

Flechten im Kronen- und Stammbereich geschlossener Waldbestände in Rheinland-Pfalz (SW-Deutschland)

von **Volker John** und **Hans Werner Schröck**

Fauna und Flora in Rheinland-Pfalz 9 (3) S. 727-750 (2001).

Inhaltsübersicht

Kurzfassung

Summary

1. Einleitung

2. Material und Methode

2.1 Standorte

2.2 Probenahme

3. Ergebnisse

3.1 Eichenbestände

3.2 Buchenbestände

3.3 Kiefernbestände

4. Diskussion

5. Literatur

Kurzfassung

In sieben Waldmonitoringflächen wurde an jeweils 22 frisch gefällten Bäumen der Hauptbaumart der Flechtenbewuchs am Stamm bis 2,5m Höhe und im Kronenbereich vergleichend untersucht. Insgesamt wurden 52 Arten beobachtet. Bei alleiniger Aufnahme des Stammes bis ca. 2,5 m Höhe am stehenden Baum wären 50 bis 90 % der Arten erfasst worden. Bei einer Verwendung von Durchforstungsbäumen wird das Artenspektrum demnach wesentlich besser erfasst. Materieller, zeitlicher und finanzieller Aufwand sind hierbei, im Vergleich zu der Erfassung der Flechten bis 2,5m am stehenden Baum, nur unwesentlich erhöht. Ferner liefert die Methode bessere Daten zur Bioindikation der Veränderung der lufthygienischen Situation und zur Biodiversität.

Summary

In a comparative study in seven forest monitoring plots, the lichen cover present on the boles up to 2.5 m and in the crown of 22 recently cut trees of the principal tree species was analyzed. Altogether 52 different lichen species were observed. 50-90% of the species would have been registered by exclusively investigating the bole up to about 2.5 m. Consequently the species spectrum is captured more reliably by using thinning trees. Efforts concerning material, time and money are only insignificantly higher than compared to registering the lichen cover up to 2.5 m on the standing tree. Moreover the method supplies better data on the bioindication regarding the change of the sanitary situation of the air as well as on biodiversity.

1. Einleitung und Problemstellung

Die Erfassung und Beobachtung der auf Luftschadstoffe sensibel reagierenden Flechtenvegetation ist ein wichtiger Bestandteil des Umweltmonitorings. So erfolgten insbesondere in urbanen Gebieten Kartierungen der Flechtenvegetation zur Erfassung von Belastungen und zeitlichen Veränderungen der Luftqualität (HENDERSSON 2000). Die Vereinheitlichung der Aufnah-

memethoden erfolgte 1995 mit der VDI-Richtlinie Nr. 3799 (VDI 1995). Hierbei wird aus dem Auftreten bestimmter Flechtenarten auf definierten Baumartengruppen mit einem Mindeststammdurchmesser über 60 cm auf die Luftqualität geschlossen.

In geschlossenen Waldbeständen ist der Einsatz der VDI-Methode mit Problemen behaftet. So ist anzunehmen, dass aufgrund mangelnden Lichtgenusses das Artenspektrum im unteren Baumbereich einschränkt ist. Berücksichtigt werden muss zudem, dass Bewirtschaftungsmaßnahmen, wie periodische Entnahme von Bäumen zur Förderung von Vitalität und Zuwachs der qualitativ besseren Nachbarn (Durchforstungen) oder Baumentnahme zur Einleitung der natürlichen Verjüngung, zu Änderungen im Lichteinfall und somit zu Änderungen im Artenspektrum der Flechten führen können.

Flechtenuntersuchungen in Waldgebieten erfolgen meist im Zusammenhang mit Umweltmonitoring-Programmen z.B. dem europaweiten Level-II-Projekt (BML 1995, 1997a, 1997b und der Naturwaldforschung (BÜCKING 1993). Bei diesen Untersuchungen steht nicht die Kartierung von Belastungszonen, wie in den urbanen Gebieten, sondern die Erfassung der Wirkung von Umwelteinflüssen und Ihren Veränderungen auf besonders sensible Glieder des Ökosystems im Vordergrund. Diese Untersuchungen erfordern, anders als in den städtischen Regionen eine möglichst vollständige Erfassung des Arteninventars und der Langzeitentwicklung der Flechtenbesiedlung. Trotz der aufgezeigten Probleme beschränkten sich die Aufnahmen der Flechtenbesiedlung in geschlossenen Waldbeständen meist auf den unteren Stammbereich (HAUCK 1995, JOHN 1997, WIRTH & OBERHOLLENZER 1991, ZIMMER 2000).

Auf der Suche nach Alternativen wurde geprüft, inwieweit sich im Zuge von wiederkehrenden Bewirtschaftungsmaßnahmen gefällte Bäume für die Erfassung der Flechtenpopulation im Rahmen des Waldökosystemmonitorings eignen.

2. Material und Methode

2.1 Standorte

Es handelt sich bei allen untersuchten Flächen um Dauerbeobachtungsflächen zur Umweltkontrolle im Waldschadensmonitoring, zum Teil um

Flächen des Level-II-Programmes (BLOCK 1995, BML 1995, 1997a, 1997b). In der vorliegenden Erhebung wurden im Zeitraum Oktober 1998 bis Januar 2001 zwei Eichen-, vier Buchen- und eine Kiefernfläche untersucht:

- Eichenbestand im Pfälzerwald, Forstamt Merzalben. 160 bis 200-jährige Traubeneichen mit Buchenunterstand auf Buntsandstein (Braunerde). Höhenlage 550 bis 600 m.
- Trauben- und Stieleichenmischbestand im Hunsrück, Forstamt Entenpfehl. Im Durchschnitt 110-jährige Eichen mit Buchen im Haupt-, Zwischen- und Unterstand auf Diluvialen Lehm (Pseudogley). Höhenlage um 410 m.
- Buchenbestand im Hunsrück, Forstamt Entenpfehl. Im Durchschnitt 135-jährige Buchen auf Taunusquarzit (Braunerde). Höhenlage um 625 m.
- Buchenbestand in der Eifel, Forstamt Schneifel. Im Durchschnitt 140-jährige Buchen auf Tonschiefer mit Decklehm (Braunerde). Höhenlage um 580m.
- Zwei benachbarte Buchenbestände im Westerwald, Forstamt Neuhäusel. Im Durchschnitt 110 - jährige Buchen auf Bims über Emsquarzit bzw. Emsquarzit mit Decklehm (Braunerde). Höhenlage um 390 m.
- Kiefernbestand in der vorderpfälzischen Rheinebene, Forstamt Speyer. Im Durchschnitt 115-jährige Kiefern auf Diluvialen Sanden (Braunerde). Höhenlage um 105 m.

2.2 Probennahme

Beprobt wurden je Untersuchungsbestand 22 herrschende, d.h. aus der Oberschicht des Bestandes stammende Bäume, die im Rahmen von Durchforstungsmaßnahmen zur Förderung ihrer in der Regel qualitativ besseren Nachbarn entnommen werden. Da jeweils nur die stärksten, auf bzw. aus unmittelbarer Nähe der Versuchsfläche stammenden Durchforstungsbäume ausgewählt werden, ist gewährleistet, dass diese Bäume, im Vergleich zu ihren Nachbarbäumen, eine vergleichsweise große Krone und ausreichend Lichtgenuss im Kronenraum hatten. Lediglich bei der Versuchsfläche „Merzalben“ wurden die Bäume aus mehreren benachbarten Waldbeständen ausgewählt. Die Beschränkung auf 22 Bäume erfolgte, um die Aufnahme der Versuchsfläche zur Hauptfällungszeit im Winter inklusive An- und Rückfahrt, innerhalb eines Tages durchführen zu können.

