAPPER et al. 2000). Dieser Trend ist jedoch seit Beginn der 1990er Jahre sehr stark rückläufig. Aktuell kann die Luftqualität bezüglich SO₂-Konzentration im Untersuchungsgebiet wieder mit der von Reinluftgebieten verglichen werden (LAU 2005). In jüngerer Vergangenheit wurde die Industrie als Hauptemittent von Schwefeldioxid und Feinstaub durch den ständig zunehmenden Kraftfahrzeugverkehr und dessen Emission von Stickoxiden, Kohlenwasserstoff, Kohlenmonoxiden (KRICKE & FEIGE 2000) und NH_x-Emissionen (FRANZEN 2004) abgelöst. Dennoch konnte eine Wiederbesiedlung ehemals epiphytenfreier Gebiete in vielen urbanen Räumen (FRAHM & SOLGA 1999) beobachtet werden. So ist im Stadtgebiet von Halle eine Schließung von stark schadstoffemittierenden Industrieanlagen bzw. deren Sanierung zu verzeichnen, auf Grund dessen die Möglichkeit

zu einer deutlichen Reaktion durch die Epiphytenflora besteht. Basierend auf der umfassenden Untersuchung zur vollständigen Moos- und Flechtenvegetation Anfang der 1990er Jahre durch MÜLLER (1993) bietet das Stadtgebiet von Halle eine ideale Voraussetzung für eine vergleichende Studie. Seit dem Beginn der 1990er Jahre, dem Zeitpunkt der wahrscheinlich minimalen Epiphytendichte, war somit eine starke Veränderung zu erwarten, sowohl bezüglich der Dichte als auch des Artenspektrums. So konnten bereits bei RICHTER et al. (2009) die Exposition und Inklination des Epiphytenstandortes als zuverlässige Prädikatoren für den Artenreichtum und die Deckung von Moosen auf Gehölzen in Halle nachgewiesen werden. Ebenso war auch die Prognostizierbarkeit zum Vorkommen einzelner Arten im Untersuchungsgebiet möglich. Andere Wiederholungskartierungen in Stadtgebieten, z. B. die vergleichende Kartierung der Kryptogamenflora im Stadtgebiet von Bonn von 1955 zu 1997 (DILG 1999) zeigten eine extreme Zunahme der Moose und Flechten. Weitere Arbeiten mit ähnlichem Untersuchungsschwerpunkt sind zum Beispiel die Transektkartierung der Epiphyten im Ruhrgebiet (STAPPER et al. 2000), die Kartierung der Moose und Flechten in Nordrhein-Westfalen (FRANZEN et al. 2002), oder durch LANDUYT (1997) für Waldgebiete. Bezüglich der Flechtenvegetation konnte bereits von SCHÖNBRODT (2004) eine Diversitätszunahme im Untersuchungsgebiet nachgewiesen werden.

Des Weiteren soll die Bedeutung der Trägerbäume betrachtet werden. Durch die Lage des Untersuchungsgebietes im urbanen Raum ist eine höhere dendrologische Vielfalt zu erwarten. Die unterschiedlichen Wuchsformen und Borkeneigenschaften der neuen Trägerbaumarten können eine höhere Habitatvielfalt mit sich bringen. Im Gegensatz zu anderen Untersuchungen mit dem Ziel, nur eine Baumart oder in ihrer Eignung als Epiphytenstandort ökologisch ähnliche Baumartengruppen zu untersuchen, soll in dieser Studie ein möglichst breites Spektrum der im Stadtgebiet vorkommenden Gehölzarten berücksichtigt werden. Ein weiterer bisher wenig beachteter Faktor ist die Bedeutung neophytischer Gehölze als Standort für epiphytische Moose. In urbanen Ballungsräumen breiten sich im starken Maße neophytische Gehölze spontan bzw. durch Anpflanzung aus und bilden somit einen hohen Anteil städtischer Gehölzflächen und damit auch potentielle Standorte für Epiphyten.

Überprüft werden soll demnach ein möglicher Habitatgewinn durch anthropogene Einflüsse in Form neophytischer Gehölzstandorte. Zudem soll untersucht werden, ob und in welchem Maße ein Schwerpunkt in der Etablierung der Arten im feuchtebegünstigten Flussauenbereich gegenüber dem bebauten städtischen Bereich vorliegt und ob sich die Artenzahl gegenüber den Angaben von MÜLLER (1993) deutlich erhöht hat.

2 Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet liegt im Stadtgebiet von Halle (Saale). Die Stadt befindet sich im Übergangsbereich vom östlichen Harzvorland zur Leipziger Tieflandsbucht und wird von der Saale in S-N-Richtung durchflossen. Die sich daraus ergebenden makroklimatischen Verhältnisse liegen im Übergangsklima vom niederschlagsarmen Binnenland im Lee des Harzes zum niederschlagsreicheren Binnenlandklima der Leipziger Tieflandsbucht (SCHILLER et al. 1990). Der mittlere Jahresniederschlag beträgt 537 mm, die mittlere Jahrestemperatur liegt bei 9,5 °C (DÖRING & BORK 2008). Das Stadtgebiet gehört somit zu den niederschlagsärmsten Gebieten Deutschlands. Die Niederschlagsverteilung zeigt ein sommerliches Niederschlagsmaximum und ein Minimum in dem für die Moosvegetation bedeutenden Winterhalbjahr.

Da das gesamte Stadtgebiet zu umfangreich für die Untersuchungen war, wurden Teilflächen ausgewählt. Die Untersuchungsflächen im Stadtgebiet umfassen die stärker bewaldeten Gebiete, zum Beispiel die Dölauer Heide, Teile der stärker bebauten Bereiche der Innenstadt und der industriell ausgerichteten Gebiete des Vorstadtbereichs, aber auch große Teile der Saale-Elster-Aue. Hinzu kommen noch einige weitere städtische Grünflächen wie Parks (Stadtpark, Seebener GutsPark) und Friedhöfe (Gertraudenfriedhof, Nordfriedhof, Südfriedhof).

3 Methoden

Die Erfassung der Moosvegetation erfolgte in den Jahren 2005/2006. Zur Datenerhebung wurde das Stadtgebiet in 145 Rasterfelder (RF) auf Basis des Gauß-Krüger-Koordinatensystems unterteilt, wodurch eine flächengenaue Vergleichbarkeit mit der Kartierung von MÜLLER (1993) gewährleistet ist. Die Kantenlängen dieser Rasterfelder betragen 1 km x 1 km, berücksichtigt wurden nur Rasterfelder mit einer Fläche von mehr als 20% innerhalb des Stadtgebietes. Die Untersuchung erstreckte sich auf 48 der insgesamt 145 Rasterfelder (Abb. 3) des Gesamtstadtgebietes von Halle. Die Auswahl der Untersuchungsflächen setzte sich aus verschiedenen Komponenten zusammen. Ausgewählt wurden Rasterfelder der Kartierung von MÜLLER (1993) mit nachgewiesenen obligat epiphytischen Moosarten (26 RF). Weiterhin wurde zum Vergleich der verschiedenen urbanen Nutzungstypen ein sich in West-Ost-Richtung durch das gesamte Stadtgebiet erstreckendes Transekt untersucht, das 15 RF umfasste. Um trotz dieser Beschränkungen auf ausgewählte Flächen eine weitestgehend vollständige Zusammenstellung der epiphytischen Bryophyten für das gesamte Stadtgebiet zu ermöglichen, wurden Rasterfelder aus Gebieten mit großflächigerem Gehölzbestand in die Untersuchung eingeschlossen (7 RF). Dieses Design erlaubte gleichzeitig eine stichprobenhafte Untersuchung der innerstädtischen, epiphytenärmeren Gebiete sowie auch eine genauere Betrachtung von Gebieten mit potentiell höherem Epiphytenaufkommen. Die Aufnahmeflächen liegen ausschließlich im öffentlich zugänglichen Raum, private Garten- und Parkanlagen wurden nicht berücksichtigt.

Da weitergehende Untersuchungen eine randomisierte Aufnahmemethodik erfordern, wurden in den Rasterfeldern stichprobenartig Trägerbäume untersucht. In jedem der ausgewählten Rasterfelder des Messnetzes wurden 10 möglichst gleichmäßig verteilte Trägerbäume ausgewählt, unabhängig von Gehölzart und Moosdeckung, und mittels GPS-Koordinaten markiert. Bei einer geringeren Anzahl vorhandener Trägerbäume wurden alle vorkommenden Trägerbäume unabhängig von ihrer räumlichen Verteilung einbezogen. Auch größere, dickstämmige Exemplare von *Sambucus nigra* wurden in die Untersuchung eingeschlossen, wenn keine weiteren Trägerbäume im RF vorhanden waren.

Alle Baumarten wurden unabhängig von spezifischen physikalisch-chemischen Borkeneigenschaften gleichrangig in die Untersuchung einbezogen. Die erfassten Variablen Stammumfang, Stammneigungswinkel, Neigungsrichtung und Bestandstyp (unterschieden in Solitärgehölz, lichten und dichten Gehölzbestand) wurden nicht konstant gehalten, sondern gingen als Covariaten in Modellierungen der Moosabundanz in RICHTER et al. (2009) ein.

