

Flechtenerhebung an Wald-Dauerbeobachtungsflächen in Baden-Württemberg

 Kartierung 2011 und Auswertung der Erhebungen von 1986 bis 2011

ID U51-M322-J11
ID U51-M312-J11

Ziel der Untersuchung war eine Nacherhebung der Flechtenvegetation an drei Wald-Dauerbeobachtungsflächen (Wald-DBF). An der Wald-DBF Karlsruhe-Hardtwald wurden im Sommer 2011 die epiphytischen Flechten aufgenommen und die Ergebnisse in den Datensatz von 30 bereits 2009 untersuchten Wald-DBF der Medienübergreifenden Umweltbeobachtung (MUB) integriert. Für die beiden anderen Wald-DBF (Aalen und Schönau), die bereits 2009 untersucht worden waren, mussten zwischenzeitlich Ersatzwaldflächen ausgewiesen werden. An diesen beiden neuen Wald-DBF wurde 2011 die Flechtenvegetation erstmals aufgenommen und die Daten der alten und neuen Flächen miteinander verglichen.

ERGEBNISSE

Die Immissionsbelastung der Waldflächen wird seit Beginn des Projektes 1986 anhand der um immissionstolerante Arten bereinigten Flechtenartenzahl ermittelt. Karlsruhe-Hardtwald wurde 2011 mit der Bonitätsstufe II ("Immissionseinfluss mäßig") bewertet, und damit um

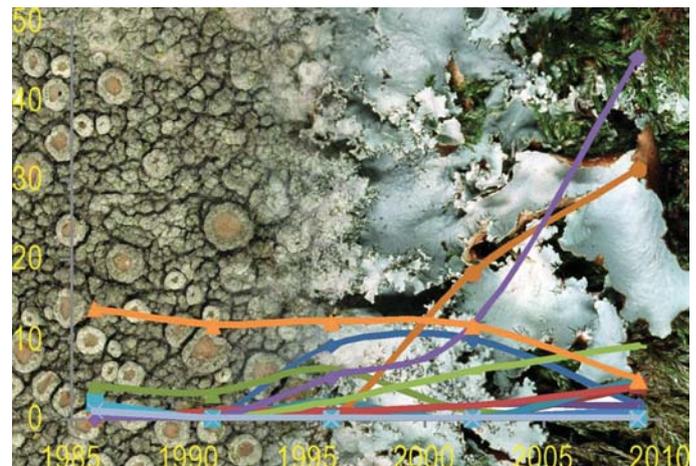


Abbildung 1: Collage mit Flechtenmotiv (Stapper)

zwei Stufen besser als noch 2002 ("Immissionseinfluss sehr stark"). Wirkungen saurer Immissionen sind dort heute nicht mehr festzustellen. Die in den 1990er Jahren noch dominierenden starken Versauerungsanzeiger sind nahezu verschwunden und seit 2002 zahlreiche neue Flechtenarten hinzugekommen. Die beiden Ersatzwaldflächen an den Standorten Schönau (Schwarzwald) und Aalen (Schwäbische Alb, Ostalbkreis) weisen 2011 im Vergleich zu den jeweiligen Altflächen nur geringfügige



Unterschiede auf hinsichtlich der Flechtenartenzahl, der mittleren Frequenzsumme der Flechten und der gewichteten mittleren Zeigerwerte. Die an den neuen Flächen geringfügig höheren Frequenzwerte entsprechen ungefähr den geringen Frequenzanstiegen an den beiden Altstandorten zwischen 2009 und 2011. Die Fläche Aalen-neu wird aufgrund der höheren bereinigten Artenzahl statt mit II ("Immissionseinfluss mäßig") mit Ib ("Immissionseinfluss gering") bonitiert. Auffallend ist in Schönau und in Aalen, dass maximal die Hälfte der auf den jeweiligen Alt- und Ersatzwaldflächen insgesamt nachgewiesenen Flechtenarten tatsächlich an beiden Flächen vorkommt.

Aufgrund der Neufassung der Referenzliste der als Klimawandelindikatoren eingestuften Flechten wurden die nun für 31 Waldflächen und den Zeitraum 1986 bis 2009/11 vorliegenden Daten neu ausgewertet. Der bisher ungebremste, schnelle Anstieg der im Mittel pro Standort nachgewiesenen Klimawandelindikatoren setzte um 1991 ein. Die Arten befinden sich in Baden-Württ-

emberg an ihrer Arealgrenze und sind an Standorten mit für Flechten generell günstigen Wuchsbedingungen besonders häufig. Eine Abnahme der Frequenz dieser Arten mit steigender Orthshöhe bzw. steigenden Gauß-Krüger-Rechtswerten deutet sich an. Die Zahl der 2009 nachgewiesenen Klimawandelindikatoren ist 1,5 mal so hoch wie in einem landesweiten Projekt in Bayern und unterstützt die Annahme, dass die Einwanderung der Klimawandelindikatoren in Süddeutschland von Westen nach Osten verläuft und die an den baden-württembergischen Waldstandorten beobachteten Veränderungen nicht nur auf gesunkenen Immissionen beruhen, sondern auch eine Folge gegenwärtiger Klimaveränderungen sind.

WEITERE BERICHTE

Alle Dokumentationen zu Flechtenkartierungen der Wald-DBF erscheinen im Fachdokumentendienst der LUBW unter der ID Umweltbeobachtung M312. Bezug: <http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/91063/>

IMPRESSUM

HERAUSGEBER	LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg Postfach 10 01 63, 76231 Karlsruhe, www.lubw.baden-wuerttemberg.de
BEARBEITUNG	Dr. Norbert J. Stapper* & Dr. André Aptroot** * Büro für Ökologische Studien, 40789 Monheim-am-Rhein, http://www.stapper.monheim.de ** Adviesbureau voor Bryologie en Lichenologie (ABL Herbarium), NL-3762 XK Soest Für den Inhalt sind die Bearbeiter verantwortlich. Die geäußerten Interpretationen und Einschätzungen müssen nicht mit denen des Herausgebers übereinstimmen.
AUFTRAGGEBER	LUBW, Referat Medienübergreifende Umweltbeobachtung, Projekt ID WV174-2 Kontakt: Kay Rahtkens, kay.rahtkens@lubw.bwl.de , Tel. 0721 5600-1279
BEZUG	http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/91063/ ID Umweltbeobachtung U51-M322-J11
STAND	Oktober 2011, Internetausgabe Februar 2012, ID update 2013

Die Rechte an allen im Text integrierten Flechtenbildern liegen bei Dr. Norbert J. Stapper. Nachdruck und Verteilung für kommerzielle Zwecke – auch auszugsweise – ist darüber hinaus nur mit Zustimmung des Herausgebers unter Quellenangabe und Überlassung von Belegexemplaren gestattet.

Inhalt

Abbildungsverzeichnis	3
Tabellenverzeichnis.....	4
1. Einleitung und Fragestellung	5
2. Ergebnisse und Diskussion	7
2.1. Artenspektrum und Zeigerwerte	7
2.2. Vom Klimawandel profitierende Flechten im Projekt 1986 bis 2011.....	11
2.3. Standort 1500 KA-Hardtwald	18
2.3.1. Bonitierung anhand des Flechtenartenspektrums.....	18
2.3.2. Quantitative Veränderungen der Flechtenbiota zwischen 1986 und 2011.....	21
2.3.3. Aktuelle Flechtenfrequenzen an der Fläche 1500 Karlsruhe-Hardtwald.....	24
2.3.4. Wirkungen bestimmter Immissionen oder des Klimawandels.....	26
2.4. Vergleich der alten und neuen Waldstandorte in Aalen und Schönau hinsichtlich Vorkommen und Häufigkeit der Flechtenbiota.....	27
3. Zusammenfassung und Ausblick	31
4. Zitierte Literatur	32
Anhang	34
RefTab_Wirtsbaum_OWK_Flechten_2011	34
Flechtenarten an den Waldflächen 1190 Aalen-alt (2009) und 1191Aalen-neu (2011)	35
Flechtenarten an 1410 (2009) Schönau-alt und 1411 Schönau-neu (2011).....	36
Artenspektrum der Waldflächen 2011.....	38
Flechtenfrequenzen 2010 gemäß EU-Protokoll (STOFER et al. 2003)	42
Frequenzen und Zeigerwerte Aalen und Schönau 2009 und 2011.....	45
Frequenzwerte Aalen-alt und Schönau-alt 2009 und 2011	47
Flechtenfrequenzen an Dauerbeobachtungsbäumen 1986 bis 2009/11	48

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1: Prozentuale Häufigkeit ökologischer Zeigerwerte von Flechten 2011.....	8
Abbildung 2.2: Veränderung der Anzahl der Klimawandelindikatorarten im Projekt zwischen 1986 und 2011.....	12
Abbildung 2.3: Anstieg der mittleren Frequenz von Klimawandelindikatorflechten an Dauerbeobachtungsbäumen zwischen 1986 und 2009/11.....	16
Abbildung 2.4: Die mittlere Frequenzsumme der Klimawandelindikatoren steigt mit der allgemeinen Standortgunst.....	17
Abbildung 2.5: Veränderung der Bonitierung zwischen 1996 und 2011.....	20
Abbildung 2.6: Folienschärpe mit aufgelegten Zählgittern.....	21
Abbildung 2.7: Frequenzen und Deckungsgrade von Flechten 1986 bis 2011.....	22

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1: Liste der an Borke lebender Bäume nachgewiesenen Flechtenarten.	9
Tabelle 2.2: Zusammenhang zwischen der Häufigkeit von Klimawandelindikatoren und geografischer Höhe bzw. räumlicher Lage.	13
Tabelle 2.3: Liste der Klimawandelindikatorarten im Projekt mit Angabe der Vorkommen an 31 Standorten zwischen 1986 und 2011.	14
Tabelle 2.4: Anzahl der Klimawandelindikatorflechten pro Waldstandort 1986 bis 2011.	15
Tabelle 2.5: Bonitätsklassen und resistente Flechtenarten.	18
Tabelle 2.6: Daten zur Bonitierung der Fläche 1500 Karlsruhe-Hardtwald.	19
Tabelle 2.7: Mittlere Frequenzen der Flechten an Dauerbeobachtungsbäumen.	23
Tabelle 2.8: Mittlere Bedeckungsgrade der Flechten an Dauerbeobachtungsbäumen.	23
Tabelle 2.9: Flechtenfrequenzen ermittelt gemäß EU-Protokoll (STOFER et al. 2003).	24
Tabelle 2.10: Zeigerwerte von Flechten am Standort 1500 Karlsruhe-Hardtwald.	25
Tabelle 2.11: Vergleich der Artenspektrum und Flechtenfrequenzen an den Waldflächen 1910 Aalen-alt (2009) und 1911 Aalen-neu (2011).	28
Tabelle 2.12: Zeigerwerte von Flechten an den Waldflächen 1910 Aalen-alt (2009) und 1911 Aalen-neu (2011).	28
Tabelle 2.13: Vergleich der Artenspektrum und Flechtenfrequenzen an den Waldflächen 1410 Schönau-alt (2009) und 1411 Schönau-neu (2011).	29
Tabelle 2.14: Zeigerwerte von Flechten an den Waldflächen 1410 Schönau-alt (2009) und 1411 Schönau-neu (2011).	29
Tabelle 2.15: Veränderung der Flechtenfrequenz an Dauerbeobachtungsbäumen in Aalen und Schönau 2009 bis 2011.	30

1. Einleitung und Fragestellung

Flechten reagieren empfindlich, schnell und artspezifisch abgestuft auf chemische oder physikalische Veränderungen ihrer Umwelt. Sie nehmen Wasser und die darin gelösten Nähr- und Schadstoffe über ihre gesamte Oberfläche auf, akkumulieren sie und sterben bei zu hoher Belastung ab. Auf Bäumen lebende (= epiphytische) Flechten werden nur gering durch den Faktor Boden beeinflusst und eignen sich daher hervorragend als biologische Wirkungsindikatoren von Immissionen (NYLANDER 1866; HAWKSWORTH & ROSE 1970) und Veränderungen des Mikro- und Makroklimas (APTROOT 2005, 2009; DE BRUYN *et al.* 2009; VAN HERK *et al.* 2002). Manche Arten sind aufgrund ihres geringen Ausbreitungspotentials auf die langfristige ökologische Kontinuität eines Waldstandortes angewiesen und werden deshalb als Indikatorarten für historisch alte Wälder genutzt (ROSE 1976; DIEDERICH 1991; MCCUNE 2000; COPPINS & COPPINS 2002; WIRTH *et al.* 2009).