Die Erhebung der Flechtenvorkommen wurde getrennt nach Stamm bis ca. 2,5m Höhe und Kronenbereich der frisch eingeschlagenen Bäume durchgeführt. Bei Arten wie z.B. aus den Gattungen *Lepraria* und *Lepruloma*, die lediglich als Aggregat erfasst werden können, erfolgt eine Nachbestimmung im Labor. Die Belege befinden sich in den Sammlungen der Pollichia (POLL) im Pfalzmuseum für Naturkunde in Bad Dürkheim.

3. Ergebnisse

In den sieben Untersuchungsflächen sind insgesamt 152 Bäume erfasst worden. Hierbei wurden 52 Flechtenarten registriert. Aus floristischer Sicht werden zwei Arten erstmals für Rheinland-Pfalz publiziert: *Mycobilimbia epixanthoides* und *Porina leptalea* (JOHN 1990, SCHOLZ 2000).

3.1 Eichenbestände

Eichenflächen im Forstamt Merzalben

Die Ergebnisse der Aufnahmen zeigen mit 41 Flechtenarten eine vergleichsweise reiche Flechtenflora. 25% der bei der Untersuchung erfassten Arten sind nur in der Krone und 17% nur am Stamm aufgetreten. Somit wären bei den bisher üblichen Verfahren einer Kartierung am stehenden Baum bis ca. 2,5m Stammhöhe vermutlich nur dreiviertel des Artenspektrums erfasst worden.

Zu den Arten, die nur im Kronenbereich vorkommen, gehören *Cetraria chlorophylla* (7 mal beobachtet), *Hypogymnia farinacea* (8), *H. tubulosa* (20), *Melanelia glabrata* (7) und *Pseudevernia furfuracea* (20). Diese Arten zeigen gegenüber den Flechten am Stamm einen erhöhten Lichteinfluss mit Zeigerwerten von 5 bis 8 an (Abb. 1).

Die Auswertung der Zugehörigkeit zu den jeweiligen Zeigerwertklassen nach WIRTH (1991) für „Lichtzahl“, „Feuchtezahl“, „Reaktionszahl“, „Toxintoleranz“, „Nährstoffzahl“, „Kontinentalität“ und „Temperatur“ zeigt bei Berücksichtigung der Artenzahlen pro Zeigerwertklasse, abgesehen vom dem Einfluss der Lichtstärke, nur unwesentliche Unterschiede (Abb. 2). Das Nährstoffangebot ist auf der gesamten Fläche gering, nitrophytische Arten sind sehr selten (*Xanthoria candelaria*). Hervorzuheben ist in diesem Zusammen-

hang das vollständige Fehlen von *Parmelia sulcata* bei einem gleichzeitigen Auftreten von *Parmelia saxatilis* an fast jedem Baum. Erhöhter Lichteinfluss würde eher das Wachstum von *Parmelia sulcata* begünstigen, ebenso wie erhöhtes Nährstoffangebot und Luftbelastung durch Schadstoffe. Das bedeutet, dass auch andere Faktoren das Wachstum bestimmter Arten, wie hier von *Parmelia saxatilis* im Kronenbereich beeinflussen.

Tab. 1 – Artenspektrum und Verteilung der Flechten auf die verschiedenen Sektionen der Probebäume (z.B. wurde *Cladonia coniocraea* bei vier Eichen nur im unteren Stammteil, bei zwei Bäumen nur in der Krone und bei 12 Bäumen sowohl in der Krone als auch am Stamm des gleichen Baumes gefunden). Fläche Merzalben. 20.X.1998.

Flechtenarten	Anzahl der Bäume		
	nur am Stamm beobachtet	nur in der Krone beobachtet	am Stamm als auch in der Krone beobachtet
<i>Arthonia vinosa</i> LEIGHT.	3	0	0
<i>Buellia griseovirens</i> (TURNER & BORRER ex SM.) ALMB.	4	0	0
<i>Calicium glaucellum</i> ACH.	1	0	0
<i>Cetraria chlorophylla</i> (WILLD.) VAIN.	0	7	0
<i>Chaenotheca ferruginea</i> (TURNER & BORRER) MIGULA	1	0	0
<i>Cladonia coniocraea</i> (FLÖRKE) SPRENGEL	4	2	12
<i>Cladonia digitata</i> (L.) HOFFM.	1	2	0
<i>Cladonia fimbriata</i> (L.) FR.	0	8	0
<i>Cladonia pyxidata</i> (L.) HOFFM.	0	1	0
<i>Evernia prunastri</i> (L.) ACH.	4	0	1
<i>Hypocenomyce caradocensis</i> (LEIGHT. ex NYL.) P.JAMES & GOTTH. SCHNEIDER	1	0	0
<i>Hypocenomyce scalaris</i> (ACH. ex LILJ.) M. CHOISY	0	10	2
<i>Hypogymnia farinacea</i> Zopf	0	6	0
<i>Hypogymnia physodes</i> (L.) NYL.	3	2	17
<i>Hypogymnia tubulosa</i> (Schaer.) HAVAAS	0	20	0
<i>Lecanora chlarotera</i> NYL.	0	2	2
<i>Lecanora conizaeoides</i> NYL. ex CROMBIE	5	6	7
<i>Lecanora expallens</i> ACH.	2	8	0
<i>Lepraria incana</i> (L.) ACH.	13	0	7
<i>Lepraria lobificans</i> NYL.	3	3	0
<i>Lepraria rigidula</i> (B. de LESD.) TØNSBERG	1	4	0
<i>Melanelia glabratula</i> (LAMY) ESSL.	0	7	0
<i>Micarea prasina</i> FR.	2	2	0

<i>Mycoblastus fucatus</i> (STIRTON) ZAHLBR.	2	7	9
<i>Ochrolechia microstictoides</i> Räsänen	1	3	0
<i>Ochrolechia turneri</i> (SM.) HASSELR.	0	4	1
<i>Parmelia saxatilis</i> (L.) ACH.	3	13	11
<i>Parmeliopsis ambigua</i> (WULFEN) NYL.	2	11	5
<i>Pertusaria albescens</i> (HUDS.) CHOISY & WERNER	3	4	0
<i>Pertusaria amara</i> (ACH.) NYL.	0	0	1
<i>Pertusaria pertusa</i> (WEIGEL) TUCK.	1	0	0
<i>Phlyctis argena</i> (SPRENGEL) FLOTOW	2	0	0
<i>Placynthiella icmalea</i> (ACH.) COPPINS & P.JAMES	1	1	0
<i>Platismatia glauca</i> (L.) W.CULB. & C.CULB.	0	10	10
<i>Pseudevernia furfuracea</i> (L.) ZOPF	0	20	0
<i>Ropalospora viridis</i> TØNSBERG	3	5	2
<i>Scoliciosporum chlorococcum</i> (GRAEWE EX STENH.) VEZDA	1	2	0
<i>Trapeliopsis flexuosa</i> (Fr.) COPPINS & P.JAMES	0	3	0
<i>Trapeliopsis granulosa</i> (HOFFM.) LUMBSCH	0	2	0
<i>Tremella lichenicola</i> DIEDERICH	2	0	1
<i>Xanthoria candelaria</i> (L.) TH.FR.	0	1	0