Die Erfassung der Moose erfolgte in Anlehnung an die VDI-Richtlinie (VDI 2006) auf einer 0,5 m² großen tubusförmigen Aufnahmefläche in 1 m Höhe des Stammes. Diese wurde in acht Teilflächen (im Folgenden Subplots genannt) entsprechend der Himmelsrichtungen unterteilt, auf denen jeweils eine Vegetationsaufnahme nach einer modifizierten Londo-Skala (1: <1%; 2: >1 bis 3%; 4: >3 bis 5%; 10: >5 bis 15%; 20: >15 bis 25% etc.; LONDO 1975) erhoben wurden.

4 Ergebnisse

4.1 Gehölze

Insgesamt 36 Baumarten konnten im Untersuchungsgebiet als Trägerbaumarten erfasst werden. Eine Aufstellung der Abundanzen der auftretenden Baumarten in den einzelnen Rasterfeldern bzw. Rasterfeldtypen ist in Tabelle 1 zu sehen. Das am häufigsten auftretende Gehölz war dabei *Acer negundo* (Abkürzung in Tabelle 1: *Acer neg*) mit 50 Vorkommen, gefolgt von *Salix x rubens* (42, *Sal rub*) und *Populus x canadensis* (34, *Pop can*), *Betula pendula* (26, *Bet pen*), *Quercus robur* (21, *Quer rob*) *Fraxinus excelsior* (20, *Frax exc*) und *Sambucus nigra* (19, *Sam nig*). Weitere auftretende Baumarten waren *Populus alba* (18, *Pop alb*), *Salix alba* (14, *Sal alb*), *Robinia pseudoacacia* (13, *Rob pseu*), *Quercus petraea* (11, *Quer pet*) und *Prunus domestica* (10, *Prun dom*). Weniger als 10 Vorkommen wiesen *Acer campestre* (*Acer cam*), *A. platanoides* (*Acer pla*), *A. pseudoplatanus* (*Acer pseu*), *Aesculus hippocastanum* (*Aes hipp*), *Carpinus*

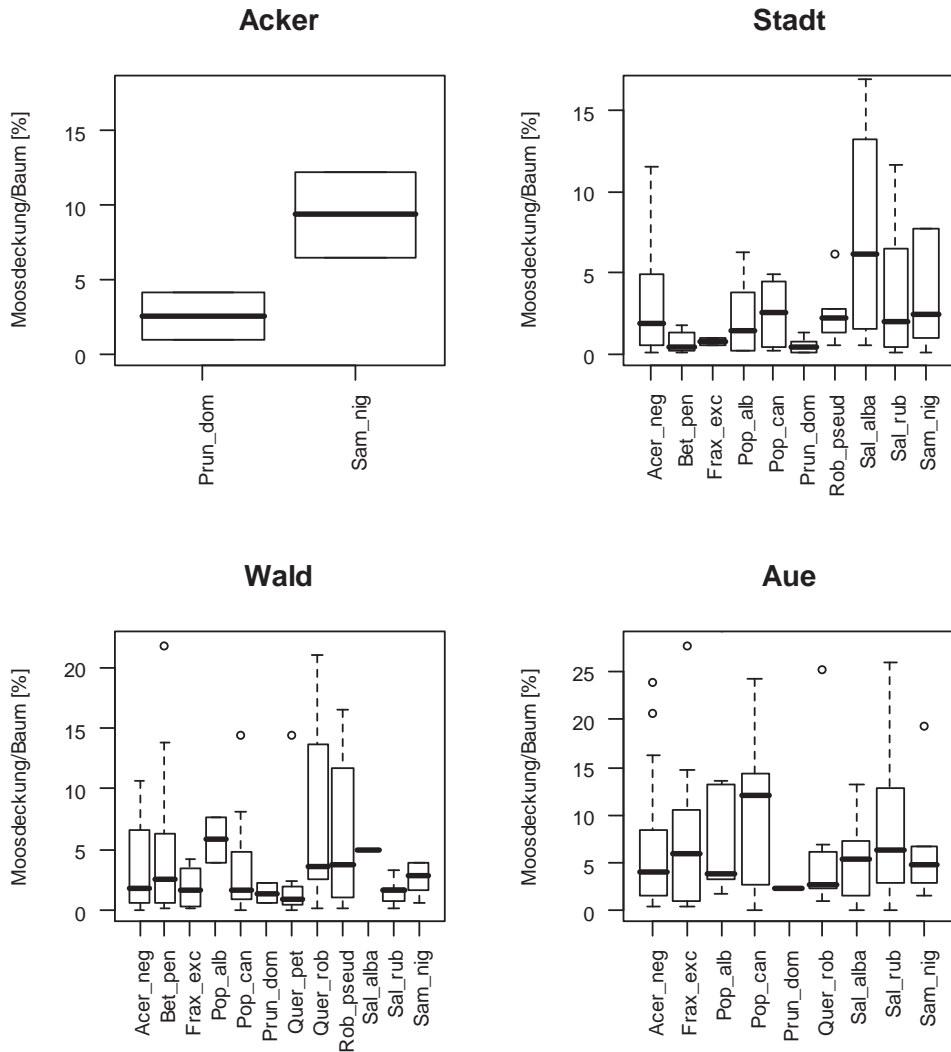


Abb. 1 Moosdeckung der häufigsten Trägerbaumarten in den verschiedenen Landschaftstypen.

Fig. 1 Bryophyte coverage on the most common phorophytes in the different landscape types.

betulus (Carp bet), *Elaeagnus angustifolia* (Elae ang), *Fagus sylvatica* (Fag syl), *Malus domestica* (Mal dom), *Populus balsamifera* (Pop bal), *P. tremula* (Pop trem), *Prunus avium* (Prun avi), *P. mahaleb* (Prun mah), *P. padus* (Prun pad), *Pyrus communis* (Pyr com), *Quercus rubra* (Quer rub), *Salix x sepulcralis* (Sal sep), *S. caprea* (Sal cap), *S. cinerea* (Sal cin), *S. viminalis* (Sal vim), *Tilia cordata* (Til cor), *T. platyphyllos* (Til pla), *T. x vulgaris* (Til vul), *Ulmus laevis* (Ulm lae) und *U. minor* (Ulm min) auf. Weitere im Untersuchungsgebiet regelmäßig auftretende Gehölzarten waren *Syringa vulgaris*, *Ailanthus altissima*, *Juglans regia* und verschiedene Koniferen, die im Gebiet jedoch grundsätzlich keine bryophytischen Epiphyten trugen. Im Vergleich der Gattungen der Trägerbäume zu MÜLLER (1993) zeigt sich, dass Anfang der neunziger Jahre weder Arten von *Acer* noch *Robinia* als Trägerbäume auftraten.

Tab. 1 Gauß-Krüger-Rasterfeldnummer (RF) (Abb. 3) mit zugeordneten Nutzungstypen: Stadt (S), Wald (W), Aue (A), Ackerland (AC) und der vorhandenen Anzahl von Trägerbäumen. Die Abundanzen der Baumarten sind in Klammern angegeben, Trägerbaumarten ohne Häufigkeitsangabe waren nur einmal im Rasterfeld vorhanden. Verwendete Abkürzungen sind im Text erläutert.

Tab. 1 Numbers of Gauß-Krüger grid cells (RF) and their associated landscape types (Typ): built up area (S), forest (W), floodplain (A), and agriculture land (AC); number of phorophytes per grid cell (Anzahl) and phorophyte species (Trägerbaumarten). Abbreviations of the tree species are given in the text. The abundances of the tree species are given in round brackets, species without a listed abundance occurred only in one grid cell.