1985 begann die Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) an 60 Wald-Dauerbeobachtungsflächen (DBF) des ökologischen Wirkungskataster Baden-Württemberg (ÖkWi) mit der Langzeitüberwachung von Immissionswirkungen auf epiphytische Flechten, um anhand der zeitlichen Veränderung der Flechtenbiota die Veränderung von Immissionsbelastungen zu dokumentieren. In etwa fünfjährigen Abständen werden seitdem Epiphyten-Dauerbeobachtungsflächen untersucht und an jeden Standort das Artenspektrum der epiphytischer Flechten aufgenommen. Die erste Untersuchung fand 1985/86 statt (WIRTH 1986, 1987), gefolgt von weiteren zwischen 1990 und 1992 (WIRTH & OBERHOLLENZER 1992, 1993) sowie 1996 (CEZANNE, EICHLER & WIRTH 1997; WIRTH *et al.* 1999) und 2002 (DOLNIK & RASSMUS 2004) und 2009 durch Stapper und Aptroot (STAPPER 2010). In der letzten Episode wurden nur 30 seitens der LUBW ausgewählte Waldflächen untersucht und für die quantitative Erfassung der Flechtenbiota erstmals das von STOFER *et al.* (2003) veröffentlichte Aufnahmeverfahren mit Zählgittern anstelle der aufwendigen Übertragung von Flechtenthalluskonturen auf stammumfassende Folientransparente angewendet.

Gegenstand der vorliegenden Arbeit ist zum einen die nachträgliche Aufnahme der Flechten an der 2009 nicht untersuchten Waldfläche 1500 Karlsruhe-Hardtwald. Desweiteren waren im Frühsommer 2011 seitens der LUBW in unmittelbarer Nähe zu den 2009 untersuchten Standorten 1190 Aalen und 1410 Schönau die Ersatzstandorte 1191 Aalen_neu 1411 Schönau_neu ausgewiesen worden, an denen nun ebenfalls die Flechtenbiota erhoben und die Ergebnisse mit denen von 2009 verglichen wurden.

Die Aufgaben im Einzelnen:

1. Neuerliche Aufnahme des epiphytischen Flechtenartenspektrums der DBF getrennt nach Pufferzone und Umgebung der DBF.
2. Erstmalige Aufnahme aller Flechtenarten an den jeweils vier Dauerbeobachtungsbäumen ("Flechtenbäumen") der Wald-Dauerbeobachtungsfläche 1500 Karlsruhe-Hardtwald und die erneute Aufnahme an den bereits 2009 untersuchten Flechtenbäumen der Standorte 1410 und 1190 mit Zählgittern in den vier Himmelsrichtungen gemäß STOFER *et al.* (2003; "EU-Methode"). Für jedes Quadrat der vier Gitter sind die Vorkommen zu notieren. Fotografische Dokumentation der Gitterflächen und dauerhafte Markierung mit einer Edelstahlschraube in der Mitte der Unterkante des nördlichen Gitters (entspr. NRW Naturwaldzellkonzept von BUNGARTZ & ZIEMMECK 1997).
3. Aufnahme der Flechten an weiteren acht bis zwölf (bzw. mindestens zwölf) weiteren Bäumen auf der DBF 1500 KA-Hardtwald (bzw. 1190 Aalen_neu und 1411 Schönau_neu) mit Gittern in den vier Himmelsrichtungen nach STOFER *et al.* (2003).

4. Rückblickende Auswertung: Bestimmung der Flechtenfrequenzwerte an den Dauerbeobachtungsbäumen der DBF 1500 KA-Hardtwald auf Basis digitalisierter Folienzeichnungen für den Zeitraum 1986 bis 2002 und Vergleich mit den Daten von 2011.
5. Auswertung der Ergebnisse mit Blick auf die Artenvielfalt (hier u.a. Bonität auf Grundlage der Vielfalt nicht-resistenter Flechtenarten), der Wirkung saurer und eutrophierender Luftschadstoffe und eventueller Veränderungen in Folge des Klimawandels (Häufigkeit von "Klimawandelindikatorarten"; STAPPER 2011; STAPPER *et al.* 2011; VDI 2011).

Die angewendeten Arbeitsmethoden sind im folgenden Text nur kurz beschrieben. Für eine ausführliche Beschreibung wird auf den Ergebnisbericht von 2010 verwiesen.

Die für den Ergebnisbericht 2010 verwendete Liste der als Zeigerarten für Wirkungen des Klimawandels (=Klimawandelindikatoren) geeigneten Flechtenarten wurde inzwischen mehrfach überarbeitet. Der aktuelle Vorentwurf der Kartierungsrichtlinie VDI 3957 Blatt 20 (VDI 2010) basiert auf den neugefassten ökologischen Zeigerwerten für Flechten (WIRTH 2010), wobei neben der Temperaturzahl auch Feuchtezahl berücksichtigt und Arten mit hohen Nährstoffzahlen, im Gegensatz zur ersten Version, ausgeschlossen werden. Zur Identifikation von Flechten mit Eignung als Klimawandelindikatoren, von denen für einige auch noch keine Zeigerwerte vorliegen, eignet sich die niederländische Flechtenliste mit ihren Arealangaben zur Verbreitung der Flechten in Europa (BLWG 2010). Flechten aus dieser Liste mit warm-gemäßigter oder submediterranean-subatlantisch-gemäßigter Verbreitung wurden für Studien im Rheinland als Klimawandelindikatoren eingesetzt (STAPPER 2011; STAPPER *et al.* 2011). Einige dieser Arten werden nach VDI (2011) ausgeschlossen, sind aber in ihrem angestammten Areal nicht auf Lokalitäten mit erhöhtem Nährstoffbedarf begrenzt. Zudem sinkt die Häufigkeit nitrophytischer Flechten mit der geografischen Höhe und dem Niederschlagsangebot (FRAHM & STAPPER 2008; WINDISCH *et al.* 2011) und unterstützt damit die Hypothese, nach der diese Arten auch mehr oder weniger trockenheitstolerant sind (FRAHM *et al.* 2007). In Tabelle 2.3 sind die 26 Klimawandelindikatorarten aufgelistet, die bisher im Projekt an 31 Standorten nachgewiesen wurden. Folgende, bei der früheren Datenauswertung verwendeten Flechten wurden ausgeschlossen: *Anisomeridium polypori*, *Buellia griseovirens*, *Lecidella scabra*, *Normandina pulchella*, *Opegrapha rufescens* und *Physciella chloantha* (letztere ist ein fraglicher Kandidat, im Projekt allerdings sehr selten und somit praktisch unbedeutend).

Nachfolgend wird erst das aktuelle Artenspektrum der drei untersuchten Waldflächen dargestellt und dann auf Grundlage der aktualisierten Liste der Klimawandelindikatoren der zeitliche Verlauf des Erscheinens dieser Flechtenarten auf den 31 Waldflächen zwischen 1986 und 2009 bzw. 2011 neu beschrieben. Dem schließt sich die immissionsökologische Einstufung der DBF 1500 KA-Hardtwald anhand ihres epiphytischen Arteninventars und der Häufigkeit bzw. Frequenz bestimmter Indikatorarten an. Abschließend werden die neu ausgewiesenen Standorte mit den benachbarten Altstandorten hinsichtlich ihrer Flechtenartendiversität und weiterer Parameter verglichen.

2. Ergebnisse und Diskussion

2.1. Artenspektrum und Zeigerwerte

In Tabelle 2.1 sind alle 2011 auf den drei Waldflächen gefundenen Flechten aufgeführt. Der Artnamen mit Angabe der Autorenbezeichnung richtet sich nach WIRTH (2008). Im Text und in Abbildungen wird auf die Angabe der Autoren verzichtet, und statt *Melanelixia fuliginosa* weiterhin der alte Name *Melanelia glabratula* verwendet. *Graphis scripta* wurde kürzlich in vier gut unterscheidbare Arten aufgeteilt (NEUWIRTH & APTROOT 2011), von denen 2011 nur die im Gebiet häufigere *Graphis pulverulenta* (Pers.) Ach. nachgewiesen wurde. Im Folgenden wird die Bezeichnung *G. scripta* als "im weiteren Sinne" beibehalten. In den Pufferzonen und in deren unmittelbarer Umgebung wurden 78 Flechten nachgewiesen, davon neun Arten erstmals im Projekt (in der Tabelle fett gedruckt). Somit wurden an den jetzt 31 untersuchten Waldstandorten seit 1985/86 insgesamt 234 Flechtenarten nachgewiesen, also knapp ein Fünftel der in Baden-Württemberg bisher bekannten Flechtenarten.

58 (entsprechend 74 %) der 2011 gefundenen Flechtenarten gelten gemäß Roter Liste und Artenverzeichnis der Flechten Baden-Württembergs (WIRTH 2008; Spalte RL-BW (1) in Tabelle 2.1) als "nicht gefährdet" (Kategorie *), für drei Arten (4 %) ist die "Datenlage unzureichend" (D), 25 (9 %) stehen auf der "Vorwarnliste" (V), fünf (6 %) gelten als "gefährdet" (3), eine (1 %) gilt als "stark gefährdet" (Kategorie 2), drei (4 %) als "vom Aussterben bedroht" (Kategorie 1), und eine Art (*Lecidea pullata*, die der als "verschollen (Kat. 0)" eingestuften *Lecidea nylanderii* ähnelt) wird in der Roten Liste nicht aufgeführt. Die Rote Liste BW macht auch Angaben zur Bestandssituation (Spalte B-BW (2) in Tab 2.1). Danach gelten zwei Arten als "extrem selten" (*Chaenotheca chlorella* in 1500 KA-Hardtwald, und *Lecidea leprarioides* in 1411 Schönau) und zwei Arten als "sehr selten", nämlich *Fellhanera bouteillei* und *Hypotrachyna revoluta*. Diese nur auf der Tiefland-Waldfläche 1500 KA-Hardtwald nachgewiesenen Arten zählen zu jenen, die als "vom derzeitigen Klimawandel profitierend" eingestuft sind und nachfolgend auch als "Klimawandelindikatorarten" oder kurz "Klimawandelindikatoren" bezeichnet werden (STAPPER 2010, 2011; STAPPER *et al.* 2011; VDI 2011) und die in Nordwestdeutschland bereits häufiger vorkommen. Neun in Baden-Württemberg mehrheitlich seltene Flechtenarten gelten gemäß WIRTH *et al.* (2009) als Waldarten mit "starker" bzw. "mäßig starker" Bindung an historisch alte Wälder (Spalte WA_Wi (6) in Tab. 2.1).