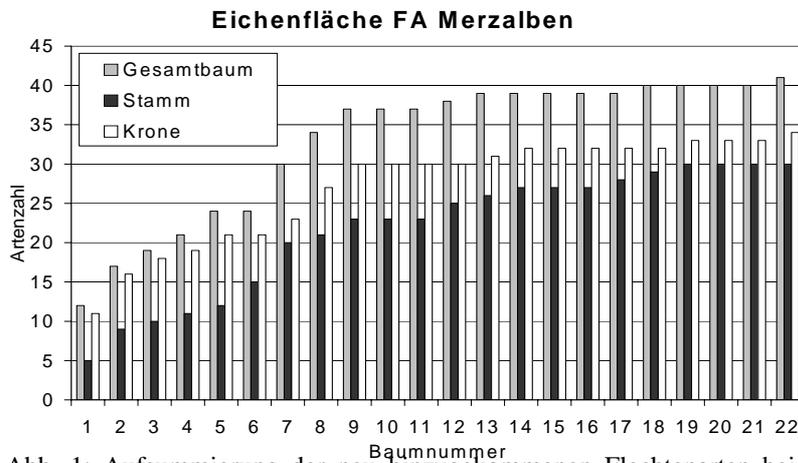


Abb. 1: Aufsummierung der neu hinzugekommenen Flechtenarten bei zunehmendem Untersuchungskollektiv. Getrennte Darstellung nach Vorkommen nur in der Krone, Vorkommen nur am Stamm bis ca. 2,5m Höhe und Vorkommen an Stamm und Krone (Gesamtbaum). Die Bäume sind in der Reihenfolge ihrer Kartierung dargestellt.

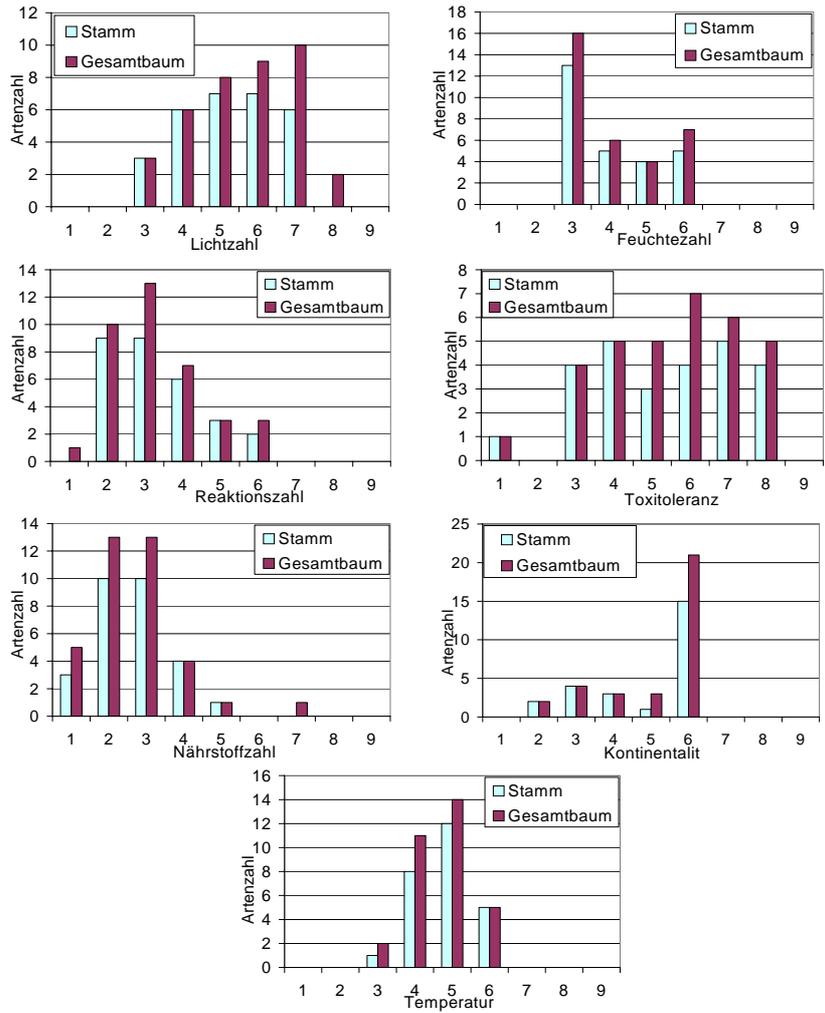


Abb. 2: Verteilung von Flechtenarten auf unterschiedliche Zeigerwerte nach WIRTH (1991).

Die Zugehörigkeit der Flechtenarten zu den jeweiligen Zeigerwertklassen zeigt Abb. 2. Dargestellt ist die Artenzahl getrennt nach Stamm bis ca. 2,5m Höhe und des Gesamtbaumes (Stamm und Krone), so dass die Differenz die Artenzahl der nur in den Kronen bzw. nur im unteren Stammbereich aufgetretenen Flechtenarten ergibt.

Weiterhin wurde geprüft, welche Anzahl von Probebäumen zur möglichst vollständigen Erfassung des Artenspektrums notwendig ist. Hierzu wurde die Gesamtartenzahl der Flechten nach jedem neu kartierten Baum in der Reihenfolge der Aufnahme vor Ort aufgetragen (Abb.1). Zudem erfolgte eine Unterteilung in Artenspektrum am Stamm bis 2,5m Höhe, Artenspektrum im Kronenraum und Ergebnis der Aufnahme des gesamten Baumes (unterer Stammteil und Kronenraum). Die Abbildung verdeutlicht eine je nach Aufnahmebereich unterschiedliches Auftreten neu erfasster Arten.

Eichenfläche Forstamt Entenpfuhl

An diesem Standort wurden 31 Flechtenarten gefunden (Tab. 2). Ursache für das im Vergleich zu Merzalben etwas geringere Artenspektrum ist vermutlich in erster Linie das deutlich geringere Alter der Bäume und die damit verbundene geringere Dimension der Stämme. Die Lokalisierung des Artenvorkommens verdeutlicht, dass 16 % nur am Stamm und 39 % nur in der Krone vorkommen. Mit einer Beschränkung der Aufnahme nur auf den unteren Stammbereich wären somit in diesem Beispiel nur 64 % der kartierten Arten erfasst worden.

Die Arterfassung bei zunehmendem Aufnahmekollektiv zeigt, insbesondere wenn nur der untere Stammbereich erfasst wird, dass bis zu dem letzten Aufnahmebaum neue Arten hinzukommen (Abb. 3). Unter den 11 Arten (vgl. Tab. 2) die nur im Kronenbereich beobachtet wurden, befinden sich Flechten mit zum Teil sehr verschiedenen ökologischen Ansprüchen.

Tab. 2 - Verteilung der Flechten an Eiche, Fläche Entenpfuhl. 1.III.1999.