RF	Typ	Anzahl	Trägerbaumarten
5697/4497	A	10	Acer neg (3), Frax exc, Mal dom, Pop alb, Quer rob, Sal rub, Sal sep
5697/4498	A	10	Sal rub (5), Acer neg (2), Pop can (2), Sal alb
5697/4499	A	10	Frax exc (3), Quer rob (2), Sal vim (2), Salx rub, Ulm lae, Ulm min
5697/4500	A	10	Sal rub (6), Sal alb (2), Frax exc, Acer pla
5698/4496	A	10	Sal rub (2), Sal alb (2), Sam nig (2), Pop alb, Pop can, Pyr com, Prun avi
5698/4497	A	10	Frax exc (3), Acer neg (2), Sal alb (2), Sal rub (2), Pop alb
5698/4498	A	10	Pop can (3), Sal rub (3), Pop trem (2), Quer rob, Ulm lae
5698/4500	S	3	Sal rub (3)
5699/4501	W	10	Pop trem (3), Pop alb (2), Pop can (2), Frax exc, Rob pseu, Sal rub
5700/4494	A	10	Pop can (3), Pop alb (2), Sal alb (2), Mal dom, Quer rob, Sal rub
5700/4500	W	9	Pop can (3), Rob pseu (3), Acer pseu, Frax exc, Sal alb
5702/4496	A	10	Acer neg (5), Pop can (3), Prun pad, Sam nig
5702/4498	S	9	Acer neg (4), Bet pen (2), Acer pla, Quer rub, Til vul
5703/4496	A	9	Frax exc (3), Sal rub (3), Pop alb, Pop can, Quer rob
5703/4501	W	6	Pop can (6)
5705/4491	S	6	Acer neg, Elae ang, Pop can, Prun dom, Rob pseu, Sam nig
5705/4492	S	9	Rob pseu (4), Prun avi, Prun mah, Sal alb, Sal rub, Sam nig
5705/4493	S	4	Acer neg (3), Sam nig
5705/4494	S	10	Acer neg (5), Elae ang (2), Sal rub (2), Pop can
5705/4495	S	9	Acer neg (4), Prun dom (3), Pop bal, Sal rub
5705/4496	S	8	Pop alb (3), Acer neg (2), Pop can, Sal rub, Til vul
5705/4497	S	3	Carp bet, Pop alb, Til vul
5705/4498	S	2	Acer pseu, Prun dom
5705/4499	S	0	
5705/4500	S	1	Til vul
5705/4501	AC	0	
5705/4502	AC	2	Prun dom, Sam nig
5705/4503	S	7	Frax exc (2), Pop alb (2), Acer neg, Pop can, Sal rub
5705/4504	AC	0	
5705/4505	AC	0	
5706/4491	W	9	Quer pet (3), Rob pseu (2), Til cor (2), Bet pen, Til plat
5706/4492	W	10	Bet pen (4), Acer pla, Rob, pseu, Sal cap, Sal rub, Sam nig, Til plat
5706/4493	W	10	Acer neg (2), Frax exc (2), Quer rob (2), Bet pen, Quer pet, Til cor
5706/4496	A	9	Pop alb (4), Acer neg (2), Pop can, Sal sep, Sam nig
5706/4499	S	1	Acer pla
5707/4491	W	10	Bet pen (3), Quer rob (3), Quer pet (2), Rob pseu
5707/4493	W	10	Quer rob (5), Bet pen (2), Acer pla, Fag syl, Quer pet
5707/4494	W	10	Bet pen (4), Quer rob (2), Carp bet, Mal dom, Quer pet, Sam nig
5707/4496	A	6	Acer neg, Acer plat, Frax exc, Quer rob, Sal rub, Sam nig
5708/4493	W	10	Bet pen (2), Quer pet (2), Sam nig (2), Acer pla, Quer rob, Sal rub, Til cor
5708/4494	W	10	Sal rub (4), Bet pen (2), Fag syl, Prun dom, Quer pet, Quer rob
5708/4496	A	5	Frax exc (2), Acer neg, Aes hipp, Sal rub
5708/4497	A	6	Acer neg (2), Acer pla, Prun spp., Sam nig, Ulm min
5708/4499	S	7	Bet pen (4), Acer neg (3)
5709/4494	S	10	Sal alb (3), Sam nig (3), Pop can (2), Pop bal, Sal cin
5709/4496	A	10	Acer neg (4), Uml lae (3), Pop can (2), Prun dom
5710/4498	W	7	Acer neg (3), Acer pla, Prun dom, Sam nig, Til pla
5711/4499	AC	5	Prun avi, Prun dom, Prun mah, Pyr com, Sam nig

Trägerbäume als Solitärgehölz waren am seltensten besiedelt (6%), gefolgt von Trägerbäumen im dichten Gehölzbestand (26%). Am häufigsten wurde eine Besiedlung auf Bäumen in lichten Gehölzgruppen bzw. Baumreihen beobachtet (68%).

Die Rangfolge der mittleren Artenzahlen der Subplots der verschiedenen Trägerbaumarten (Abb. 2) stimmt annähernd mit den Häufigkeiten der Baumarten als Trägerbäume überein. *Salix alba*, *Populus x canadensis*, *S. x rubens* und *Acer negundo* zeigten somit als häufige Trägerbäume auch die höchsten Diversitätswerte. Durch die Verbreitungsschwerpunkte dieser Gehölzarten in den unterschiedlichen Rasterfeldtypen und bevorzugte Besiedlung dieser Gehölze beeinflussen sie auch die Deckungswerte der Rasterfeldtypen. Nur ein leicht signifikanter Unterschied ($p=0,0241$) besteht zwischen den Deckungswerten der Rasterfeldtypen (Abb. 1a). In dieser Grafik (Abb. 1a) ist die jeweilige Deckung der Moosarten getrennt nach Hauptträgerbaumarten der jeweiligen Rasterfeldtypen aufgeführt. Deutlich zu erkennen ist das stark unterschiedliche Trägerbaumartenspektrum der vier Landschaftstypen. In den Stadt- und Waldflächen beschränkten sich hohe Deckungswerte auf nur wenige Baumarten, während in den Aue-Rasterfeldern fast alle Baumarten höhere Deckungswerte erreichten.

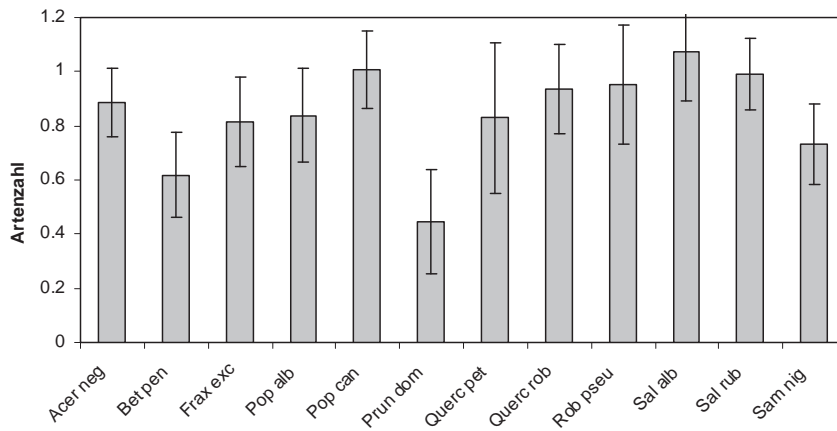


Abb. 2 Mittlere Artenzahl an Moosen pro Vegetationsaufnahme fläche (Subplot, 625 cm²) der häufigsten Trägerbaumarten. Die Fehlerbalken sind die +/- Standardfehler nach der Least Square Means Schätzung des gemischten linearen Modells, die detaillierte Modellentwicklung und die Erläuterung der Datengrundlage sind beschrieben in RICHTER et al. 2009.

Fig. 2 Mean bryophyte richness per vegetation relevé (subplot, 625 sqcm) of the most common phorophytes. Error bars are +/- standard errors, obtained from least square means estimation of the mixed linear model. The complete model and data basis are described in RICHTER et al. 2009.

4.2 Moose

Insgesamt konnten 47 epiphytische bzw. epixyle Moosarten im Untersuchungsgebiet nachgewiesen werden. Die Verbreitungskarten der einzelnen Moosarten (Abb. 4 bis 50) mit der Zuordnung zur Gefährdungsstufe nach den Roten Listen von Deutschland und Sachsen-Anhalt befinden sich im Anhang. Dabei ist bemerkenswert, dass deutschlandweit drei der Arten als stark gefährdet und in Sachsen-Anhalt eine Art als stark gefährdet bzw. 4 Arten als extrem selten eingestuft werden. Weiterhin sind Angaben zu den Abundanzen und eine Zuordnung zum bevorzugt besiedelten Landschaftstyp für das Untersuchungsgebiet gegeben. Mehr als die Hälfte aller Arten (27) zeigte eine deutliche Präferenz der Auengebiete, gefolgt von den Waldgebieten. Sehr wenige Arten, und diese mit meist geringer Abundanz, treten bevorzugt im

städtischen bebauten Bereich auf. Nur eine der relativ häufigen Arten, *Orthotrichum affine* (Abb. 30), präferierte Stadtrasterfelder.

Insgesamt kamen 40 Arten auf den Aufnahmeflächen der Hauptträgerbaumarten vor, so dass der größte Teil (85%) des gesamten Moosartenspektrums beprobt werden konnte. Einzig *Amblystegium varium* (Abb. 5), *Anomodon attenuatus* (Abb. 6), *Plagiothecium denticulatum* (Abb. 38), *Metzgeria furcata* (Abb. 28), *Thamnobryum alopecurum* (Abb. 45) und *Ulota crispa* (Abb. 50) wurden als Beifunde erfasst und traten nicht innerhalb der Vegetationsaufnahmeflächen auf.

Mehr als die Hälfte der aktuell nachgewiesenen Arten (26) zeigen eine obligat epiphytische Lebensweise (Tab. 2). Die 17 Neu- und Wiederfunde für das Untersuchungsgebiet sind fast alle obligat epiphytisch. Davon wurden acht obligat epiphytische Arten, *Cryphea heteromalla* (Abb. 15), *Dicranum tauricum* (Abb. 19), *Orthodicranum montanum* (Abb. 29), *Orthotrichum pallens* (Abb. 33), *O. stramineum* (Abb. 36), *O. striatum* (Abb. 37), *Tortula latifolia* (Abb. 46) und *Ulota bruchii* (Abb. 49), als Neufunde für das Untersuchungsgebiet belegt. *Amblystegium varium* und *Thamnobryum alopecurum* stellen als fakultative Epiphyten Wiederfunde für das Stadtgebiet dar. Die 1993 noch vorhandene epiphytische Art *Pylaisia polyantha* wurde nicht wieder gefunden.