Abbildung 2.1 zeigt die Zeigerwertverteilung der Flechten für das Untersuchungsjahr 2011. Die oberen Diagramme basieren auf den alten Zeigerwerten (WIRTH in ELLENBERG *et al.* 2001) und die unteren auf den kürzlich veröffentlichten neuen Werten (WIRTH 2010). Während die Mediane für Licht-, Temperatur-, Feuchte- und Reaktionszahl unverändert geblieben sind, ergeben sich mit den neuen Zeigerwerten für die Kontinentalitätszahl ein geringerer und für die Nährstoffzahl ein größerer Median. Das liegt darin begründet, dass für einige Arten zum ersten Mal überhaupt Zeigerwerte veröffentlicht wurden und dass insbesondere die neuen Nährstoffzahlen (Nn) in wenigen Fällen kleiner, vielfach aber größer geworden sind. Die größten Abweichungen ergeben sich im Fall von *Placynthiella icmalea* (von N=1 nach Nn=5) und *Parmelia sulcata* (von N= 4 nach Nn=7). Nur ein Fünftel der 2011 nachgewiesenen Flechten sind Schattenpflanzen, die meisten sind Halblicht- bis Volllichtpflanzen. Sie sind überwiegend kollin bis (sub-)montan verbreitet, in ganz Mitteleuropa beheimatet bzw. dringen teils bis in kontinentale Bereiche vor. Die meisten Arten tolerieren niederschlagsarme Standorte, nur etwa ein Fünftel bevorzugt Regionen mit mehr 800 mm Jahresniederschlag. Die meisten Arten sind an zumindest schwach saure Substrate angepasst. Nur wenige Arten tolerieren keinen erhöhten Nährstoffeintrag, während die Mehrzahl eine schwache bis mäßige Eutrophierung toleriert. Nur eine einzige Art ist ein starker Nitrophyt (*Phaeophyscia orbicularis*, Nn=9, gefunden in 1911 Aalen_neu).

Abbildung 2.1: Prozentuale Häufigkeit ökologischer Zeigerwerte von Flechten 2011.

L, Lichtzahl; T, Temperaturzahl; K, Kontinentalitätszahl; F, Feuchtezahl; R, Reaktionszahl; N, Nährstoffzahl; nach Wirth in Ellenberg et al. (1991, 2001). Ln, Tn, Kn, Fn, Rn und Nn in den unteren Diagrammen sind die entsprechenden Zeigerwerte ("neu") gemäß WIRTH (2010).

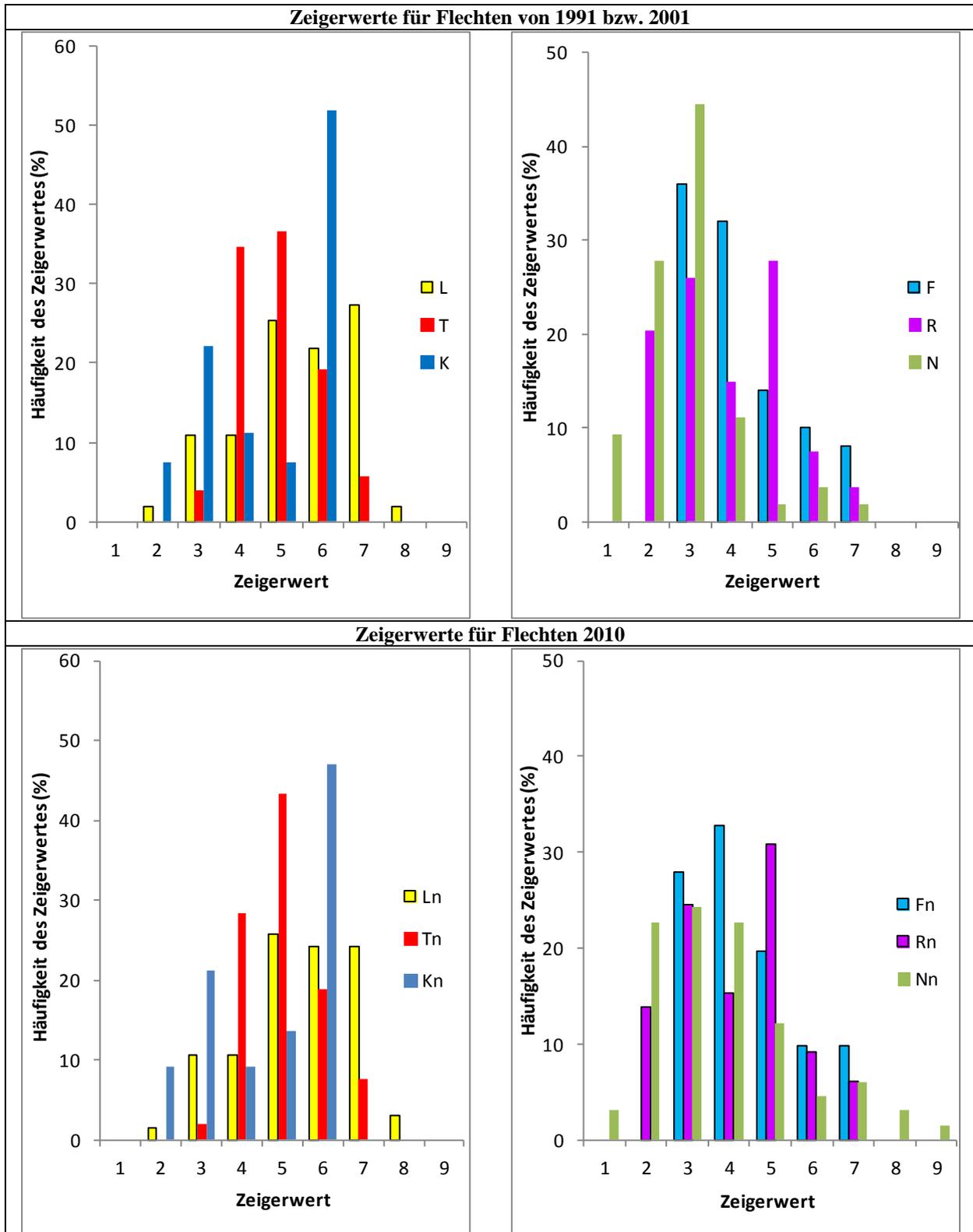


Tabelle 2.1: Liste der an Borke lebender Bäume nachgewiesenen Flechtenarten.

Inventar von Pufferzone und Umgebung der Standorte 1191 Aalen, 1411 Schönau und 1500 Karlsruhe (Hardtwald) im Sommer 2011. Zur Erfassung des gesamten Flechtenartenspektrums wurden alle Baumarten vom Boden bis in etwa zwei Meter Höhe auf Flechtenbewuchs untersucht und die Vorkommen für jede Baumart separat notiert. Für eine vergleichbare Kartierungstiefe wurde so lange nach weiteren Arten gesucht, bis auf den letzten fünf Bäumen einer Baumart keine neue Flechte mehr gefunden wurde. Artansprache anhand der Flora von SMITH et al. (2007).

Code, 6Lettercode, bestehend aus den ersten Buchstaben für Gattung und Artepithet; Artname_taxonomisch: Bezeichnung der Art mit Angabe des Autors, Nomenklatur nach WIRTH (2008); Spalte RL-BW (1): Rote-Liste-Status in Baden-Württemberg (WIRTH 2008); 0, ausgestorben oder verschollen; 1, vom Aussterben bedroht; 2, stark gefährdet; 3, gefährdet; V, Vorwarnliste; *, nicht gefährdet; D, Datenlage unzureichend; B_BW (2), Bestandssituation (WIRTH 2008; es, extrem selten; ss, sehr selten; s, selten; mh, mäßig häufig; h, häufig; sh, sehr häufig); Re_Wi (3): Art Resistent gegenüber Luftschadstoffen (WIRTH 1986; WIRTH & OBERHOLLENZER 1991); Re_Sta (4): Neue, am heutigen Luftschadstoffgemisch orientierte Einstufung der Resistenz gegenüber Luftschadstoffen; Nitro (5): n, Nitrophytische Flechte (VDI 2005); WA_Wi (6): Art mit "starker" bzw. "mäßig starker Bindung an historisch alte Wälder", Kategorie A, bzw. (A), nach WIRTH et al. (2009); KWA_VDI (7) bzw. KWA_NL (8), KV bzw. KN: Durch den Klimawandel in ihrer Ausbreitung geförderte Art gemäß VDI (2011) bzw. nach Arealangaben in der Niederländischen Standardliste der Flechten (BLWG 2011; "warm-gemäßigt" oder "submediterranean-subatlantisch-gemäßigt" verbreitete Flechten). Zon._(9): Vorkommen nur außerhalb der Pufferzonen, "ext".

Code	Artname_taxonomisch	RL-BW (1)	B BW (2)	Re Wi (3)	Re Sta (4)	Nitr (5)	WA Wi (6)	KWA VDI (7)	KWA NL (8)	Zon. (9)
anipol	Anisomeridium polypori (Ellis & Everh.) M. E. Barr	*	h							ext
artrua	Arthonia ruana A. Massal.	*	h					KV		
artspa	Arthonia spadicea Leight.	*	mh							
bacarc	Bacidia arceutina (Ach.) Arnold	V	s/mh							ext
bacneo	Bacidia neosquamulosa Aptroot & Herk	*	?s		re			KV		
bacdel	Bacidina delicata (Larbal. & Leight.) V. Wirth & Vezda	*	h?							
biaeff	Biatora efflorescens (Hedl.) Räsänen	3	s				A			
brycap	Bryoria capillaris (Ach.) Brodo & D. Hawksw.	V	mh							ext
bryfus	Bryoria fuscescens (Gyeln.) Brodo & D. Hawksw.	*	mh/h							
buegri	Buellia griseovirens (Turner & Borrer ex Sm.) Almb.	*	sh							
canref	Candelariella reflexa (Nyl.) Lettau	*	sh		re	n				
cetmon	Cetrelia monachorum (Zahlbr.) W.L. Culb & C.F. Culb.	3	s				A			
chachi	Chaenotheca chlorella (Ach.) Müll. Arg.	1	es				A			ext
chafer	Chaenotheca ferruginea (Turner ex Sm.) Mig.	*	h	R						
chatri	Chaenotheca trichialis (Ach.) Th. Fr.	V	mh				(A)			ext
clacon	Cladonia coniocraea (Flörke) Sprengel	*	sh	R						
cladig	Cladonia digitata (L.) Hoffm.	*	h/sh	R						
clafim	Cladonia fimbriata (L.) Fr.	*	h	R						
clapol	Cladonia polydactyla (Flörke) Spreng.	*	s/mh	R						
clapyx	Cladonia pyxidata (L.) Hoffm. subsp. pyxidata	*	h	R						
clasqu	Cladonia squamosa (Scop.) Hoffm.	*	h	R						
dimpin	Dimerella pineti (Schrad.) Vezda	*	sh							
evepru	Evernia prunastri (L.) Ach.	*	sh							
felbou	Fellhanera bouteillei (Desm.) Vezda	1	ss					KV	KN	
fuscya	Fuscidea cyathoides (Ach.) V. Wirth & Vezda	3	s				A			
grascr	Graphis scripta (L.) Ach. s. lat.	*	sh							
hypfar	Hypogymnia farinacea Zopf	*	mh							
hypphy	Hypogymnia physodes (L.) Nyl.	*	sh							
hyptub	Hypogymnia tubulosa (Schaer.) Hav.	*	sh							