Flechtenarten	Anzahl der Bäume		
	nur am Stamm beobachtet	nur in der Krone beobachtet	sowohl am Stamm als auch in der Krone beobachtet
<i>Candelariella reflexa</i> (NYL.) LETTAU	0	1	0
<i>Chaenotheca ferruginea</i> (TURNER & BORRER) MIGULA	2	0	0
<i>Cladonia coniocraea</i> (FLÖRKE) SPRENGEL	9	0	1
<i>Cladonia fimbriata</i> (L.) FR.	1	0	0
<i>Evernia prunastri</i> (L.) ACH.	5	2	4
<i>Hypocenomyce scalaris</i> (ACH. EX LILJ.) CHOISY	4	1	0
<i>Hypogymnia physodes</i> (L.) NYL.	0	3	19
<i>Hypogymnia tubulosa</i> (SCHAERER) HAVAAS	0	19	0
<i>Lecanora chlarotera</i> NYL.	0	3	0
<i>Lecanora conizaeoides</i> NYL. EX CROMBIE	0	9	12
<i>Lecanora expallens</i> ACH.	5	0	12
<i>Lecanora pulicaris</i> (PERS.) ACH.	0	1	0
<i>Lepraria incana</i> (L.) ACH.	7	1	13
<i>Lepraria lobificans</i> NYL.	3	2	2
<i>Lepraria rigidula</i> (B. DE LESD.) TØNSBERG	1	2	0
<i>Melanelia glabratula</i> (LAMY) ESSL.	1	9	2
<i>Melanelia subaurifera</i> (NYL.) ESSL.	0	3	0
<i>Mycoblastus fucatus</i> (STIRTON) ZAHLBR.	2	0	0
<i>Ochrolechia microstictoides</i> Räsänen	1	0	0
<i>Parmelia saxatilis</i> (L.) ACH.	0	3	18
<i>Parmelia sulcata</i> TAYLOR	0	14	7
<i>Parmeliopsis ambigua</i> (WULFEN) NYL.	15	0	6
<i>Phlyctis argena</i> (SPRENGEL) FLOTOW	1	1	0
<i>Physcia tenella</i> (SCOP.) DC.	0	3	0
<i>Placynthiella icmalea</i> (ACH.) COPPINS & P.JAMES	0	2	0
<i>Platismatia glauca</i> (L.) W.CULB. & C.CULB.	0	15	0
<i>Pseudevernia furfuracea</i> (L.) ZOPF	0	1	0
<i>Punctelia subrudecta</i> (NYL.) KROG	0	2	0
<i>Ropalospora viridis</i> TØNSBERG	1	0	0
<i>Scoliciosporum chlorococcum</i> (GRAEWE EX STENH.) VEZDA	0	4	0
<i>Usnea hirta</i> (L.) WEBER EX WIGG.	0	1	0

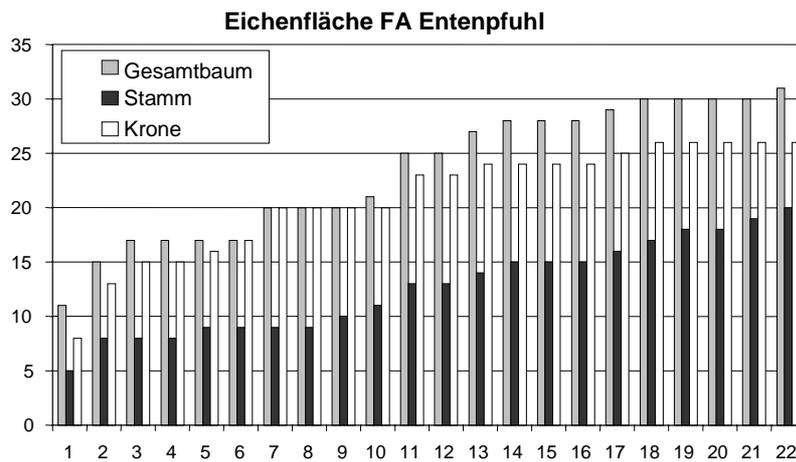


Abb. 3: Aufsummierung der neu hinzugekommenen Flechtenarten bei zunehmendem Untersuchungskollektiv. Siehe Legende zu Abb. 1.

3.2 Buchen

Buchenfläche im Forstamt Entenpfuhl

Das Artenspektrum der Flechten an den Buchen ist im Vergleich zu den Eichenflächen deutlich reduziert (Tab.3). Insgesamt wurden nur 16 Arten erfasst, wobei die Arten *Hypogymnia tubulosa*, *Platismatia glauca* und *Pseudovernia furfuracea* bezüglich der gesamten Fläche jeweils nur mit einem einzigen Thallus vertreten waren. Die Ursache hierfür ist in erster Linie in der glatten und damit trockenen Borke des Stammes zu suchen. Dagegen wird das Wachstum dieser Arten in den Verzweigungsachsen im Kronenbereich durch etwas gröbere Rissigkeit und damit erhöhter Wasserkapazität gefördert. 19 % der kartierten Flechtenarten kamen in diesem Bestand nur am Stamm, 50 % nur in der Krone und 31 Prozent sowohl an Stamm und Krone vor. Mit einer Beschränkung der Aufnahme nur auf den Stammbereich wäre somit lediglich die Hälfte der vorkommenden Arten erfasst worden.

Tab. 3 - Verteilung der Flechten an Buche, Fläche Entenpfuhl. 4.II.1999.

Flechtenarten	Anzahl der Bäume		
	nur am Stamm beobachtet	nur in der Krone beobachtet	sowohl am Stamm als auch in der Krone beobachtet
<i>Cladonia coniocraea</i> (FLÖRKE) SPRENGEL	1	0	0
<i>Fuscidea cyathoides</i> (ACH.) V.WIRTH & VEZDA	0	3	0
<i>Hypogymnia physodes</i> (L.) NYL.	0	14	0
<i>Hypogymnia tubulosa</i> (SCHAERER) HAVAAS	0	1	0
<i>Lecanora chlarotera</i> NYL.	4	3	0
<i>Lecanora conizaeoides</i> NYL. EX CROMBIE	0	0	22
<i>Lepraria incana</i> (L.) ACH.	9	1	1
<i>Lepraria lobificans</i> NYL.	15	0	0
<i>Melanelia glabratula</i> (LAMY) NYL.	1	0	0
<i>Mycoblastus fucatus</i> (STIRTON) ZAHLBR.	11	1	2
<i>Parmeliopsis ambigua</i> (WULFEN) NYL.	12	0	1
<i>Pertusaria pertusa</i> (WEIGEL) TUCK.	0	1	0
<i>Platismatia glauca</i> (L.) W.CULB. & C.CULB.	0	1	0
<i>Pseudevernia furfuracea</i> (L.) ZOPF	0	1	0
<i>Ropalospora viridis</i> TØNSBERG	0	6	0
<i>Scoliciosporum chlorococcum</i> (GRAEWE ex STENH.) VEZDA	0	1	0

Gegenüber Luftschadstoffen wie Schwefeldioxid empfindliche Arten wie *Fuscidea cyathoides*, *Hypogymnia physodes*, *Hypogymnia tubulosa* und *Pertusaria pertusa* sprechen dafür, dass Luftbelastung an diesem Standort nicht den begrenzenden Faktor darstellt. Das Massenvorkommen von *Lecanora conizaeoides*, einer äußerst toxtoleranten Krustenflechte, die über Jahrzehnte durch SO₂-Einflüsse gefördert wurde, lässt auf einen ehemaligen Einfluss von sauren Immissionen schließen.

Die auf den 22 Untersuchungsbäumen gefundenen Arten waren in diesem Beispiel bereits mit dem 14. Baum zu 100 % erfasst (Abb. 4).