Dreizehn der Arten werden auf der Roten Liste Sachsen-Anhalts (MEINUNGER & SCHÜTZE 2004) als gefährdet eingestuft, vier davon gelten als extrem selten. *Cryphea heteromalla* wurde bislang noch nicht in der Roten Liste Sachsen-Anhalts berücksichtigt.

Tab. 2 Vergleich aller 2005/2006 auftretenden epiphytischen bzw. epixylen Arten mit den von MÜLLER (1993) aufgeführten Arten, getrennt nach Art der epiphytischen Lebensweise.

Tab. 2 Comparison of all bryophyte species that occurred in 2005/2006 on woody substrates with those listed by MÜLLER (1993), separately for epiphytic life types.

	2005/2006	epiphytische Lebensweise		nicht epiphytisch
		obligat	fakultativ	
Bestätigung von 1993	30	12	9	9
Wiederfunde (1993 nicht vorhanden)	9	7	2	0
Neufunde	8	7	1	0
Gesamt	47	26	12	9

5 Diskussion

Die räumliche Verteilung der Phorophyten im Untersuchungsgebiet hat einen entscheidenden Einfluss auf die Verbreitung der epiphytischen Moose. Im Vergleich zu anderen Stadtkartierungen von Moosen (z. B. Wien: HOHENWALLNER 2000, Basel: HUBER 1992, Ruhrgebiet: STAPPER et al. 2000) wurde eine sehr große Anzahl an Trägerbäumen (342) vorgefunden und untersucht. Durch die hohe Diversität der Gehölze im urbanen Raum stand in Halle auch ein sehr vielfältiges Trägerbaumartenspektrum zur Verfügung. Jedoch hat eine Besiedlung durch Epiphyten nicht auf allen Gehölzarten im gleichen Maß stattgefunden. Es waren nicht nur die häufigen Baumarten als wichtige Trägerbäume mit hoher Epiphytendiversität vertreten, wie zum Beispiel *Acer negundo*, sondern auch Arten ohne allgegenwärtige Vorkommen im Stadtgebiet wie *Salix x rubens*, *Quercus robur*, *Populus* spp. Diese Gehölzarten entsprechen damit in etwa den Hauptträgerbaumarten der jeweiligen Rasterfeldtypen, *A. negundo* in innerstädtischen Wohngebieten, *Q. robur* in Waldrasterfeldern und *Salix* und *Populus* in den Aue-Rasterfeldern. Da in der Aue auch die höchste Diversität auf der Subplot-Ebene und die höchsten Deckungen zu verzeichnen waren, lag der

Epiphytenschwerpunkt im flussnahen Stadtbereich. Schon BARKMAN (1958) stellte *Quercus* und *Fraxinus*, sowie die Weichhölzer *Salix* und *Populus* als wichtige Phorophytengattungen in Europa heraus. Auch KAMPRAD & STETZKA (2002) wiesen u. a. *Fraxinus* spp. und *Quercus* spp. als wichtige Trägerbaumarten aus. Bei einer Epiphytenkartierung in Süd-England (BATES et al. 1997) traten ebenso die Gehölzarten *Fraxinus excelsior* und *Salix* spp., aber auch *Sambucus nigra* hervor. Andererseits kann auch z. B. *Aesculus hippocastanum* eine wichtige Trägerbaumart sein (HOHENWALLNER 2000), die jedoch in Halle einen sehr untergeordneten Stellenwert einnahm. Im Vergleich zu MÜLLER (1993) ist weiterhin bemerkenswert, dass die Gattungen *Robinia* und insbesondere *Acer* zuvor nicht als Trägerbaum auftraten, aber aktuell zumindest für einige Stadtteile von erheblicher Bedeutung sind. Damit können Neophyten eine wichtige Ergänzung als Trägerbaum darstellen, zumal der Diversitäts- und Deckungsschwerpunkt für epiphytische Moose auch nicht eindeutig bei den einheimischen Gehölzen lag.

Flächen mit landwirtschaftlicher Nutzung sowie größere Bereiche der Altstadt mit geringerer Dichte von potentiellen Trägerbäumen zeigten sehr geringe bzw. schlecht ausgeprägte bryophytische Epiphytenvegetation. Außerdem wiesen die in diesem Gebiet hauptsächlich vorhandenen Solitärgehölze nur eine geringe Diversität und Deckung der epiphytischen Moose auf. Selbst kleine, mikroklimatisch begünstigte Gehölzgruppen im östlichen Stadtgebiet (Acker-RF) waren nicht besiedelt.

Der Epiphytenschwerpunkt in der Aue kann neben den besseren klimatischen Bedingungen im Wesentlichen mit dem größeren Angebot potentiell geeigneter Trägerbäume begründet werden.

Ebenso wie in den Untersuchungen in Bonn von DILG (1999) und im Ruhrgebiet von STAPPER et al. (2000) wurde auch in Halle die deutliche Zunahme der Vorkommen epiphytischer Moosearten festgestellt. Im Vergleich zu MÜLLER (1993) bezieht sich die Veränderung sowohl auf die Deckung als auch auf die Diversität. Weiterhin ist zu erwähnen, dass sich die Wieder- bzw. Neubesiedlung innerhalb einer relativ kurzen Zeitspanne nach dem Höhepunkt der Luftbelastung im Jahr 1985 durch SO₂ (LAU 1992) stattgefunden hat. In den Gebieten der alten Bundesländer begann die Verbesserung der Luftreinheit deutlich früher und lag nicht zuvor auf einem so hohen Niveau wie im Großraum des Untersuchungsgebietes.

Sehr auffällig ist die Zunahme der Arten am Beispiel der Familie der *Orthotrichaceae*, besonders in der Gattung *Orthotrichum* (Abb. 30 bis 37). Eine Ursache dafür ist das Zusammenspiel zweier Entwicklungstendenzen. Zum einen haben weniger toxitolerante Arten durch die rückläufigen SO₂-Immissionen wieder eine Chance zur Ausbreitung. Zum anderen führt eine erhöhte Versorgung mit Stickstoff, der für epiphytische Arten als Minimumfaktor gilt (FRAHM 2000), zu günstigeren Wuchsbedingungen (SOLGA et al. 2006).

Die sensitiveren Arten des Untersuchungsgebietes (z. B. *Orthotrichum* spp., exkl. *O. diaphanum* sowie Lebermoosarten) wurden meist in weniger verkehrsbelasteten Gebieten (Dölauer Heide, Auengebiete) angetroffen, während im zentrumsnahen Umfeld mit stärkerer Schadstoffbelastung und ungünstigeren mikroklimatischen Bedingungen Ubiquisten und die sehr toxitoleranten Arten *Ceratodon purpureus* (Abb. 14) und *Hypnum cupressiforme* (Abb. 24) auftraten. Auch in verschiedenen anderen Untersuchungen wurde in den letzten Jahren eine ähnliche Zunahme eutrophierungstoleranter Arten festgestellt (STAPPER & KRICK 2004, FRIEDEL & MÜLLER 2004, FRANZEN et al. 2002, FRAHM 1999). In Halle traten ebenso nitrophile Arten, wie *Brachythecium rutabulum* (Abb. 9), *Orthotrichum diaphanum* (Abb. 31) und *Hypnum cupressiforme*, bedingt durch den hohen Stickstoffeintrag, mit hoher Frequenz und Deckung auf. Gleichfalls wird die immer häufigere Besiedlung von Gehölzen durch epilithische Arten mit dem steigenden N-Eintrag in Verbindung gesetzt (BATES et al. 1997, ADAMS & PRESTON 1992, FRAHM & SOLGA 1999). Der eindeutige Diversitätszuwachs der letzten 15 Jahre kann somit mit einer Vielzahl von Umweltveränderungen begründet werden. Daraus ergibt sich die Fragestellung, inwieweit sich der Epiphytenbestand weiter ausdehnen bzw. sich durch aktuelle und zukünftige Umwelteinflüsse verändern wird. Die hier geschaffene Datengrundlage kann als Grundlage für ein solches dauerhaftes Monitoring verstanden werden. Durch Wiederholungskartierungen der Untersuchungsflächen in Zeitabständen von ca. 15–20 Jahren würden wertvolle Zeitreihen entstehen, die eine weitergehende Ursachenanalyse sich ändernder Epiphytenvegetation erlauben würde.

6 Zusammenfassung

RICHTER, S.; SCHÜTZE, P.; BRUELHEIDE, H.: Untersuchungen zu Flora und Vegetation der epiphytischen Moose in Halle/Saale (Sachsen-Anhalt). – *Hercynia* 42 (2009): 177–195.