Code	Artnome_taxonomisch	RL- BW (1)	B BW (2)	Re Wi (3)	Re Sta (4)	Nitr (5)	WA Wi (6)	KWA VDI (7)	KWA NL (8)	Zon. (9)
hypaf	Hypotrachyna afrorevoluta (Krog & Swinscow) Krog & Swinscow	*	mh					KV	KN	
hyprev	Hypotrachyna revoluta (Flörke) Hale	2	ss					KV	KN	
jamana	Jamesiella anastomosans (P. James & Vezda) Lücking, Sérus.& Vezda	*	s/mh						KN	
lecarg	Lecanora argentata (Ach.) Malme	*	h							
leccar	Lecanora carpinea (L.) Vain.	*	sh							
lecchl	Lecanora chlorotera Nyl.	*	sh							
leccom	Lecanora compallens van Herk & Aptroot	D			re					
leccon	Lecanora conizaeoides Nyl. ex Cromb.	*	h	R	re					
lecexp	Lecanora expallens Ach.	*	sh	R						
lecint	Lecanora intumescens (Rebent.) Rabenh.	V	mh/h							
lecpul	Lecanora pulicaris (Pers.) Ach.	*	sh							
leclep	Lecidea leprarioides Tønsberg	1	es							
lcpul	Lecidea pullata (Norman) Th. Fr.	?								
ledela	Lecidella elaeochroma (Ach.) M. Choisy	*	sh							
lepinc	Lepraria incana (L.) Ach.	*	h	R						
lepjac	Lepraria jackii Tønsberg	*	mh	R						
leplob	Lepraria lobificans Nyl.	*	sh	R						
leprig	Lepraria rigidula (de Lesd.) Tønsberg	*	h	R						
lopdis	Lopadium disciforme (Flot.) Kullh.	3	s				A			
melgla	Melanelixia fuliginosa (Fr. ex Duby) O. Blanco et al.	*	sh							
micden	Micarea denigrata (Fr.) Hedl.	*	sh							
micmic	Micarea micrococca (Körb.) Gams ex Coppins	*	sh							
mcdid	Microcalicium disseminatum (Ach.) Vainio	*	s				A			
mcbepl	Mycobilimbia epixanthoides (Nyl.) Hafellner & Türk	D	ss?							
mycfuc	Mycoblastus fucatus (Stirt.) Zahlbr.	*	h							
ochand	Ochrolechia androgyna (Hoffm.) Arnold	V	mh							
ochmic	Ochrolechia microstictoides Räsänen	*	mh							
parsax	Parmelia saxatilis (L.) Ach.	*	sh							
parsul	Parmelia sulcata Taylor	*	sh							
paramb	Parmeliopsis ambigua (Wulfen) Nyl.	*	h							
pelpra	Peltigera praetextata (Flörke ex Sommerf.) Vain.	*	h							
peralb	Pertusaria albescens (Huds.) M. Choisy & Werner	*	sh							
perama	Pertusaria amara (Ach.) Nyl. f. amara	*	sh							
percoc	Pertusaria coccodes (Ach.) Nyl.	*	h							
perhem	Pertusaria hemisphaerica (Flörke) Erichsen	V	mh				(A)			
perlei	Pertusaria leioplaca DC.	V	h							
phaorb	Phaeophyscia orbicularis (Neck.) Moberg	*	sh	R	re	n				
phlarg	Phlyctis argena (Spreng.) Flot.	*	sh							
phyads	Physcia adscendens (Th. Fr.) H. Olivier	*	sh		re	n				
phyten	Physcia tenella (Scop.) DC. var. tenella	*	sh		re	n				
plaicm	Placynthiella icmalea (Ach.) Coppins & P. James	*	h/sh	R						
plagla	Platismatia glauca (L.) W. L. Culb. & C. F. Culb.	*	h							
poraen	Porina aenea (Wallr.) Zahlbr.	*	h							
porlep	Porina leptalea (Durieu & Mont.) A. L. Sm.	*	mh					KV	KN	
psefur	Pseudevernia furfuracea (L.) Zopf	*	sh							
pyrmit	Pyrenula nitida (Weigel) Ach.	*	mh/h				(A)	KV		
ramfar	Ramalina farinacea (L.) Ach.	*	h/sh							
rineff	Rinodina efflorescens Malme	D								
usnfil	Usnea filipendula Stirt.	3	mh							

2.2. Vom Klimawandel profitierende Flechten im Projekt 1986 bis 2011.

Die Anzahl der Klimawandelindikatoren hat sich zwischen 1986 und 2011 von 12 auf 26 mehr als verdoppelt. Darüber hinaus haben sich die Arten auch rasch auf immer mehr Standorte ausgebreitet (Abbildung 2.2). 1986 wurden im Mittel 0,71 Arten pro Standort gefunden, aktuell sind mit 3,77 mehr als fünfmal so viele (Tabelle 2.4). Am stärksten war dieser Anstieg auf den Flächen 1060 Riedlingen und 1292 Eppingen². Von Beginn an hoch war ihre Anzahl mit fünf bis sieben Arten am Standort 1440 Freiburg in der Rheinebene.

Das Ergebnis der nachträglichen Frequenzbestimmung von Klimawandelindikatoren auf den seit 1986 untersuchten Dauerbeobachtungsbäumen (zum Verfahren siehe Abbildung 2.6) ist in Abbildung 2.3 dargestellt. Auch hier hat sich die Zahl der Klimawandelindikatoren seit 1986 von vier auf 10 Arten mehr als verdoppelt (nicht dargestellt), und ab 1991 ist die mittlere Frequenzsumme (= Frequenzsumme einer bzw. aller Arten dividiert durch die Anzahl der am Standort untersuchten Trägerbäume) der Klimawandelindikatoren kontinuierlich angestiegen. Dies betrifft insbesondere die Werte von *Opegrapha viridis* und *Porina leptalea*. Gesunken sind die mittleren Frequenzwerte von *Arthonia ruana* und *Pyrenula nitida*, zwei typischen Krustenflechten glattrindiger Waldbäume (zumeist *Carpinus*), wahrscheinlich eine Folge veränderter Lichtverhältnisse oder der Alterung der Bestände.

Gibt es einen Zusammenhang zwischen der Häufigkeit von Klimawandelindikatoren und der geografischen Höhe oder der räumlichen Lage des Standortes im Projekt? Zur Beantwortung dieser Fragen werden die 2009 und 2011 nach den standardisierten Bedingungen des EU-Protokolls (STOFER *et al.* 2003) ermittelte Flechtenfrequenzen herangezogen. Die mittlere Frequenzsumme der (nicht immissionstoleranten Flechten) steigt mit der geografischen Höhe der Standorte an (Korrelationen siehe). Standorte mit größeren mittleren Frequenzsummen, als die Ausgleichsgerade bei entsprechender Ortshöhe anzeigt, sind durch eine hohe Flechtenartenzahl und zumeist Bonitätsstufe Ib /Ia gekennzeichnet. Ebenso weisen sie deutlich mehr Flechten mit Bindung an historisch alte Wälder auf, als Standorte, deren Datenpunkt unter der Ausgleichsgeraden liegt, weshalb die positive oder negative Abweichung von der laut geografischer Höhe zu erwartenden mittleren Frequenzsumme als ein Maß für die Gunst oder Ungunst eines Standortes für Flechten betrachtet werden kann. Der Anstieg der Frequenz mit der Höhe kann z. B. klimatisch oder auch immissionsökologisch begründet sein. Die hier ebenfalls zu beobachtende, statistisch signifikante Zunahme der Flechtenfrequenzwerte von Norden nach Süden ist großenteils durch den Anstieg der geografischen Höhe der Standorte bedingt (siehe Tabelle 2.2). Besonders stark ist dieser Zusammenhang bei nicht immissionstoleranten Flechtenarten ($p < 0,001$). Ähnliche Ost-West-Unterschiede sind statistisch nicht signifikant. Die mittlere Frequenz der Klimawandelindikatoren nimmt zwar von Norden nach Süden, von Westen nach Osten sowie mit steigender Ortshöhe leicht ab, jedoch sind diese Änderungen statistisch nicht signifikant (Signifikanzschranke: $p < 0,05$). Die eingangs gestellte Frage muss somit zunächst unbeantwortet bleiben.

Wie in Abbildung 2.4 dargestellt, ist die Anzahl der Klimawandelindikatoren um so größer, je stärker die mittlere Frequenz der nicht immissionstoleranten Flechten positiv von der laut geografischer Höhe zu erwartenden Frequenz abweicht ($r = 0,53$; $p < 0,01$; 31 Standorte 2009 und 2011). Erklärbar ist dies damit, dass sich die Arten im Untersuchungsgebiet an ihrer Arealgrenze befinden und sich dort mit höherer Wahrscheinlichkeit an Standorten mit für Flechten generell günstigen Wuchsbedingungen etablieren. Zudem sind Ortshöhe und damit mehr oder weniger stark verbundener Jahresniederschlag für die Flechten weniger von Bedeutung, als die Humidität (FRAHM & STAPPER 2008) und damit die Verfügbarkeit von Wasser aus der Umgebungsluft jenseits von Regenereignissen und längere Perioden mit für die Nettphotosynthese günstigen Luftfeuchteverhältnissen. Im Gegensatz zu Studien mit Flechten an nach

strengen Kriterien ausgewählten Trägerbäumen im Offenland (STAPPER et al. 2011) – und genau diese Bedingungen sind nach VDI (2011) einzuhalten! – sind die 31 Waldflächen hinsichtlich der biotischen und abiotischen Faktoren sehr heterogen. Streuungen durch Unterschiede im Bestands- oder Lokalklima erschweren die Erfassung makroklimatischer Veränderungen. Andererseits ist die Zahl der hier nachgewiesenen Klimawandelindikatoren schon 1,5mal so hoch wie in einem landesweiten Projekt in Bayern (jeweils bezogen auf Klimawandelindikatoren nach VDI 2011; WINDISCH *et al.* 2011) und unterstützt die Annahme, dass (1) die Einwanderung der Klimawandelindikatoren in Süddeutschland von Westen nach Osten verläuft und (2) die an den baden-württembergischen Waldstandorten beobachteten Veränderungen nicht nur auf gesunkenen Immissionen beruhen, sondern auch eine Folge gegenwärtiger Klimaveränderungen sind (STOCK 2005).

Abbildung 2.2: Veränderung der Anzahl der Klimawandelindikatorarten im Projekt zwischen 1986 und 2011.

Datengrundlage: Gesamtartenspektrum von 31 Waldstandorten. Für den Zeitpunkt 2011 wurde unterstellt, dass alle 2009 nachgewiesenen Arten auch 2001 weiterhin an den jeweiligen Standorten vorkommen. Klimawandelindikatorarten nach VDI (2011) und bzw. oder dem bekannten Areal in Europa gemäß Angaben in der niederländischen Standardliste der Flechten (BLWG 2011). Aufgetragen ist die Anzahl der im Projekt und Untersuchungsjahr vorkommenden Arten bzw. dieser Wert multipliziert mit der Anzahl der Standorte, an der die Art vorkam.