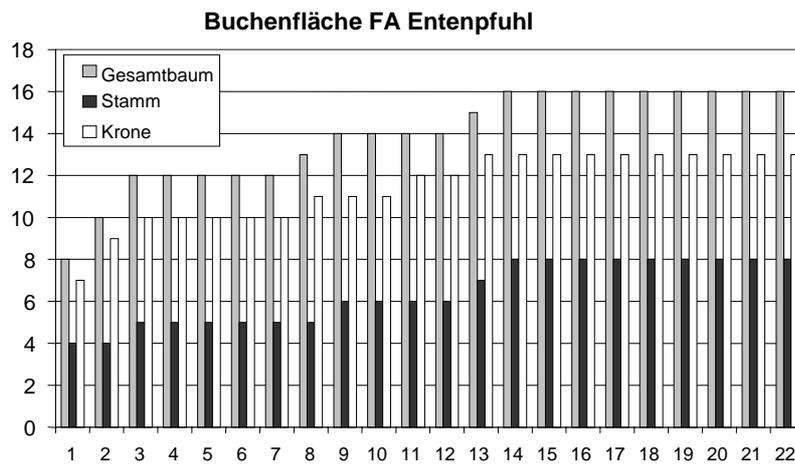


Abb. 4: Aufsummierung der neu hinzugekommenen Flechtenarten bei zunehmendem Untersuchungskollektiv. Siehe Legende zu Abb. 1.

Buchenfläche im Forstamt Schneifel

Von den 25 kartierten Flechtenarten traten in diesem Bestand 5 Arten nur am Stamm und 3 Arten nur in der Krone auf. Bei einer Kartierung des Stammes bis 2,5m wären in diesem Fall somit nahezu 90% der gefundenen Arten erfasst worden.

In dieser Fläche war nach der Aufnahme von 16 der 22 Bäume das Artenspektrum vollständig erfasst (Abb. 5).

Tab. 4 - Verteilung der Flechten an Buche, Fläche Prüm. 7.XII.1999.

Flechtenarten	Anzahl der Bäume		
	nur am Stamm beobachtet	nur in der Krone beobachtet	sowohl am Stamm als auch in der Krone beobachtet
<i>Cladonia coniocraea</i> (FLÖRKE) SPRENGEL	2	1	0
<i>Fuscidea cyathoides</i> (ACH.) V.WIRTH & VEZDA	4	4	1
<i>Hypogymnia physodes</i> (L.) NYL.	1	11	4
<i>Hypogymnia tubulosa</i> (SCHAERER) HAVAAS	0	11	0
<i>Lecanora chlarotera</i> NYL.	2	1	0
<i>Lecanora conizaeoides</i> NYL. EX CROMBIE	0	6	1
<i>Lepraria incana</i> (L.) ACH.	6	1	2
<i>Lepraria lobificans</i> NYL.	11	1	3
<i>Lepraria rigidula</i> (DE LESD.) TØNSBERG	0	0	2
<i>Melanelia glabratula</i> (LAMY) NYL.	3	2	0
<i>Mycoblastus fucatus</i> (STIRTON) ZAHLBR.	2	0	19
<i>Parmelia saxatilis</i> (L.) ACH.	3	2	9
<i>Parmelia sulcata</i> TAYLOR	2	0	3
<i>Parmeliopsis ambigua</i> (WULFEN) NYL.	0	7	7
<i>Pertusaria albescens</i> (HUDS.) M. CHOISY & WERNER	1	0	0
<i>Pertusaria amara</i> (ACH.) NYL.	1	0	0
<i>Pertusaria pertusa</i> (WEIGEL) TUCK.	1	0	0
<i>Physcia tenella</i> (SCOP.) DC.	0	1	0
<i>Placynthiella icmalea</i> (ACH.) COPPINS & P. JAMES	1	0	0
<i>Platismatia glauca</i> (L.) W.CULB. & C.CULB.	2	6	11
<i>Pseudevernia furfuracea</i> (L.) ZOPF	0	8	0
<i>Ropalospora viridis</i> TØNSBERG	5	0	13
<i>Scoliciosporum chlorococcum</i> (GRAEWE EX STENH.) VEZDA	0	0	3
<i>Trapeliopsis flexuosa</i> (FR.) COPPINS & P. JAMES	5	0	0
<i>Tremella lichenicola</i>	0	0	2

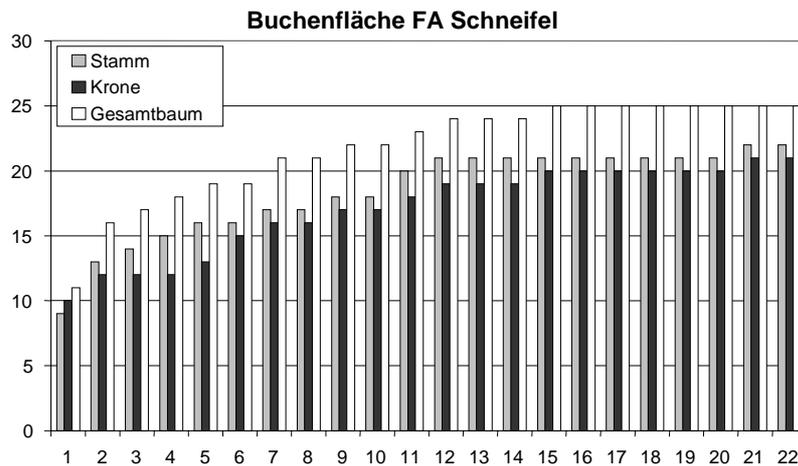


Abb. 5: Aufsummierung der neu hinzugekommenen Flechtenarten bei zunehmendem Untersuchungskollektiv. Siehe Legende zu Abb. 1.

Buchenflächen im Forstamt Neuhäusel

An 32 Prozent der untersuchten Buchen in Teilfläche 212 bzw. 25 % in Teilfläche 213 war keine einzige Flechte zu beobachten. Solche vollkommen flechtenfreien Bäume konnten in keiner der übrigen Flächen festgestellt werden. Hinzu kommt, dass etwa 60 % der gefundenen Flechtenarten jeweils nur als ein Lager bzw. ein einzelner Thallus auftraten.

Auf der ersten Teilfläche dieses Buchenbestandes waren nach der Aufnahme von 13 Bäumen 87,5 % der gefundenen Flechtenarten erfasst, am letzten Baum (Nr. 22) wurde noch je eine Art am Stamm und in der Krone erfasst (Abb. 6).

Tab. 5 - Verteilung der Flechten an Buche, Teilfläche 212 (Quarzit) Neuhäusel, 17.I.2001.

Flechtenarten	Anzahl der Bäume		
	nur am Stamm beobachtet	nur in der Krone beobachtet	sowohl am Stamm als auch in der Krone beobachtet
<i>Cladonia coniocraea</i> (FLÖRKE) SPRENGEL	1	0	0
<i>Dimerella pineti</i> (SCHRAD. EX ACH.) VEZDA	1	0	0
<i>Hypogymnia physodes</i> (L.) NYL.	0	1	0
<i>Lepraria incana</i> (L.) ACH.	7	1	3
<i>Lepraria lobificans</i> NYL.	6	1	0
<i>Parmelia saxatilis</i> (L.) ACH.	0	1	0
<i>Porina aenea</i> (WALLR.) ZAHLBR.	1	0	0
<i>Porina leptalea</i> (DURIEU & MONT.) A. L. SM.	1	0	0

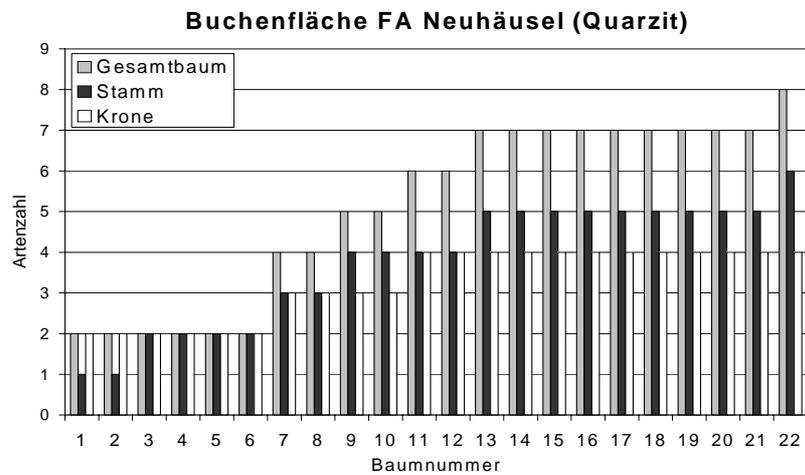


Abb. 6: Aufsummierung der neu hinzugekommenen Flechtenarten bei zunehmendem Untersuchungskollektiv. Siehe Legende zu Abb. 1.