In den ehemals stark luftverschmutzten Gebieten Mitteldeutschlands wurde nach Verbesserung der Luftqualität der 1990er Jahre eine Wiederbesiedlung der epiphytischen Vegetation beobachtet. Das Ausmaß und die Geschwindigkeit der Wiederbesiedlung wurden in der Stadt Halle (Saale) untersucht. Die Daten konnten mit denen einer Studie zur Moosvegetation aus den frühen 1990er Jahre verglichen werden. Die aktuelle Untersuchung erstreckte sich auf eine Fläche von 48 km² des Stadtgebietes und schloss vier verschiedene Landschaftstypen ein. Insgesamt wurden 47 Moosarten auf 36 Trägerbaumarten erfasst. Verbreitungskarten aller Arten wurden erstellt, welche insbesondere die Bedeutung des Saaletales als Verbreitungsschwerpunkt für die Moose darstellen. Einige der gefundenen Arten sind deutlich sensibler bzw. weniger toxisch tolerant und traten in der vorausgegangenen Vergleichsuntersuchung nicht auf, z. B. einige Arten der Gattung *Orthotrichum*. Außerdem war auch eine deutlich Zunahme eutrophierungstoleranter Arten zu verzeichnen. Trägerbaumarten mit der höchsten Artenzahl von epiphytischen Moosen waren *Populus x canadensis*, *Salix alba* und *S. x rubens*. Die bevorzugt besiedelten Baumarten waren eindeutig abhängig vom Landschaftstyp, z. B. *Salix alba* und *Acer negundo* in Stadtrasterfeldern. Die höchsten Diversitäts- und Deckungswerte wurden jedoch innerhalb der Aue erreicht.

7 Danksagung

Der Ausgangspunkt dieser Arbeit bestand in der umfassenden Kartierung der Moose und Flechten des Stadtgebietes von Halle. Unser Dank gilt daher dem Autor Dr. Frank Müller für die umfangreiche Datengrundlage zum Untersuchungsgebiet. Diese Arbeit erfolgte mit der Unterstützung vom "Helmholtz Impulse and Networking Fund" im Rahmen der „Helmholtz Interdisciplinary Graduate School for Environmental Research (HIGRADE)".

8 Literatur

- ADAMS, K. J.; PRESTON, C. D. (1992): Evidence for the effects of atmospheric pollution on bryophytes from national and local recording. – In: Harding, P.T. (Ed.): Biological recording of changes in British wildlife. – Stationery Office Books, London.
- BARKMAN, J.J. (1958): Phytosociology and ecology of cryptogamic epiphytes. – Van Gorcum & Company. N.V., Assen.
- BATES, J.W.; PROCTOR, M.C.F.; PRESTON, C.D.; HODGETTS, N.G.; PERRY, A.R. (1997): Occurrence of epiphytic bryophytes in a "tetrad" transect across southern Britain! Geographical trends in abundance and evidence of recent change. – *J. Bryol.* 19: 685–714.
- DILG, C. (1999): Kartierung epiphytischer Moose und Flechten im Stadtgebiet von Bonn. – *Decheniana* 152: 105–115.
- DÖRING, J.; BORG, H. (2008): Ist das Klima von Halle (Saale) noch „normal“? Betrachtungen anhand der Temperatur- und Niederschlagsreihen von 1851 bis heute. – *Hercynia N.F.* 41: 3–21.
- FRAHM, J.P. (1999): Veränderungen in der heimischen Moosflora. – *Bryol. Rundb.* 24: 1, 4–5.
- FRAHM, J.P. (2000): Aktuelle Veränderungen in der Moosflora (2). – *Bryol. Rundb.* 32: 2–3.
- FRAHM, J.P.; SOLGA, A. (1999): Der Einfluß von Stickstoffemissionen auf Moose und Flechten. – *Bryol. Rundb.* 28: 1, 4–10.
- FRANZEN, I.; STAPPER, N.J.; FRAHM, J.P. (2002): Ermittlung der lufthygienischen Situation Nordrhein-Westfalens mit epiphytischen Flechten und Moosen als Bioindikatoren. – Gutachten im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen – MUNLV.
- FRANZEN, I. (2004): Untersuchungen zu den Auswirkungen zu den atmosphärischen Stickstoffeinträgen auf epiphytische Moose und Flechten im Hinblick auf die Bioindikation. – Diss. Univ. Bonn.
- FRIEDEL, A.; MÜLLER, F. (2004): Bryophytes and lichens as indicators for changes of air pollution in the Serrahn Natural Forest (Müritznationalpark). – *Herzogia* 17: 279–286.

- HOHENWALLNER, D. (2000): Bioindikation mittels Moosen im dicht bebauten Stadtgebiet von Wien. – *Limprichtia* **15**: 1–88.
- HUBER, H. (1992): Epiphytische Moose in der Umgebung von Basel und ihre potentielle Eignung als Indikatoren der Luftqualität. – *Bauhinia* **10**: 181–190.
- KAMPRAD, S.; STETZTKA K. M. (2002): Epiphytische Moose und Flechten im Nationalpark Säbische Schweiz. – *Vorkommen, Ökologie und Gefährdung*. – *Limprichtia* **21**: 1–258.
- KRICKE, R.; FEIGE, G.B. (2000): Eine neue Methode zur Bioindikation mit Hilfe von Flechten. – *Allg. Lichenol. Mitt.* **1**: 10–18.
- LANDUYT, M. VAN (1997): Mosses en lichenen van enkele spontane wildgenbossen op opespoten gronden: het Vlietbos en he Rot. – *Muscillanea* **17**: 6–11.
- LAU (1992): Immissionsbericht 1991 des Landes Sachsen Anhalt. – In: Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt (Ed.): *Ber. Landesamt Umweltschutz Sachsen-Anh.. Heft 2*. Halle (Saale).
- LAU (2005): Immissionschutzbericht Sachsen Anhalt 2005. – Landesamt f. Umweltschutz Sachsen-Anh. (Ed.).
- LE BLANC, F.; DE SLOOVER, J. (1970): Relation between industrialization and the distribution and growth of epiphytic lichens and mosses in Montreal. – *Canad. J. Bot.* **48**: 1485–1496.
- LONDO, G. (1975): Dezimalskala für die vegetationskundliche Aufnahme von Dauerquadraten. – In: SCHMIDT, W. (Ed.): *Sukzessionsforschung*. – *Ber. Int. Symp. Int. Vereinig. Vegetationsk. Rinteln 1973*: 613–617.
- LUDWIG, G.; SCHNITTLER, M. (1996): Rote Liste der Moose (*Anthocerophyta* et *Bryophyta*) Deutschlands. – *Schr.-R. f. Veg. kde.* **28**: 189–306.
- MEINUNGER, L.; SCHÜTZE, P. (2004): Rote Liste der Moose des Landes Sachsen-Anhalt. – *Ber. Landesamt Umweltschutz Sachsen-Anh.* **39**: 58–67.
- MÜLLER, F. (1993): Studien zur Moos- und Flechtenflora der Stadt Halle/S. – *Limprichtia* **1**: 1–167.
- RICHTER, S.; SCHÜTZE, P.; BRUELHEIDE, H. (2009): Modelling epiphytic bryophyte vegetation in an urban landscape. – *J. Bryol.* (accept.)
- SCHILLER, F.; HEIDEL, B.; KLOTZ, S. (1990): Möglichkeiten und Grenzen des Nachweises thermischer Differenzierungen in Städten mit Hilfe von Zeigerpflanzen - Beispieltransekt Halle. – *Hercynia N.F.* **27**: 283–293.
- SCHÖNBRODT, M. (2004): Wiederholungskartierung der Flechten im Stadtgebiet von Halle und ökologische Wertung der Veränderungen. – *Dipl.-Arb. Univ. Halle*.
- SOLGA, A.; BURKHARDT, J.; FRAHM, J.P. (2006): A new approach to assess atmospheric nitrogen deposition by way of standardized exposition of mosses. – *Environm. Monit. Assessm.* **116**: 399–417.
- STAPPER, N.J.; FRANZEN, I.; GOHRBANDT, S.; FRAHM, J.P. (2000): Moose und Flechten kehren ins Ruhrgebiet zurück. – *LÖBF Mitt.* **2**: 12–21.
- STAPPER, N.J.; KRICKE, R. (2004): Epiphytische Moose und Flechten als Bioindikatoren von städtischer Überwärmung, Standorteutrophierung und verkehrsbedingten Immissionen. – *Limprichtia* **24**: 187–208.
- VDI (VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE) (2006): Biologische Messverfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen (Bioindikation) – Kartierung der Diversität epiphytischer Moose als Indikator für Luftqualität. - VDI guideline – Richtlinie, 3957, Blatt 12. *VDI/DIN-Handbuch Reinhaltung der Luft 1a*. Berlin: Beuth-Verlag.

Manuskript angenommen: 15. Oktober 2009

Anschrift der Autoren:

Dipl.-Biologin Sandra Richter

Prof. Dr. Helge Bruelheide

Institut für Botanik, Institutsbereich Geobotanik und Botanischer Garten Halle, Am Kirchtor 1, 06108 Halle (Saale), Germany

E-Mail: sandra.richter@botanik.uni-halle.de

E-Mail: helge.bruehlheide@botanik.uni-halle.de

Dr. Peter Schütze

Goethestraße 25, 06114 Halle (Saale), Germany

E-Mail: peterschutz@web.de

Anhang:

Angaben zu den Verbreitungskarten:

Darstellung im Gauß-Krüger-Raster.