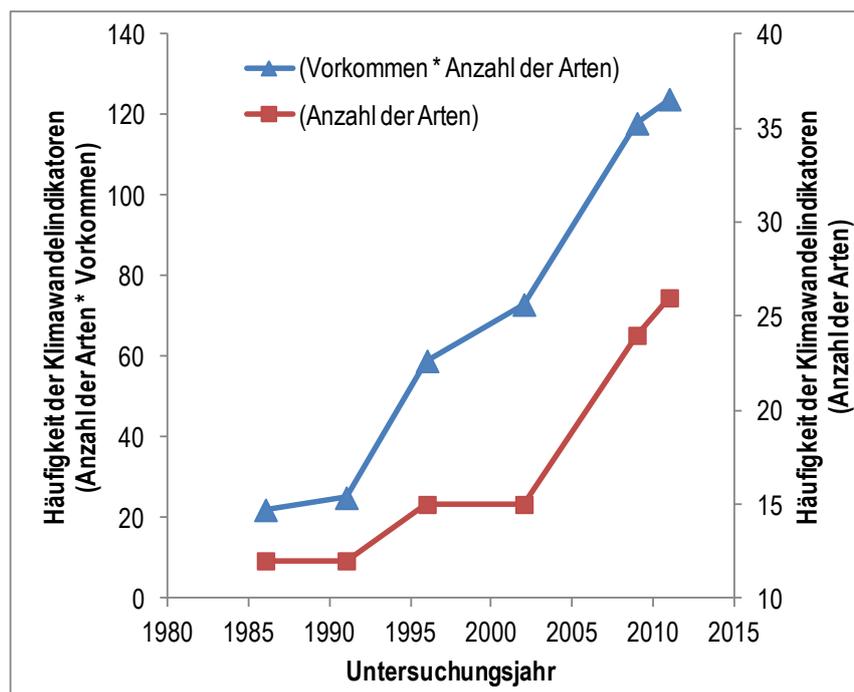


Tabelle 2.2: Zusammenhang zwischen der Häufigkeit von Klimawandelindikatoren und geografischer Höhe bzw. räumlicher Lage.

Datengrundlage: Flechtenfrequenzen nach EU-Protokoll (STOFER *et al.* 2003) an 31 Standorten 2009 und 2011. (Sens. Arten), nicht immissionstolerante Flechten nach WIRTH & OBERHOLLENZER (1991). Klimawandelindikatorarten "KVN" nach VDI (2011) und bzw. oder (BLWG 2011). Differenz (alle Arten) bzw. (sens. Arten) bezeichnet die Differenz zwischen der gemessenen und der aufgrund der geografischen Höhe erwarteten Frequenzsumme der Flechten bzw. der nicht immissionstoleranten Arten. Statistisch signifikante Korrelationen sind fett markiert, Signifikanzen: (*), $p < 0,05$; (**), $p < 0,01$; (***), $p < 0,001$.

Korrelationen, $r(X, Y)$						
Variable	Höhe üNN (m)	mFRQSUM (alle Arten)	mFRQSUM (sens. Arten)	Differenz (alle Arten)	Differenz (sens. Arten)	mFRQSUM (KVN)
Rechtswert	-0,06	0,05	-0,08	0,14	-0,04	-0,17
Hochwert	-0,61***	-0,50*	-0,59***	-0,10	-0,20	-0,23
Höhe üNN (m)	1,00	0,72***	0,76***	0,00	0,00	-0,18
mFRQSUM (alle Arten)		1,00	0,95***	0,70***	0,61***	0,20
mFRQSUM (sens. Arten)			1,00	0,58***	0,65***	0,21
Differenz (alle Arten)				1,00	0,88***	0,47*
Differenz (sens. Arten)					1,00	0,53**

Tabelle 2.3: Liste der Klimawandelindikatorarten im Projekt mit Angabe der Vorkommen an 31 Standorten zwischen 1986 und 2011.

Datengrundlage: Gesamtartenspektrum von 31 Waldstandorten. Für den Zeitpunkt 2011 wurde unterstellt, dass alle 2009 nachgewiesenen Arten auch 2001 weiterhin an den jeweiligen Standorten vorkommen. Klimawandelindikatorarten, KV bzw. KN, nach VDI (2011) und bzw. oder dem bekannten Areal in Europa gemäß Angaben in der niederländischen Standardliste der Flechten (BLWG 2011; warm-gemäßigte Arten („gme“) und südliche Arten (ssg, „submediterranean-subatlantisch-gemäßigt“).

Artname	Referenzliste		Untersuchungsjahr					
	VDI (2011)	BLWG (2011)	1986	1991	1996	2002	2009	2011
<i>Agonimia allobata</i>	KV						1	1
<i>Arthonia ruana</i>	KV		1	3	12	12	10	10
<i>Bacidia neosquamulosa</i>	KV						14	14
<i>Bactrospora dryina</i>	KV				1	1	2	2
<i>Fellhanera bouteillei</i>	KV	KN					1	2
<i>Flavoparmelia caperata</i>	KV	KN	3	3	3	3	4	4
<i>Hyperphyscia adglutinata</i>		KN					1	1
<i>Hypotrachyna afrorevoluta</i>	KV	KN						1
<i>Hypotrachyna revoluta</i>	KV	KN						1
<i>Jamesiella anastomosans</i>		KN			3	1	7	8
<i>Lepraria umbricola</i>		KN					1	1
<i>Micarea adnata</i>	KV				1			
<i>Micarea viridileprosa</i>	KV	KN					1	1
<i>Opegrapha vermicellifera</i>	KV	KN	1	1	3	4	3	3
<i>Opegrapha viridis</i>		KN	1	1	4	4	6	6
<i>Parmotrema perlatum</i>	KV	KN	1	1		1	1	1
<i>Pertusaria hymenea</i>	KV	KN					5	5
<i>Pertusaria pustulata</i>		KN	1	1	2	4	10	10
<i>Phaeophyscia endophoenicea</i>		KN	1	1	5	12	10	10
<i>Physconia grisea</i>		KN					2	2
<i>Porina leptalea</i>	KV	KN			6	9	11	13
<i>Punctelia subrudecta</i>	KV	KN	3	2	3	4	3	3
<i>Punctelia jeckeri</i>	KV						1	1
<i>Pyrenula nitida</i>	KV		7	8	9	12	13	13
<i>Pyrenula nitidella</i>	KV		1	1	2	2	2	2
<i>Ropalospora viridis</i>	KV		1	1	3	2	5	5
<i>Schismatomma decolorans</i>	KV	KN	1	2	2	2	4	4
Anzahl der Arten			12	12	15	15	24	26
Anzahl Vorkommen * Anzahl Arten			22	25	59	73	118	124

Tabelle 2.4: Anzahl der Klimawandelindikatorflechten pro Waldstandort 1986 bis 2011.

Klimawandelindikatorarten nach VDI (2011) oder dem bekannten Areal in Europa gemäß Angaben in der niederländischen Standardliste der Flechten (BLWG 2011). Sortierung gemäß stärkster Veränderung im Zeitraum 1986 bis 2009/11. Für die Flächen 1141 und 1211 und das Jahr 1996 liegen keine Daten vor (k.D.). Signifikante Unterschiede: (**), Mittelwerte für das Untersuchungsjahr sind signifikant größer als die der Vorepisode, $p < 0,005$; Mittelwerte der jeweils übernächsten Episode sind in **allen** Fällen signifikant verschieden, $p < 0,001$ (Wilcoxon-Test für gepaarte Stichproben).

Nr.	Standort	Untersuchungsjahr					Veränderung	
		1986	1991	1996	2002	2009/11	2009/11 -1996	2009/11 -1986
Anzahl der Klimawandelindikatoren pro Standort (Pufferzone)								
1341	Eberbach2	0	0	1	0	0	-1	0
1400	Donaueschingen	0	0	0	0	0	0	0
1211	Stuttgart2	0	0	k.D.	0	0	k.D.	0
1410	Schoenau	2	0	3	2	2	-1	0
1190	Aalen	0	0	2	2	1	-1	1
1370	Murgschifferschaft	0	0	2	0	1	-1	1
1490	Karlsruhe (Auwald)	0	1	1	1	1	0	1
1111	Immendingen	0	0	0	0	1	1	1
1180	Kirchheim u.T.	0	0	0	2	1	1	1
1350	Weinheim	0	0	0	0	1	1	1
1510	Schwetzingen	0	0	0	1	1	1	1
1440	Freiburg	5	6	6	7	6	0	1
1040	Wangen	0	0	0	0	2	2	2
1330	Tauberbischofsheim	0	0	0	1	2	2	2
1020	Überlingen	1	0	3	4	3	0	2
1220	Welzheim	0	0	2	3	3	1	3
1140	Zwiefalten	1	1	k.D.	3	4	k.D.	3
1261	Horb a.N.	3	3	3	4	6	3	3
1421	Loerrach	0	0	2	3	4	2	4
1280	Maulbronn	0	1	1	2	4	3	4
1170	Hechingen	2	2	3	3	6	3	4
1200	Bebenhausen	0	0	5	5	5	0	5
1100	Stockach	0	0	1	2	5	4	5
1110	Wehingen	0	0	1	3	5	4	5
1500	Karlsruhe-Hardtwald	0	0	0	0	5	5	5
1030	Bad Waldsee	1	1	3	3	6	3	5
1390	Hausach	3	4	3	4	8	5	5
1300	Kuenzelsau	4	6	4	6	9	5	5
1071	Leutkirch	0	1	3	3	6	3	6
1060	Riedlingen	0	2	4	2	9	5	9
1292	Eppingen2	0	0	4	7	10	6	10
Mittlere Anzahl pro Standort		0,71	0,90	1,97**	2,35	3,77**	+1,93	+3,06

Abbildung 2.3: Anstieg der mittleren Frequenz von Klimawandelindikatorflechten an Dauerbeobachtungsbäumen zwischen 1986 und 2009/11.

Datengrundlage: Flechtenkonturen auf Folienschärpen um die Dauerbeobachtungsbäume an 31 Waldstandorten. In den Jahren 1986, 1991, 1996, 2002 bzw. 2009/11 (letztere als 2009 angezeigt) wurden 101, 93, 98, 120 bzw. 121 Dauerbeobachtungsbäume untersucht.