Tab. 6 - Verteilung der Flechten an Buche, Teilfläche 213 (Bims) Neuhäusel.
17.I.2001.

Flechtenarten	Anzahl der Bäume		
	nur am Stamm beobachtet	nur in der Krone beobachtet	sowohl am Stamm als auch in der Krone beobachtet
<i>Evernia prunastri</i> (L.) ACH.	1	0	0
<i>Hypogymnia physodes</i> (L.) NYL.	0	2	0
<i>Lepraria incana</i> (L.) ACH.	7	2	1
<i>Lepraria lobifcans</i> NYL.	8	0	0
<i>Melanelia glabratula</i> (LAMY) ESSL.	1	0	0
<i>Mycobilimbia epixanthoides</i> (NYL.) PRINTZEN	1	0	0
<i>Parmelia saxatilis</i> (L.) ACH.	0	3	0
<i>Parmeliopsis ambigua</i> (WULFEN) NYL.	0	1	0
<i>Porina aenea</i> (WALLR.) ZAHLBR.	2	0	0
<i>Pseudevernia furfuracea</i> (L.) ZOPF	0	1	0
<i>Trapeliopsis granulosa</i> (HOFFM.) LUMBSCH	1	0	0

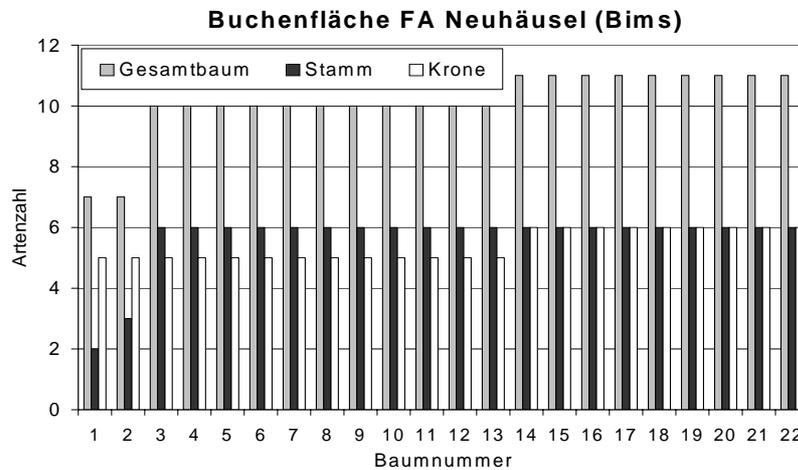


Abb. 7: Aufsummierung der neu hinzugekommenen Flechtenarten bei zunehmendem Untersuchungskollektiv. Siehe Legende zu Abb. 1.

Auf dieser Teilfläche waren bereits mit dem dritten Baum 100 % der Arten am Stamm erfasst, nach der Aufnahme von 14 Bäumen auch alle der in der Krone vorkommenden Arten (Abb. 7).

Die Seltenheit der Flechtenarten in diesen beiden Flächen führt dazu, dass sich beide Flächen sowohl hinsichtlich ihrer Gesamtartenzahl als auch bezüglich ihrer Artenzusammensetzung deutlich unterscheiden.

3.3 Kiefern

Kiefernfläche im Forstamt Speyer

Das Artenspektrum ist mit insgesamt sechs Arten sehr gering (Tab.7). Drei Arten traten nur am Stamm, zwei Arten nur in der Krone und eine Art an Stamm und Krone auf. Mit einer Beschränkung der Aufnahme nur auf den Stammbereich wären somit zwei Drittel der vorkommenden Arten erfasst worden. Die beobachteten Arten sind sämtlich an die saure Borke der Kiefer angepasste Acidophyten.

Bereits mit 9 untersuchten Bäumen war das Artenspektrum sowohl am Stamm als auch im Kronenraum zu 100 % erfasst (Abb.8).

Tab. 7 - Verteilung der Flechten an Kiefer, Fläche Speyer (Gemeindewald Dudenhofen). 9.II.1999.

Flechtenarten	Anzahl der Bäume		
	nur am Stamm beobachtet	nur in der Krone beobachtet	sowohl am Stamm als auch in der Krone beobachtet
<i>Cladonia coniocraea</i> (FLÖRKE) SPRENGEL	1	0	0
<i>Hypocenomyce scalaris</i> (ACH. EX LILJEBL.) CHOISY	13	0	0
<i>Hypogymnia physodes</i> (L.) NYL.	0	7	0
<i>Lecanora conizaeoides</i> NYL. EX CROMBIE	7	0	15
<i>Lepraria incana</i> (L.) ACH.	1	0	0
<i>Parmeliopsis ambigua</i> (WULFEN) NYL.	0	1	0

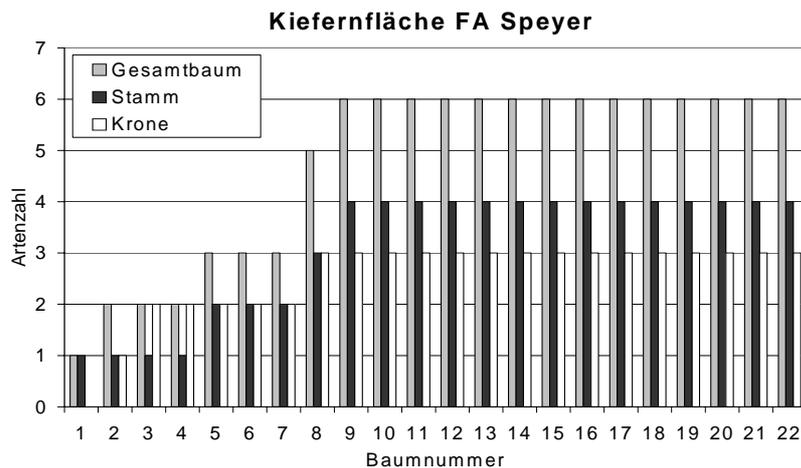


Abb. 8: Aufsummierung der neu hinzugekommenen Flechtenarten bei zunehmendem Untersuchungskollektiv. Siehe Legende zu Abb. 1.

4. Diskussion

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung verdeutlichen, dass bei einer Kartierung der Flechtenvegetation in geschlossenen Wäldern die Lichtabhängigkeit verschiedener Flechtenarten berücksichtigt werden muss. Zu ähnlichen Ergebnissen kommen KILLMANN & BOEKER (1998) an freistehenden Eschen und Weiden, VON BRACKEL & VON DER DUNK (1999) an Buchen innerhalb des Waldes und STETZKA (2001) an freistehenden Pappeln. Die Methode führt somit sowohl bei Flächen mit Waldcharakter als auch bei freistehenden Bäumen zu vergleichbaren Ergebnissen.