● Vorkommen innerhalb der Subplots

▲ weitere Vorkommen, außerhalb der Subplots

Artname, * Wiederfund (bereits vor 1993 nachgewiesen)/ ** Neufund im Stadtgebiet

RF: prozentualer Anteil besiedelter Rasterfelder für Vorkommen innerhalb aller Vegetationsaufnahme-flächen

s: Anzahl besiedelter Subplots

T: bevorzugter besiedelter Rasterfeldtyp basierend auf der Zahl der besiedelten Subplots (Stadt (S), Wald (W), Aue (A), Ackerland (AC))

GD: Gefährungsklassifizierung nach Roter Liste Deutschland (LUDWIG & SCHNITTLER 1996)

GSA: Gefährungsklassifizierung nach Roter Liste Sachsen-Anhalt (MEINUNGER & SCHÜTZE 2004).

Information on the distribution maps:

Representation after German grid (Gauß-Krüger grid).

● occurrence within the subplots

▲ further occurrences outside the subplots

Species name, * species was already found before 1993/ ** newly found for the area of Halle

RF: percentage of colonized grid cells for occurrences of all subplots

s: number of colonized subplots

T: preferred landscape type based on the number of colonized subplots (built up area (S), forest (W), floodplain (A), and agriculture land (AC))

GD: category of endangerment according to the Red List of bryophytes of Germany (LUDWIG & SCHNITTLER 1996)

GSA: classification in red list of Sachsen-Anhalt (MEINUNGER & SCHÜTZE 2004).

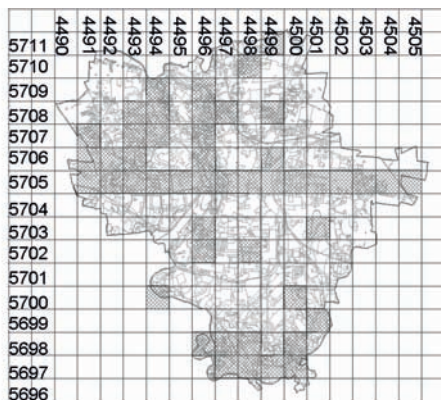


Abb. 3 Gauß-Krüger-Rasterfeldnummern. Grau unterlegte Rasterfelder wurden untersucht.

Fig. 3 Numbers of the German grid (Gauß-Krüger grid). Grey grid cells were investigated.



Abb. 4/ Fig. 4 *Amblystegium serpens*
RF 79,2%; s 228; T: A; GD: -; GSA: -



Abb. 5/ Fig. 5 *Amblystegium variatum**
T: S; GD: D; GSA: -



Abb. 6/ Fig. 6 *Anomodon attenuatus*
T: A; GD: V; GSA: 3

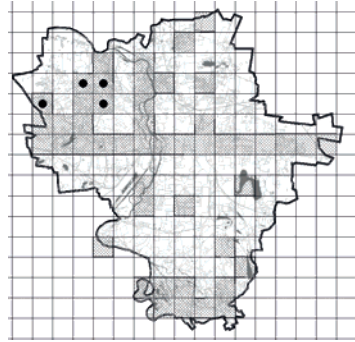


Abb. 7/ Fig. 7 *Aulacomnium androgynum*
RF: 10,4%; s: 9; T: W; GD: **; GSA: -

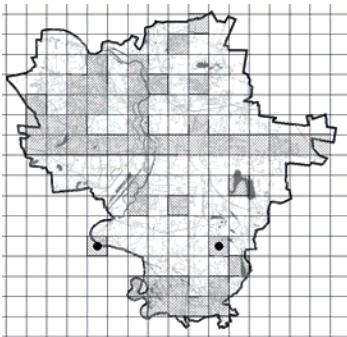


Abb. 8/ Fig. 8 *Brachythecium populeum*
RF: 4,2%; s: 2; T: A, W; GD: -; GSA: -

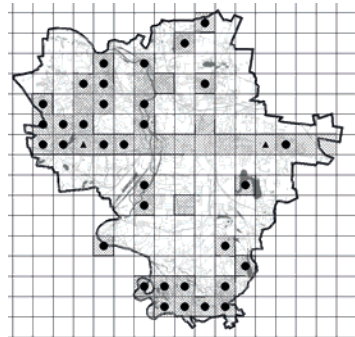


Abb. 9/ Fig. 9 *Brachythecium rutabulum*
RF: 68,8%; s: 190; T: A; GD: **; GSA: -

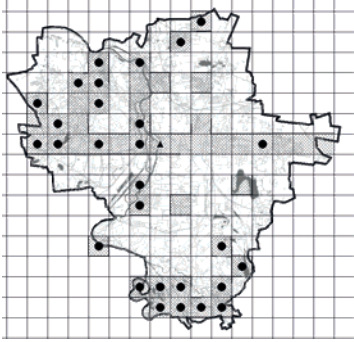


Abb. 10/ Fig. 10 *Brachythecium salebrosum*
RF: 58,3%; s: 98; T: A; GD: **, GSA: -



Abb. 11/ Fig. 11 *Brachythecium velutinum*
RF: 35,4%; s 52; T: A; GD: -, GSA: -

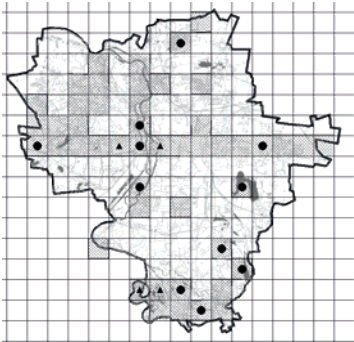


Abb 12/ Fig. 12 *Bryum argenteum*
RF: 22,9%; s: 16; T: W; GD: **, GSA: -



Abb. 13/ Fig. 13 *Bryum subelegans*
RF: 27,1%; s: 32; T: A; GD: *, GSA: -

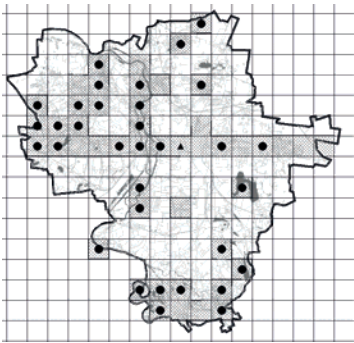


Abb. 14/ Fig. 14 *Ceratodon purpureus*
RF: 70,8%; s: 100; T: W; GD: -, GSA: -

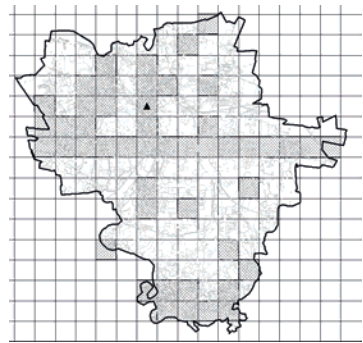
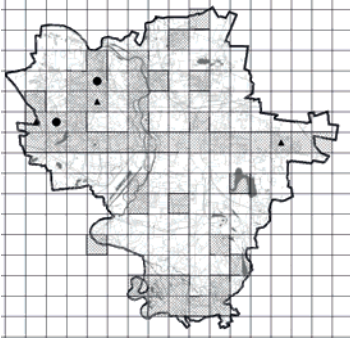
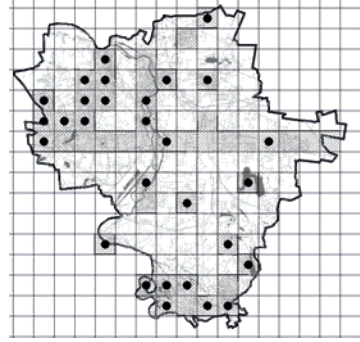