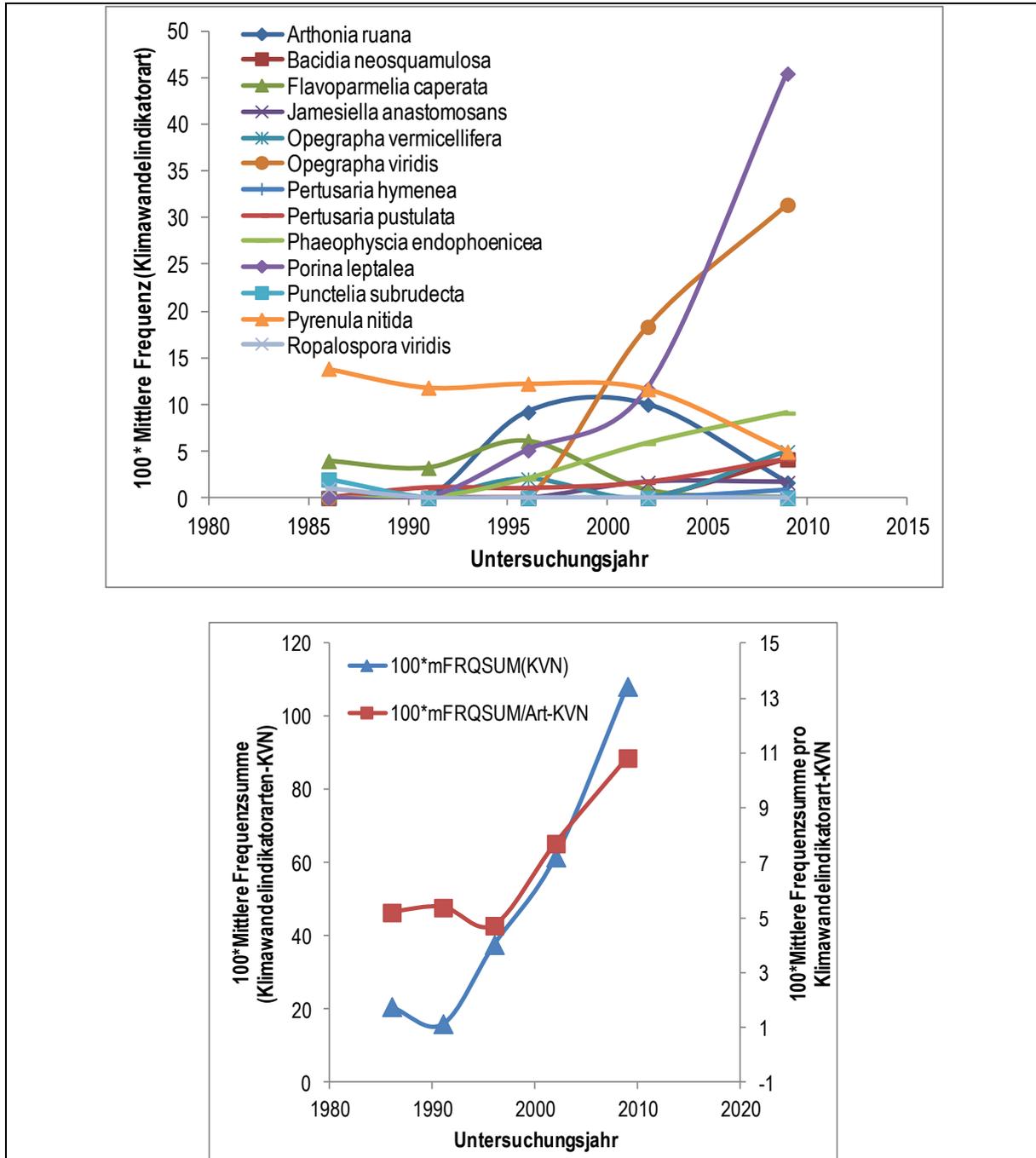


Abbildung 2.4: Die mittlere Frequenzsumme der Klimawandelindikatoren steigt mit der allgemeinen Standortgunst.

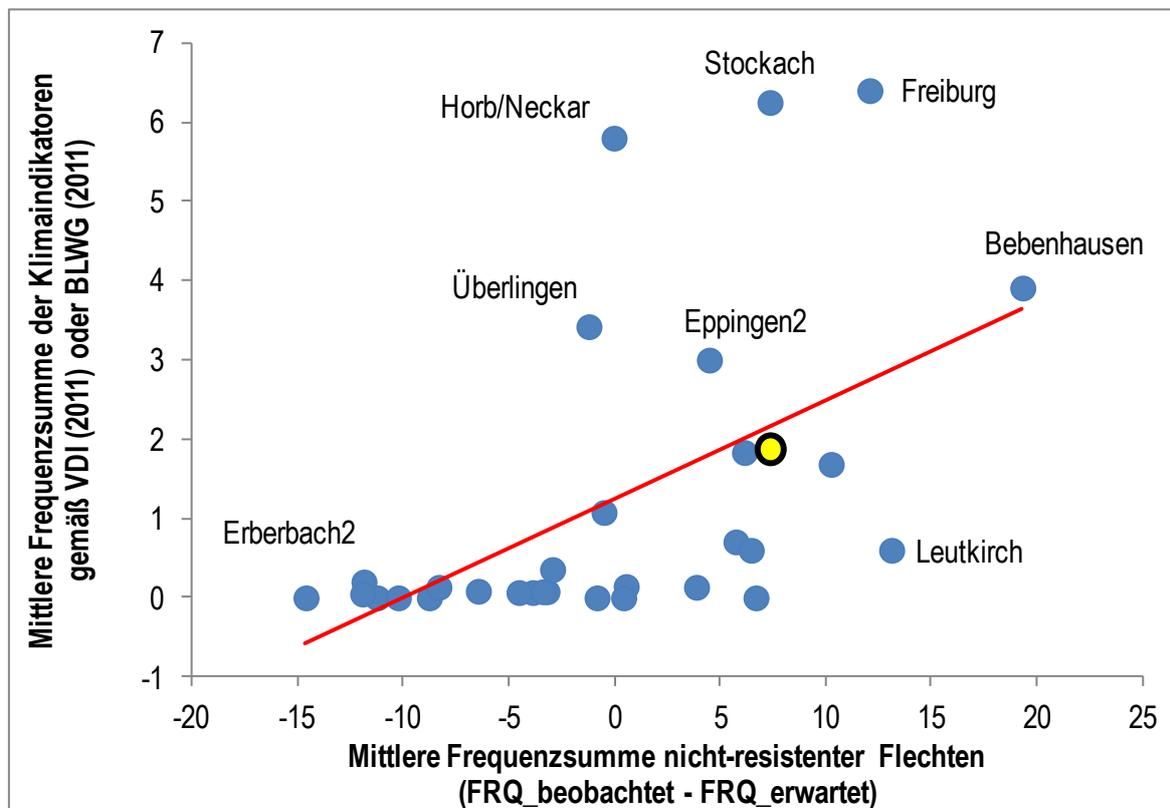
Datengrundlage: Flechtenfrequenzen nach EU-Protokoll (STOFER *et al.* 2003) an 31 Standorten 2009 und 2011. Klimawandelindikatorarten nach VDI (2011) und bzw. oder dem bekannten Areal in Europa gemäß Angaben in der niederländischen Standardliste der Flechten (BLWG 2011). Als ein Maß für die Standortgunst wird hier die Differenz zwischen der gemessenen und der aufgrund der geografischen Höhe erwarteten Frequenzsumme nicht resistenter Flechten verwendet ($r = 0,53$; $p < 0,01$).

Der gelbe Punkt gibt den Wert für KA-Hardtwald an.

Die zugrundeliegende Geradengleichung zur Berechnung der erwarteten mittleren Flechtenfrequenzsumme sensibler Flechten lautet für die 31 Waldstandorte (30 aus 2009 plus Karlsruhe-Hardtwald):

$$mFRQSUM(sens. \text{ Flechten}) = 1,4297 + 0,03629 * \text{Höhe (m)}; r = 0,76 \quad (p < 0,01)$$

Die entsprechende Formel für die mittlere Frequenzsumme aller Flechtenarten lautet (zum Vergleich): $mFRQSUM(\text{alle Arten}) = 11,516 + 0,03426 * \text{Höhe (m)}; r = 0,72 \quad (p < 0,01)$.



2.3. Standort 1500 KA-Hardtwald

2.3.1. Bonitierung anhand des Flechtenartenspektrums.

Als Grundkriterium der Einstufung in eine der vier Bonitätsklassen (von I, Immissionseinfluss gering oder nicht nachweisbar bis IV, Immissionseinfluss sehr stark) dient die Gesamtartenzahl epiphytischer Flechten im Stammbereich abzüglich resistenter, nahezu überall vorkommender und durch Luftbelastung sogar geförderter Arten. Die von WIRTH & OBERHOLLENZER (1991) aufgestellte und in den bisherigen Durchgängen verwendete Artenliste bedarf jedoch der Anpassung an die heutigen Bedingungen, die mehr von eutrophierenden als von sauren Luftschadstoffen geprägt sind, weshalb in Tabelle 2.5 weitere, gegenüber Nährstoffeintrag resistente Arten aufgeführt sind (STAPPER 2005, 2008), die parallel für eine aktuellere Einstufung der Bonität verwendet werden. In Tabelle 2.5 bedeutet "Bonitätsstufe alt" die Bewertung mit den Klassenbreiten nach DOLNIK & RASSMUS (2004) und "Bonitätsstufe neu" die Bewertung der Immissionsbelastung unter gleichzeitigem Abzug der überwiegend nährstofftoleranten "zusätzlichen" Flechten.

Tabelle 2.5: Bonitätsklassen und resistente Flechtenarten.

Bonitierung nach DOLNIK & RASSMUS (2004) auf der Grundlage von WIRTH & OBERHOLLENZER (1991). Erweiterte Liste resistenter Arten nach STAPPER (2005, 2008). (*), ehemalige *Lepruloma*-Arten und *L. umbricola* ausgenommen. Bonitätsstufen nach Bereinigung um "alte" und "neue" resistente Arten mit arabischen statt römischen Ziffern.

Bereinigte Flechtenartenzahl		Bonitätsstufe
von	bis	
0	5	IV
6	12	III
13	20	II
21	30	Ib
31 und mehr		Ia

Resistente Flechtenarten "alt": *Amandinea punctata*, *Chaenotheca ferruginea*, *Cladonia* spp., *Hypocenomyce scalaris*, *Lecanora conizaeoides*, *Lecanora expallens*, *Lepraria* spp. (*), *Phaeophyscia orbicularis*, *Placynthiella icmalea*, *Scoliosporum chlorococcum*.

Zusätzliche als resistent eingestufte Flechten "neu": *Bacidia neosquamulosa*, *Caloplaca holocarpa*, *Candelariella reflexa*, *Candelariella vitellina*, *Candelariella xanthostigma*, *Fellhanera viridisorediata*, *Lecanora compallens*, *Lecanora hagenii*, *Physcia adscendens*, *P. tenella*, *Physconia grisea*, *Xanthoria candelaria*, *X. parietina*, *X. polycarpa*.