Somit bedarf eine möglichst vollständige Erfassung des vorkommenden Flechteninventars einer Berücksichtigung der Flechten des gesamten Baumes und nicht nur, wie überwiegend erfolgt, einer Aufnahme am stehenden Baum im unteren Stammbereich bis ca. 2,5m. Zur Beschreibung der Biodiversität ist, im Gegensatz zur Beurteilung der Umweltsituation (Bioindikation), jedoch die möglichst vollständige Erfassung des Arteninventars von Nöten

(NIMIS & MARTELLOS 2001, SCHÖLLER 1993, 1997, WOLSELEY & PRYOR 1999).

Eine Kartierung des Kronenraumes kann am stehenden Baum oder nach dem Fällen erfolgen. Im ersteren Falle ist dies mit einem erheblichen Aufwand an technischen und finanziellen Mitteln verbunden. Möglich ist das Besteigen mit Steigeisen, freies Beklettern, der Einsatz von Hebebühnen oder des Helikopters. Alle diese Verfahren bergen Gefahren und Nachteile in sich. So wurde im vorliegenden Fall eine Kartierung an frisch gefällten, noch nicht gerückten Bäumen vorgezogen. Der große Vorteil liegt in einer enormen Zeit- und Kostenersparnis. Weiterhin werden körperliche Gefährdungen des im klettern meist ungeübten Flechtenspezialisten sowie mechanische Eingriffe in das Ökosystem (z. B. Bodenverdichtung durch Hubwagen) vermieden. Die Aufnahmen wurden inklusive einer 1 bis 3-stündigen Anfahrt innerhalb eines Tages durchgeführt. Je Tag wurden unabhängig von der Üppigkeit der Flechtenvegetation 22 Bäume pro Bestand kartiert, in einem Falle (im Westerwald) zwei Flächen an einem Tag.

Mögliche Nachteile der vorgestellten Methode lassen sich unter drei Gesichtspunkten zusammenfassen:

1. Das Fällen scheidet in Schutzgebieten aus.
2. Die Auswahl der Bäume erfolgt aus forstökonomischer und -ökologischer Sicht. Eine Wiederholungskartierung am gleichen Baum (verbundene Stichprobenahme) ist nicht möglich.
3. Der dem Boden aufliegende Teil des Stammes entzieht sich der Untersuchung.

Nach der Fällung kann der Baum (Stammteil) nicht auf der aufliegenden Seite kartiert werden. Besteht eine unterschiedlich dichte Flechtenbesiedelung zwischen zwei Baumseiten, könnte versucht werden den Baum auf die entsprechende Seite zu fällen. Gelingt dies nicht, kann ein Ersatzbaum genommen werden. Ist der Bearbeiter vor bzw. während der Fällung nicht zugegen, kann dieser Nachteil durch eine höhere Anzahl zu untersuchender Bäume kompensiert werden. Bei der vorliegenden Untersuchung zeigte sich, dass dieses „Problem“ von sehr untergeordneter Bedeutung war und wohl nur in seltenen Fällen das Ergebnis beeinflussen wird.

Wesentlicher erscheint, dass bei gefällten Bäumen eine Wiederholungskartierung an identen Bäumen ausgeschlossen ist. Dieser Nachteil kann durch Erhöhung der Anzahl der Untersuchungsbäume gemindert werden. Dadurch,

dass lediglich herrschende bzw. mitherrschende Bäume untersucht werden, sind die Kronen dieser Bäume immer dem vollen Licht ausgesetzt. Somit ist davon auszugehen, dass die lichtbedürftigen Arten bei einem ausreichend hohen Untersuchungskollektiv erfasst werden. Im allgemeinen ist davon auszugehen, dass bis zur nächsten Durchforstung in etwa 10 Jahren wieder ähnliche Bedingungen (Bestandesdichte, zu entnehmende Bäume etc.) angetroffen werden.

Bei Untersuchungen im Rahmen großräumiger Erhebungen, können gezielte Fällungen der Bäume zu einem fixen Kartierungszeitpunkt organisatorische Probleme zu Problemen führen.

Versuchskonzepte, die keinen Eingriff in der Versuchsfläche zulassen, wie z.B. Untersuchungen in Naturwaldreservaten können die vorgestellte Methode nicht verwenden. Finden in solchen Versuchsflächen Flechtenuntersuchungen nur im unteren Stammbereich statt, sind in der Zieldefinition der Erhebung die nur unvollständige Erfassung des Arteninventars und die vermutlich sehr deutliche Reaktionen auf Veränderungen in den Lichtverhältnissen, zu berücksichtigen.

Der zur möglichst vollständigen Erfassung des Artenspektrums notwendige Stichprobenumfang ist von der untersuchten Baumart und von Frequenz und Dominanz der Flechten abhängig. Während in Eichen-Beständen mit reichem Flechtenbewuchs das Artenspektrum mit der Untersuchung von etwa 20 Bäumen gut erfasst werden kann, ergeben sich in den artenärmeren Beständen zwischen Buchen- und Kiefernflächen gravierende Unterschiede. Die Beobachtungen in der Buchenfläche Neuhäusel, auf artenarmen und insgesamt gering bewachsenen Untersuchungsbäumen erfordert eine deutliche Erhöhung der Anzahl an Untersuchungsbäumen. Da gering mit Flechten bewachsene Bäume auch sehr schnell kartiert werden können, ist wie im vorliegenden Falle durchgeführt, eine Verdopplung des Aufnahmekollektives ohne Probleme möglich. Umgekehrt könnte in der artenarmen und sehr einheitlichen Kiefernfläche die Zahl zu untersuchender Bäume halbiert werden. Eine ausführliche Diskussion der Problematik findet sich bei SCHMITT (1999).

Die Kartierungsergebnisse verdeutlichen die baumartenspezifischen und regionalspezifischen Unterschiede im Flechtenvorkommen in den verschiedenen Naturräumen von Rheinland-Pfalz (JOHN 1900). Die vorliegenden

Untersuchungen in Waldgebieten können dazu beitragen, weitere Ursachen dieser regionalen Unterschiede zu erkennen.

Die Auswertung von Zeigerwerten zeigt, dass durch eine Flechtenkartierung in der Krone in dem meisten Fällen lediglich Arten mit einem höheren Lichtwert erfasst werden. Die erhöhte Wasserkapazität der waagerechten Äste im Kronenbereich bringt keine deutliche Verschiebung der ökologischen Ansprüche des Artenspektrums zwischen dem am Stamm und im Kronenbereich mit sich. Gleiches gilt für die übrigen Zeigerwerte.

Die Daten belegen auch, dass eine Wieder- und Neubesiedlung durch viele Arten, die sich aus allen Wuchsformen rekrutieren, zunächst im Kronenraum erfolgt. Diese Arten ließen sich im vorliegenden Fall keiner einheitlichen Gruppe mit gleichen ökologischen Ansprüchen zuordnen.