Abb. 15/ Fig. 15 *Cryphea heteromalla***
T: A; GD: 2; GSA: keine Angabe

Abb. 16/ Fig. 16 *Dicranella heteromalla*

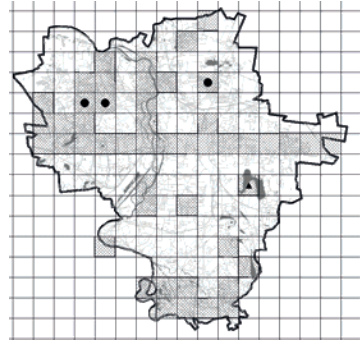
RF: 4,2%; s:2; T: W; GD: **; GSA: -

Abb. 17/ Fig. 17 *Dicranoweissia cirrata*

RF: 60,4%; s: 103; T: W; GD: **; GSA: -

Abb. 18/ Fig. 18 *Dicranum scoparium*

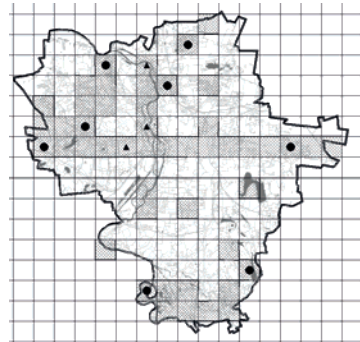
RF: 6,3%; s: 6; T: W; GD: *; GSA: -

Abb. 19/ Fig. 19 *Dicranum tauricum***

RF: 6,3%; s: 3; T: W; GD: **; GSA: -

Abb. 20/ Fig. 20 *Frullania dilatata**

RF: 8,3%; s: 4; T: A; GD: 3; GSA: 2

Abb. 21/ Fig. 21 *Grimmia pulvinata*

RF: 17,6%; s: 12; T: A; GD: -; GSA: -



Abb. 22/ Fig. 22 *Homalia trichomanoides*
RF: 4,2%; s: 3; T: A; GD: V; GSA: 3

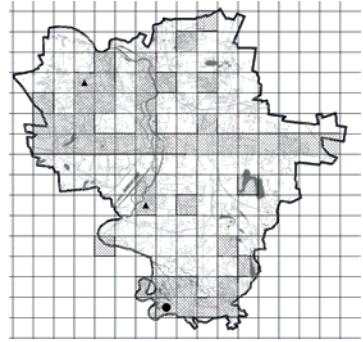


Abb. 23/ Fig. 23 *Homalothecium sericeum*
RF: 2,1%; s: 2; T: A; GD: *; GSA: -

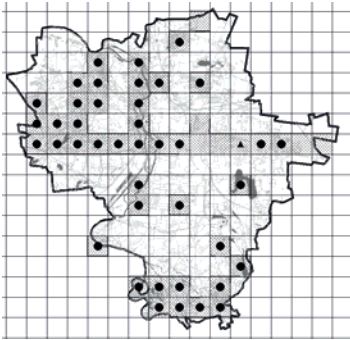


Abb. 24/ Fig. 24 *Hypnum cupressiforme*
RF: 85,4%; s: 385; T: W; GD: **; GSA: -



Abb. 25/ Fig. 25 *Leptodyctium riparium*
RF: 66,7%; s: 160; T: A; GD: **; GSA: -

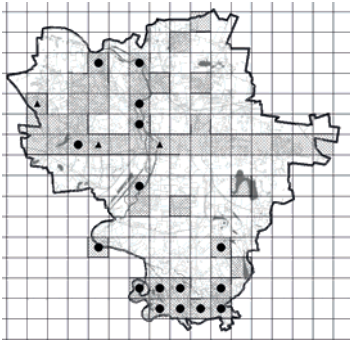


Abb. 26/ Fig. 26 *Leskea polycarpa*
RF: 33,3%; s: 108; T: A; GD: V; GSA: 3

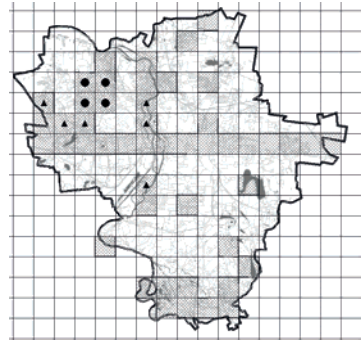
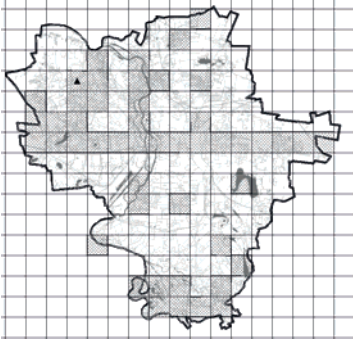
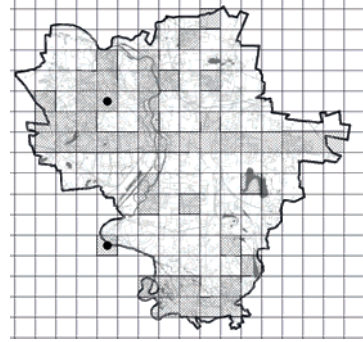


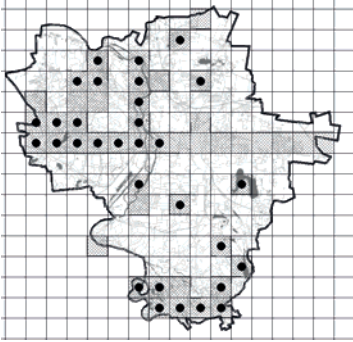
Abb. 27/ Fig. 27 *Lophocolea heterophylla*
RF: 8,3%; s: 9; T: W; GD: **; GSA: -

Abb. 28/ Fig. 28 *Metzgeria furcata**

T: W; GD: V; GSA: 3

Abb. 29/ Fig. 29 *Orthodicranum montanum***

RF: 4,2%; s: 2; T: W,A; GD: **, GSA: -

Abb. 30/ Fig. 30 *Orthotrichum affine**

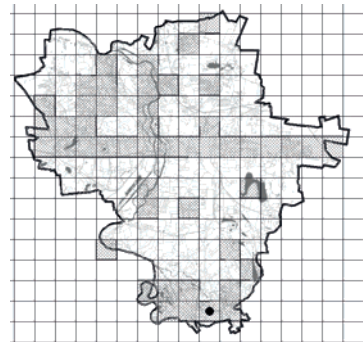
RF: 66,7%; s: 118; T: S; GD: V; GSA: 3

Abb. 31/ Fig. 31 *Orthotrichum diaphanum*

RF: 77,1%; s: 267; T: A; GD: **, GSA: -

Abb. 32/ Fig. 32 *Orthotrichum obtusifolium**

RF: 6,3%; s: 9; T: A; GD: 3; GSA: R

Abb. 33/ Fig. 33 *Orthotrichum pallens***

RF: 2,1%; s: 1; T: A; GD: 2; GSA: R

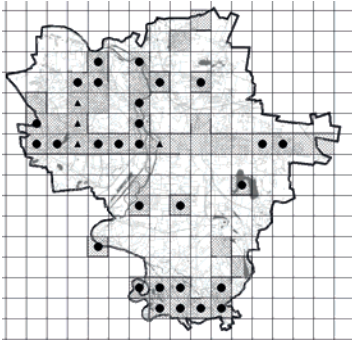


Abb. 34/ Fig. 34 *Orthotrichum pumilum*
RF: 58,3%; s: 107; T: A; GD: 3; GSA: 3

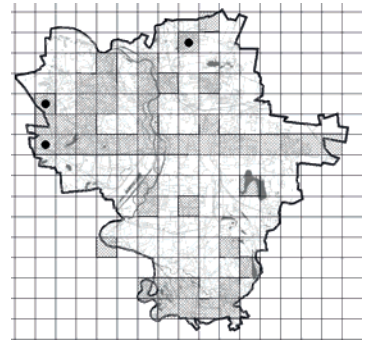


Abb. 35/ Fig. 35 *Orthotrichum speciosum**
RF: 6,3%; s: 5; T: W; GD: 3; GSA: 3

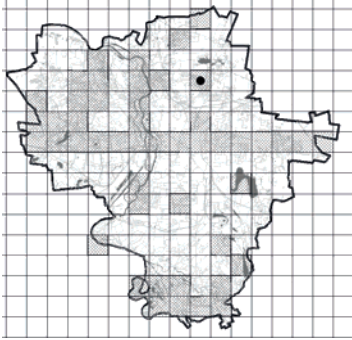


Abb. 36/ Fig. 36 *Orthotrichum stramineum***
RF: 2,1%; s: 2; T: S; GD: 3; GSA: 3

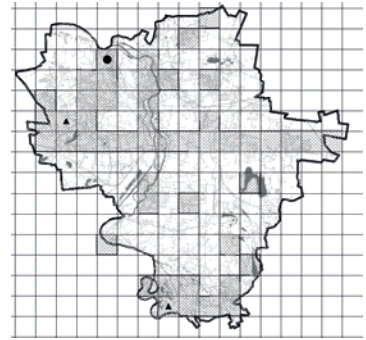


Abb. 37/ Fig. 37 *Orthotrichum striatum***
RF: 2,1%; s: 2; T: S; GD: 3; GSA: R

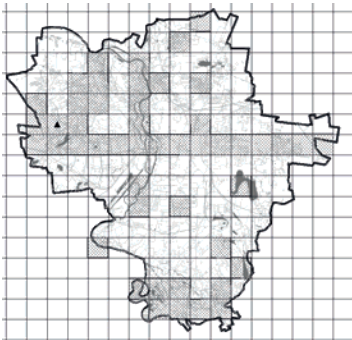


Abb. 38/ Fig. 38 *Plagiothecium denticulatum*
T: W, GD: *, GSA: keine Angabe

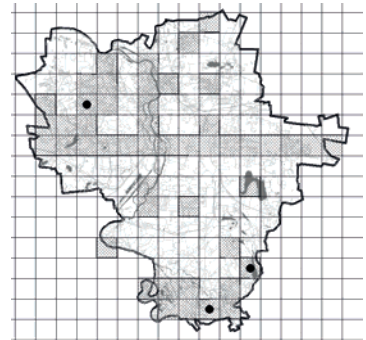
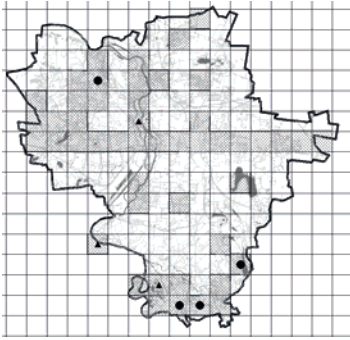
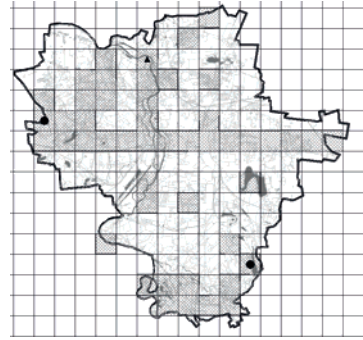