Gegenüber 2002 hat sich die Anzahl der nachgewiesenen Flechtenarten am Standort Karlsruhe-Hardtwald auf jetzt 23 Arten nahezu verdoppelt (Artenspektrum siehe Datentabelle im Anhang). Die für 2002 beschriebenen Algenüberzüge auf den Baumstämmen sowie ausgedehnte Lagerflächen von *Lecanora conizaeoides* – beides wären untrügliche Kennzeichen einer hohen Immissionsbelastung – wurden 2011 nicht mehr beobachtet. *L. conizaeoides* kommt zwar auch heute immer noch am Standort vor, ist aber, gemessen an ihrer Frequenz an den Dauerbeobachtungsbäumen zwischen 1986 und 2011, abermals erheblich seltener geworden (vergleiche Abbildung 2.7.). Nur zwei Flechtenarten wurden 2011 nicht wiedergefunden, *Arthonia spadicea* (2002 an *Fagus*) und die an saure Substrate angepasste *Hypocenomyce scalaris* (2002 an *Pinus*). Hinzugekommen sind 15 Arten, darunter fünf, die gemäß VDI (2011) oder BLWG (2011) als Klimawandelindikatoren eingestuft sind: *Fellhanera bouteillei*, *Hypotrachyna afrorevoluta*, *H. revoluta*, *Jamesiella anastomosans* und *Porina leptalea*. Von 1986 bis 2002 wurde auf Grundlage der bereinigten Flechtenartendiversität die Bonitätsstufe IV vergeben. Infolge der gestiegenen Flechtenartenzahl wurde die Fläche 2011 mit

Stufe II ("mäßiger Immissionseinfluss") deutlich besser bewertet (Tabelle 2.6). Stufe IV war 2009 für keine Waldfläche vergeben worden, nur drei Standorte, 1211 Stuttgart2, 1350 Weinheim und 1490 Karlsruhe-Auwald, wurden mit III bewertet. Unterstellt man, dass sich die Verhältnisse in den vergangenen zwei Jahren nicht zu sehr verändert haben (Veränderungen sind derzeit am ehesten hinsichtlich der vom Klimawandel geförderten Flechtenarten zu erwarten), dann ist 1500 Karlsruhe-Hardtwald heute einer von zehn Standorten (35 % von 31 Standorten), die mit II bewertet werden (Abbildung 2.5). Nach Abzug weiterer resistenter Arten wird die Fläche mit "2" bewertet und läge somit im "mittleren Drittel" der 31 Waldflächen.

Tabelle 2.6: Daten zur Bonitierung der Fläche 1500 Karlsruhe-Hardtwald.

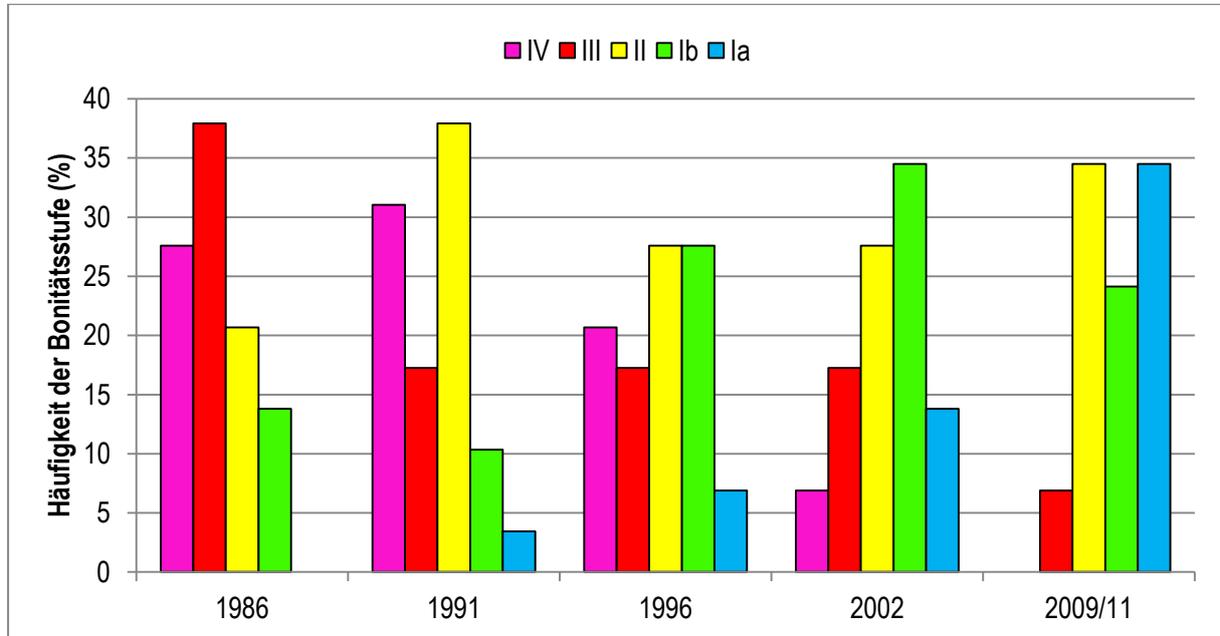
Untersuchungsjahr	2002	2011
Flechtenartenzahl insgesamt	13	25
Anzahl resistenter Arten nach WIRTH & OBERHOLLENZER (1991)	9	7
Bereinigte Artenzahl (1)	4	18
Bonitätsstufe "alt"	IV	II
Anzahl zusätzlicher resistenter Arten nach STAPPER (2005, 2008)	0	4
Bereinigte Artenzahl (2)	4	14
Bonitätsstufe "neu"	4	2
Zeigerarten historisch alter Waldstandorte nach WIRTH <i>et al.</i> (2009)	0	0
AW-Klasse	AW_4	AW_4
Toxizitätstoleranzstufe (niedrigster To-Wert)	3	4
Nitrophytische Flechten (Anteil am Artenspektrum)	0	3 (12 %)
Klimawandelindikatoren (VDI 2011)	0	4
Klimawandelindikatoren (BLWG 2011)	0	5

Als Alternative zur Anzahl nicht resistenter Flechtenarten wurde 2009 die Anzahl der Flechten mit Bindung an historisch alte Wälder verwendet. Nur außerhalb der Pufferzone wurden zwei solcher Flechten nachgewiesen, *Chaenotheca chlorella* und *Chaenotheca trichialis*, von denen die letztere bereits 2002 nachgewiesen wurde. Für entsprechende Vorkommen innerhalb der Pufferzone wäre die zweitbeste Bewertung gemäß AW_2 (zwei oder drei Altwaldartvorkommen) vergeben worden. Die Bewertung WA_1 und AW_2 erhielten 2009 fünfzehn der 30 Waldflächen (siehe Tabelle 3.10 im Bericht von 2010).

Die Bonitierung nach Toxizitätstoleranz, d. h. entsprechend der Flechte mit dem geringsten Toxizitätstoleranzwert nach WIRTH (2001) ist heute nicht mehr sinnvoll anwendbar. Toxizitätstoleranzwerte wurden auch im Rahmen der Zeigerwertnovellierung nicht mehr vergeben (WIRTH 2010). Die "empfindlichste" Flechte innerhalb der Pufferzone wäre heute die gegenüber eutrophierenden Einträgen tolerante Krustenflechte *Candelariella reflexa* mit To-Wert 4.

Abbildung 2.5: Veränderung der Bonitierung zwischen 1996 und 2011.

Bonitierung gemäß DOLNIK & RASSMUS (2004). Siehe auch Legende zu Tabelle 2.5. Datengrundlage: Gesamtartenspektren der Pufferzonen. Angegeben ist die prozentuale Häufigkeit jeder Bonitätsstufe für 29 Waldflächen (Pufferzonen), zu denen Ergebnisse für alle Zeitpunkte vorliegen (für die Flächen 1140 und 1211 und das Jahr 1996 wurden keine Daten erhoben). Die Ergebnisse von 2009 und 2011 wurden hier zusammengefasst.

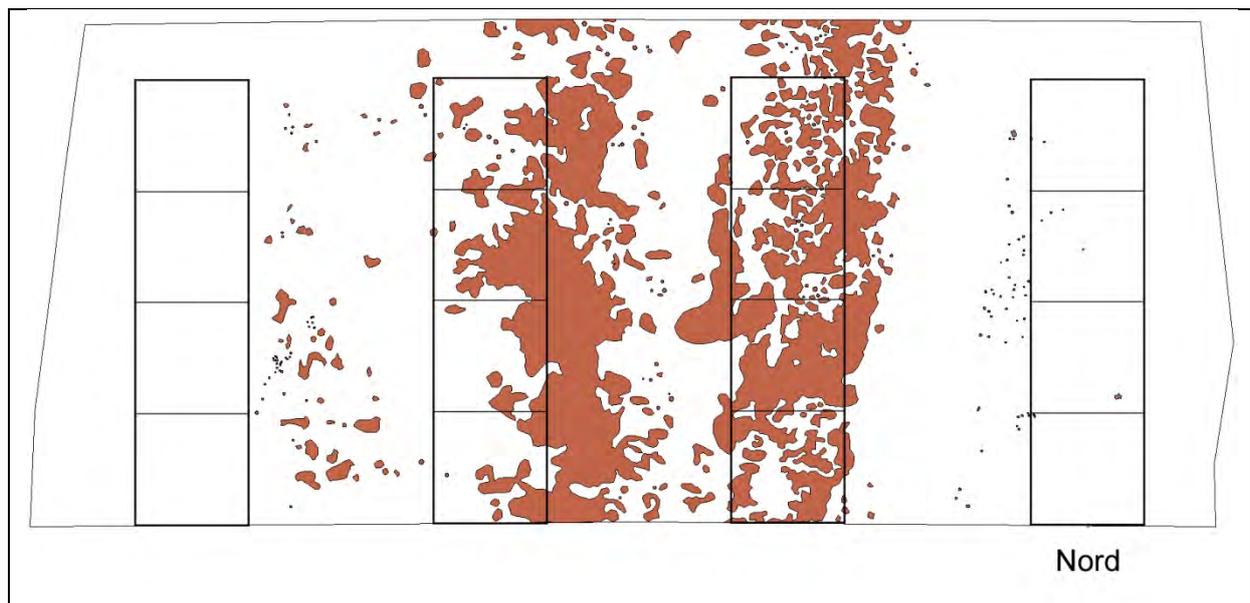


2.3.2. Quantitative Veränderungen der Flechtenbiota zwischen 1986 und 2011

Für die nachträgliche Frequenzbestimmung der Flechten an den Dauerbeobachtungsbäumen wurden virtuelle Gitter an gescannten Folientransparenten der Untersuchungen von 1986 bis 2002 angelegt. Aufgrund der nur 45 cm hohen Folien wurden nur die Flechtenvorkommen in den unteren vier der eigentlich fünf Gittermaschen des für die Frequenzbestimmung nach STOFER *et al.* (2003) üblichen Gitters ausgelesen (siehe Abbildung 2.6).

Abbildung 2.6: Folienschärpe mit aufgelegten Zählgittern.

Die abgebildete Folienschärpe zeigt die Konturen von *Lecanora conizaeoides* am Dauerbeobachtungsbaum Nr. 3 in Karlsruhe-Hardtwald im Jahr 1986. Die maximale Frequenz einer Art kann bei diesem Verfahren pro Baum 16 betragen.



Der Erfassungsgrad der am Standort vorkommenden Flechten beträgt mit dieser Methode aufgrund der geringen Anzahl Trägerbäumen nur 36 %. Dennoch macht die nachträgliche Auswertung der Folienschärpen sowohl den starken Rückgang der säuretoleranten Krustenflechte *Lecanora conizaeoides* als auch die in der zurückliegenden Dekade begonnene Neueinwanderung bzw. Rückkehr von Flechten an den Standort Karlsruhe-Hardtwald sichtbar.