Eine feinere Differenzierung der Entwicklung der Flechtenvegetation ergibt sich durch die Abschätzung der Häufigkeit der Arten in drei Stufen geschätzt:

1. Massenentfaltung, luxurierende Exemplare
2. Normal häufiges Auftreten, seltene Arten auch in wenigen Exemplaren
3. Einzelexemplare oder Initialstadien

Ausblick:

Die vorgelegten Untersuchungsergebnisse belegen, dass die Nutzung von Durchforstungsbäumen bei Flechtenuntersuchungen, aufgrund der Lichtempfindlichkeit vieler Flechtenarten, zu einer wesentlich besseren Erfassung der Flechtenvegetation als das bisher überwiegend angewandte Verfahren einer ausschliesslichen Kartierung des Stammes bis ca. 2,5m Höhe führt. Ein weiterer Vorteil liegt im Vergleich zu einer Kronenkartierung am stehenden Baum in den geringen Kosten des Verfahrens. Somit kann die vorgestellte Methode für das forstliche Umweltmonitoring, i.d.R. bewirtschaftete Flächen wie z.B. Level-II-Flächen, uneingeschränkt empfohlen werden.

Bei anderen Untersuchungen wie z.B. großräumigen Erhebungen können organisatorische Probleme wie z.B. die zeitgleiche Fällung der Bäume zu dem Kartierungszeitpunkt zu Problemen führen. In Naturwaldreservaten, in

denen eine Entnahme der Bäume untersagt ist, und lediglich zerstörungsfreie Erhebungsmethoden angewandt werden können, ist dieses Verfahren nicht anwendbar.

5. Literatur

- BLOCK, J. (1995): Konzept der Waldökosystem-Dauerbeobachtung in Rheinland-Pfalz.- Mitteilungen aus der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz **32**: 1 - 11. Trippstadt.
- BML (Bundesministerium für Ernährung Landwirtschaft und Forsten) (Hrsg.) 1995. Dauerbeobachtungsflächen zur Umweltkontrolle im Wald. Deutscher Beitrag zum europäischen Waldschadensmonitoring (Level-II-Programm): 1 - 25, Anhang. Bonn.
- BML (Bundesministerium für Ernährung Landwirtschaft und Forsten) (Hrsg.) 1997a. Dauerbeobachtungsflächen zur Umweltkontrolle im Wald, Level II, Erste Ergebnisse: 1 - 148. Bonn.
- BML (Bundesministerium für Ernährung Landwirtschaft und Forsten) (Hrsg.) 1997b. Dauerbeobachtungsflächen im Wald. Methodenleitfaden für das Level-II-Programm.: 1 - 126. Bonn.
- BÜCKING, W. (1993): Empfehlungen für die Einrichtung und Betreuung von Naturwaldreservaten in Deutschland.- Forstarchiv **64** (3): 122 - 129. Alfeld.
- HAUCK, M. (1995): Beiträge zur Bestandssituation epiphytischer Flechten in Niedersachsen.- Informationsdienst Naturschutz Niedersachsen **15** (4): 55 - 98. Hannover.
- HENDERSSON, A. (2000): Literature on air pollution and lichens XLIX.- Lichenologist **32**: 89 - 102. London.
- HOFMANN, P., WITTMANN, H. & TÜRK, R. (1991): Immissionsbezogene Flechtenkartierung in Tirol (Austria) unter besonderer Berücksichtigung der Waldzustandsinventur (WZI)-Punkte.- Veröffentl. Museum Ferdinandeum **71**: 83 - 115. Innsbruck.
- JOHN, V. (1990): Atlas der Flechten in Rheinland-Pfalz.- Beiträge zur Landespflege in Rheinland-Pfalz **13**: 1 - 275, 1 - 272. Oppenheim.
- JOHN, V. (1997): Aufnahme der epiphytischen Flechtenvegetation an Waldökosystem-Dauerbeobachtungsflächen in Rheinland-Pfalz.- Mitteilungen aus der Forstlichen Versuchsanstalt Rheinland-Pfalz **40**: 91 - 112. Trippstadt.

- KILLMANN, D. & BOECKER, M. (1998): Zur epiphytischen Flechtenflora und –vegetation des Siebengebirges und ihren Veränderungen seit 1959.- *Decheniana* **151**: 133 - 172. Bonn.
- NIMIS, P. L. & MARTELLOS, S. (2001): Testing the predictivity of ecological indicator values. A comparison of real and “virtual” relevés of lichen vegetation.- *Plant Ecology* (im Druck).
- SCHMITT, J. A. (1999): Neues zum Informationsgehalt von Arten/Areal-Kurven. Die Ermittlung von Arten-Diversität R, Minimum-Areal M und Mittlerer Artendiversität D aus Teilflächen-Untersuchungen eines Gebietes über die Statistische, Hyperbolische, Kumulative Arten/Areal-Kurve am Beispiel Höherer Pilze.- *Abhandlungen der Delattinia* **25**: 67 - 210. Saarbrücken.
- SCHÖLLER, H. (1991): Flechtenverbreitung und Klima.- *Bibliotheca Lichenologica* **42**: 1 - 251. Stuttgart.
- SCHÖLLER, H. (1997): Anthropogene Lebensraumgestaltung und Biodiversität von Flechten.- *Kleine Senckenberg-Reihe* **27**: 157 - 166. Frankfurt.
- SCHOLZ, P. (2000): Katalog der Flechten und flechtenbewohnenden Pilze Deutschlands.- *Schriftenreihe für Vegetationskunde* **31**: 1 - 298. Bonn.
- STETZKA, K. M. (2001): Bemerkenswerte Moos- und Flechtenfunde im Zeisiggrund des Forstbotanischen Gartens Tharandt.- *Limprichtia* **17**. Bonn.
- VDI (Verein Deutscher Ingenieure) (1995): Messen von Immissionswirkungen. Ermittlung und Beurteilung phytotoxischer Wirkungen von Immissionen mit Flechten. Flechtenkartierung zur Ermittlung des Luftgütewertes (LGW).- *VDI-Handbuch Reinhaltung der Luft*, Band **1**, Nr. 3799, Blatt **1**: 1 - 24. Düsseldorf.
- VON BRACKEL, W. & VON DER DUNK, K. (1999): Moos- und Flechtenvorkommen in der Umgebung von Erbach (Landkreis Bamberg) im Steigerwald.- *Abhandlungen Naturwissenschaftlicher Verein Würzburg* **39/40**: 3 - 20. Würzburg.
- WIRTH, V. (1991): Zeigerwerte von Flechten.- *Scripta Geobotanica* **18**: 215 - 237. Göttingen.
- WIRTH, V. & OBERHOLLENZER, H. (1991): Epiphytische Flechten. Einsatz als Reaktionsindikatoren im passiven Monitoring bei der Erstellung des Immissionswirkungskatasters Baden-Württemberg.- *Beihefte der Veröffentlichungen für Naturschutz und Landschaftspflege in Baden-Württemberg* **64**: 164 - 173. Karlsruhe.

- WOLSELEY, P. A. & PRYOR, K. V. (1999): The potential of epiphytic twig communities on *Quercus petraea* in a welsh woodland site (Tycanol) for evaluating environmental changes.- *Lichenologist* **31**: 41 – 61. London.
- ZIMMER, D. (2000): Dauerbeobachtung der epiphytischen Flechtenvegetation unter immissionsökologischen Aspekten an Boden-Dauerbeobachtungsflächen in Schleswig-Holstein.- *Bibliotheca Lichenologica* **75**: 231 - 251. Stuttgart.

Anschriften der Verfasser

Dipl.-Biol. Dr. Volker John, Pfalzmuseum für Naturkunde, Hermann-Schäfer-Str. 17, D-67098 Bad Dürkheim. e-mail: volkerjohn@t-online.de

Dipl.-Forstw. Hans Werner Schröck, Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz, Schloß, D-67705 Trippstadt. e-mail: schroeck@rhrk.uni-kl.de