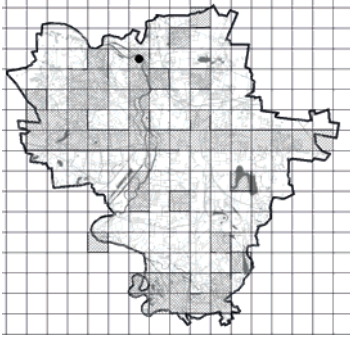
Abb. 39/ Fig. 39 *Platygyrium repens*
RF: 6,3%; s: 5; T: W; GD: V; GSA: 3

Abb. 40/ Fig. 40 *Radula complanata**

RF: 8,3%; s: 4; T: A, W; GD: 3; GSA: 3

Abb. 41/ Fig. 41 *Rhynchoszegium confertum*

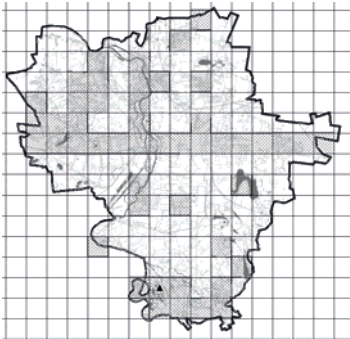
RF: 4,2%; s: 2; T: S, W; GD: **; GSA: -

Abb. 42/ Fig. 42 *Rhynchoszegium murale*

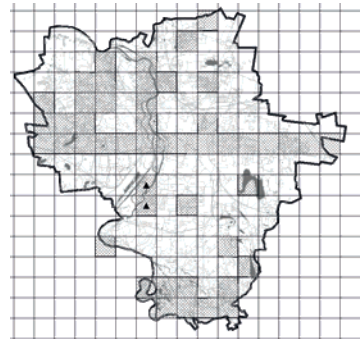
RF: 2,1%; s: 2; T: A; GD: *; GSA: -

Abb. 43/ Fig. 43 *Sanionia uncinata*

RF: 14,6%; s: 9; T: A; GD: V; GSA: -

Abb. 44/ Fig. 44 *Schistidium apocarpum s.l.*

T: A; GD: -; GSA: -

Abb. 45/ Fig. 45 *Thamnobryum alopecurum**

T: A, GD: V, GSA: 3



Abb. 46/ Fig. 46 *Tortula latifolia***
 RF: 6,3%; s: 4; T: A; GD: V; GSA: 3



Abb. 47/ Fig. 47 *Tortula muralis*
 RF: 17,6%; s: 18; T: A; GD: -; GSA: -



Abb. 48/ Fig. 48 *Tortula virescens*
 RF: 2,1%; s: 2; T: A; GD: V; GSA: 3

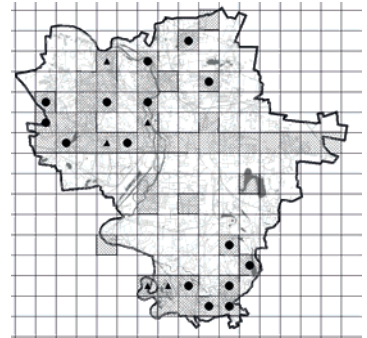


Abb. 49/ Fig. 49 *Ulota bruchii***
 RF: 31,3%; s: 18; T:W; GD: 2; GSA: 3

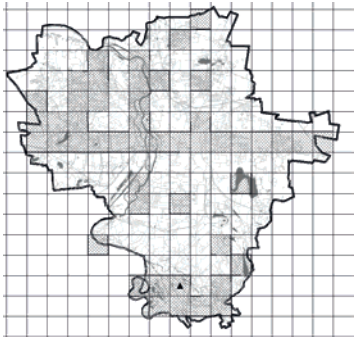


Abb. 50/ Fig. 50 *Ulota crispa**
 T: A; GD: 3; GSA: R

HEMPEL, W.: Die Pflanzenwelt Sachsens von der Späteiszeit bis zur Gegenwart. – Herausgegeben von der Sächsischen Landesstiftung Natur und Umwelt. – Weißdorn Verlag Jena 2009. 248 Seiten, 300 farbige Abbildungen, 33 Karten, davon 14 als Loseblatt-Beilagen. – ISBN 978-3-93655-57-3. Preis: 29,90 Euro.

Wenn die Ursachen der Pflanzenverbreitung untersucht oder die „ursprüngliche“ bzw. „natürliche“ Vegetation rekonstruiert werden, wird gewöhnlich der Einfluss früherer Klimaänderungen und Wirtschaftsweisen viel zu wenig berücksichtigt. Für Prof. Dr. WERNER HEMPEL (Dresden) war das über Jahrzehnte ein Lieblingsthema bei seinen Forschungen über die Flora und Vegetation Sachsens. In dem vorliegenden Buch fasst er seine Ergebnisse zusammen. Als anspruchsvolle Populärliteratur ist es gedacht, lebendig und interessant geschrieben, aber auch für den Fachmann mit neuen, manchmal provokanten Gedanken wichtig und unbedingt lesenswert. Die Kenntnis der Forst-, Landwirtschafts- und Fischerei-Archive, der Literatur über die Geschichte des Gartenbaus, der in Pollenanalysen und frühen Floren dokumentierten Florenveränderungen, aber auch eine ausgezeichnete Kenntnis der heutigen Pflanzenwelt Sachsens und von Ländern mit einem Vegetationsbild, das dem der frühen Nacheiszeit Sachsens ähnlich ist – all das verwendet der Autor für ein facettenreiches Bild des Ablaufs der Floren- und Vegetationsgeschichte.

Nur 3 Beispiele von Hunderten sollen zeigen, wie abhängig von der Geschichte des Menschen das Vorkommen jeder Pflanzenart, jede Vegetationsform und auch das Landschaftsbild ist:

1. Die Arnika war im Gebiet zunächst ein Element der vorwärmezeitlichen Zwergstrauchheiden, wurde als licht- und feuchteliebende, azidiphile Pflanze bei der postglazialen Wiederbewaldung auf kleine Flächen am Rand von Hochmooren zurückgedrängt, profitierte dann mächtig von der Entwicklung der extensiven Weidewirtschaft im 14.–15. Jh., ging mit der Entwicklung der Mähwiesen Anfang des 19. Jh. zunächst leicht zurück und hat seit 1960 durch die Intensivierung der Grünlandwirtschaft ihre meisten Vorkommen wieder verloren.

2. Die bisher für natürlich gehaltenen Eichen-Buchenwälder erweisen sich als ein historisch bedingtes Übergangsstadium, das auf die Aufgabe der Waldweide im letzten Drittel des 18. Jahrhunderts zurückzuführen ist. Auf die Waldzusammensetzung könnte sich sogar die 1848er Revolution ausgewirkt haben, in deren Folge die Freigabe der Jagd zum „Leerschießen“ der Wälder und damit zum besseren Aufkommen der Tanne führte.

3. Der in Sachsen seit der Jungsteinzeit angebaute Lein färbte über Jahrhunderte zur Blütezeit die Agrarlandschaft blau, bis ihm in der Mitte des 20. Jh. die Entwicklung der Kunstfasern in der Textilindustrie ein Ende bereitete – heute sind die Äcker im Mai infolge der Förderung des Rapsanbaus gelb gefärbt!

Neu geprägt wurde vom Autor der Begriff der **Paläophyten**, die bisher in die Archäophyten (vor 1500 eingeschleppte Pflanzenarten) eingeschlossen wurden. Sie treten zuerst in den Altkulturen des Mittelalters und der Frührenaissance auf, also von 500 bis 1520. Wenn Pflanzenarten in alten Verzeichnissen von Klostergärten oder in Heilpflanzenbüchern aufgeführt werden, so kann die Zeit ihres Verwilderns freilich nur vermutet werden, da in den ältesten Quellen meistens nicht zwischen Kultur- und Wildvorkommen unterschieden wird. HEMPEL gliedert die Paläophyten noch in die Frühpaläophyten (in Sachsen Auftreten in der frühen Slawenzeit, 600–900, z. B. *Atriplex hortensis*, *Malva neglecta*) und die Spätpaläophyten (Einwanderung während der deutschen Kolonisation, besonders in Kloster- und Burggärten). Zu den letzteren zählt er *Viola odorata*, *Leonurus cardiaca*, *Ballota nigra*, Weinbaubegleiter wie *Aristolochia clematitis* und Gewerbepflanzen wie *Reseda lutea* und *Dipsacus sativus*.

Interessant ist auch die engere Fassung des Terminus **Apophyten**. Darunter verstand man nach RIKLI (1903) „ursprünglich heimische Arten, die vom Menschen geschaffene Standorte besiedeln“. HEMPEL versteht darunter nur solche einheimische Pflanzen, die ihre ursprünglichen Standorte bei der postglazialen Wiederbewaldung verloren haben und auf anthropogenen Standorten Zuflucht fanden. Dazu rechnet der Autor die meisten Gänsefuß-, Melden- und Kletten-Arten, aber auch das Seifenkraut und die Wegwarte. (Diese „heimatlos gewordenen“ Pflanzen sind nicht zu verwechseln mit den Heimatlosen bei H. SCHOLZ, den Anökophyten, die erst in jüngerer Zeit, z. B. durch Hybridisierung, entstanden sind.)

Fortsetzung S. 216