Die mittlere Frequenz (bezogen auf die Anzahl untersuchter Trägerbäume) von *Lecanora conizaeoides*, die 1986 und 1991 als einzige Art innerhalb der Zählgitterflächen nachgewiesen werden konnte, ist kontinuierlich gesunken von fast 15 auf 0,25, was einer 98 %igen Abnahme entspricht. Die Abnahme des Anteils der von *L. conizaeoides* bewachsenen Fläche innerhalb der Schärpen ist ebenso stark gesunken (siehe Diagramme in Abbildung 2.7 und Daten in Tabelle 2.7 und Tabelle 2.8). Erst 1996 erschien *Lepraria incana*, und bis 2002 gesellte sich *Cladonia fimbriata* als dritte immissionstolerante Flechtenart hinzu. Bis 2011 sind weitere Flechten hinzugekommen, darunter die beiden Blattflechten *Melanelia glabratula* und *Parmelia sulcata*. Nitrophytische Arten wurden nicht beobachtet. Mit *Jamesiella anastomosans* ist erstmals eine Krustenflechte mit submediterranean-subatlantisch-gemäßigter Verbreitung (BLWG 2011) hinzugetreten. Andere am Standort nachgewiesene Klimawandelindikatoren wurden mit diesem Verfahren an den Dauerbeobachtungsbäumen nicht nachgewiesen.

Abbildung 2.7: Frequenzen und Deckungsgrade von Flechten 1986 bis 2011.

Datengrundlage: Flechtenkonturen auf Folienschärpen um die Dauerbeobachtungsbäume Nr. 15001, 15002 und 15003 an der Waldfläche Karlsruhe-Hardtwald. Die Flächendaten wurden von der LUBW bereitgestellt. Dargestellt sind die Mittelwerte der Frequenzen bzw. des Bedeckungsgrades der Foliensflächen auf den drei Bäumen.

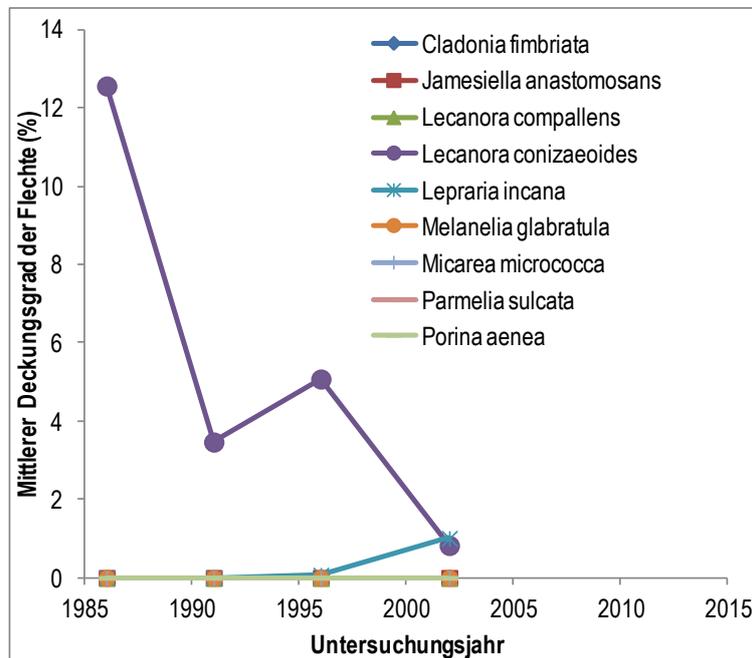
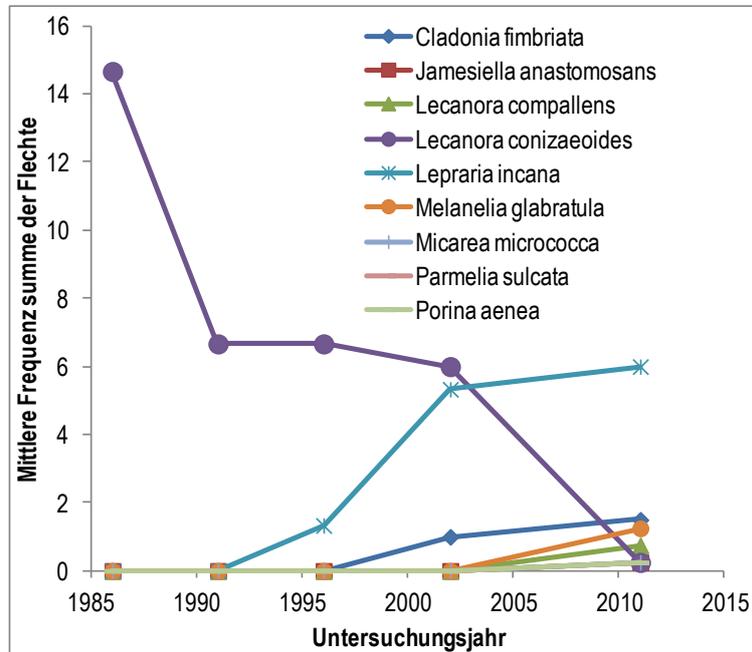


Tabelle 2.7: Mittlere Frequenzen der Flechten an Dauerbeobachtungsbäumen.

Flechtenart	Untersuchungsjahr				
	1986	1991	1996	2002	2011
	Mittlere Frequenzsumme				
<i>Cladonia fimbriata</i>	0	0	0	1,00	1,50
<i>Jamesiella anastomosans</i>	0	0	0	0	0,25
<i>Lecanora compallens</i>	0	0	0	0	0,75
<i>Lecanora conizaeoides</i>	14,67	6,67	6,67	6,00	0,25
<i>Lepraria incana</i>	0	0	1,33	5,33	6,00
<i>Melanelia glabratula</i>	0	0	0	0	1,25
<i>Micarea micrococca</i>	0	0	0	0	0,25
<i>Parmelia sulcata</i>	0	0	0	0	0,25
<i>Porina aenea</i>	0	0	0	0	0,25
Anzahl der Dauerbeobachtungsbäume	3	3	3	3	4
mFRQSUM (alle Flechten)	14,67	6,67	8,00	12,33	10,75
mFRQSUM (nicht resistente Flechten)	0,00	0,00	0,00	0,00	2,25

Tabelle 2.8: Mittlere Bedeckungsgrade der Flechten an Dauerbeobachtungsbäumen.

Flechtenart	Untersuchungsjahr				
	1986	1991	1996	2002	2011
	Mittlerer Bedeckungsgrad der Folienfläche (%)				
<i>Cladonia fimbriata</i>	0	0	0	0,01	keine Flächenbe- stimmung im Jahr 2011
<i>Jamesiella anastomosans</i>	0	0	0	0	
<i>Lecanora compallens</i>	0	0	0	0	
<i>Lecanora conizaeoides</i>	12,57	3,47	5,08	0,83	
<i>Lepraria incana</i>	0	0	0,07	1,01	
<i>Melanelia glabratula</i>	0	0	0	0	
<i>Micarea micrococca</i>	0	0	0	0	
<i>Parmelia sulcata</i>	0	0	0	0	
<i>Porina aenea</i>	0	0	0	0	
Anzahl der Dauerbeobachtungsbäume	3	3	3	3	

2.3.3. Aktuelle Flechtenfrequenzen an der Fläche 1500 Karlsruhe-Hardtwald

Im Sommer 2011 wurden innerhalb der Pufferzone 15 Bäume ausgewählt zur Bestimmung der mittleren Flechtenfrequenzen anhand des Verfahrens von STOFER *et al.* (2003). Die Daten sind in Tabelle 2.9 zusammengefasst. Mit den Zählgittern wurden 23 Arten entsprechend 92 % aller in der Pufferzone nachgewiesenen Flechtenarten erfasst. Mit 7,1 Flechtenarten pro m² Borkenoberfläche im Vergleich zu 4,3 oder 3,9 wurden fast doppelt so viele Arten registriert wie am Standort Karlsruhe-Auwald oder in 1350 Weinheim (vergl. Tabelle 3.12 im Bericht von 2010). Die am Standort gemessene mittlere Frequenzsumme beträgt 24,3 für alle Flechtenarten bzw. 12,9 für nicht-resistente Arten gemäß WIRTH & OBERHOLLENZER (1991) und ist somit erheblich höher als die laut geografischer Höhe zu erwartenden Werte von 15,4 bzw. 5,5 (für die Berechnungsformel siehe Legende zu Abbildung 2.4). Damit bietet der Standort für Flechten offenbar günstige Wuchsbedingungen.

Tabelle 2.9: Flechtenfrequenzen ermittelt gemäß EU-Protokoll (STOFER et al. 2003).

FRQ_SUM, Frequenzsumme an 15 Bäumen; mFRQSUM = FRQSUM / 15. Indik., Indikatorwert; KVN = Klimawandelindikator nach VDI (2011) oder BLWG (2011); Nitro, Nitrophyt gemäß VDI 3957 Blatt 13 (VDI (2005)). Daten zu den Trägerbäumen siehe Anhang.

Flechtenart	FRQSUM	mFRQSUM	Indik.
<i>Arthonia spadicea</i>	4	0,267	
<i>Bacidina delicata</i>	2	0,133	
<i>Buellia griseovirens</i>	33	2,200	
<i>Chaenotheca ferruginea</i>	11	0,733	
<i>Cladonia fimbriata</i>	13	0,867	
<i>Dimerella pineti</i>	1	0,067	
<i>Fellhanera bouteillei</i>	4	0,267	KVN
<i>Hypotrachyna afrorevoluta</i>	2	0,133	KVN
<i>Hypotrachyna revoluta</i>	2	0,133	KVN
<i>Jamesiella anastomosans</i>	13	0,867	KVN
<i>Lecanora compallens</i>	23	1,533	
<i>Lecanora conizaeoides</i>	2	0,133	
<i>Lecanora expallens</i>	34	2,267	
<i>Lecidella elaeochroma</i>	2	0,133	
<i>Lepraria incana</i>	69	4,600	
<i>Lepraria lobificans</i>	41	2,733	
<i>Melanelia glabratula</i>	10	0,667	
<i>Micarea micrococca</i>	3	0,200	
<i>Parmelia sulcata</i>	1	0,067	
<i>Phlyctis argena</i>	1	0,067	
<i>Physcia tenella</i>	2	0,133	Nitro
<i>Porina aenea</i>	84	5,600	
<i>Porina leptalea</i>	7	0,467	KVN
Insgesamt 23 Flechtenarten	364	24,3	
17 nicht resistente Arten gemäß WIRTH & OBERHOLLENZER (1991)	194	12,9	

Tabelle 2.10: Zeigerwerte von Flechten am Standort 1500 Karlsruhe-Hardtwald.

Datengrundlage: Frequenzbestimmung nach STOFER et al. (2003). Zeigerwerte nach WIRTH (2010). Um den Unterschied zu den "alten" Zeigerwerten zu verdeutlichen, ist der Index "n" angefügt.

Zeigerwert					
Ln	Tn	Kn	Fn	Rn	Nn
Median					
5,0	5,0	4,5	4,0	4,5	4,0
Mittelwert (ungewichtet)					
5,1	5,6	4,3	3,8	4,5	4,7
Mittelwert (Frequenzgewichtet)					
4,1	5,5	4,7	3,7	4,4	4,2

2.3.4. Wirkungen bestimmter Immissionen oder des Klimawandels

Als ein Maß für die Belastung mit sauren Immissionen wurde 2009 die mittlere Frequenz von *Lecanora conizaeoides* herangezogen. Nur an zwölf der 30 Standorte wurden damals überhaupt Werte >0 gemessen (0,2 bis 6,6). Der 2011 für Karlsruhe-Hardtwald ermittelte Wert von 0,133 ist geringer als an diesen zwölf Standorten. Auch der starke Rückgang von *L. conizaeoides* (siehe Abbildung 2.4) deutet darauf hin, dass eine Wirkung saurer Immissionen heute wahrscheinlich nicht mehr vorliegt.

Die mittlere Frequenz nitrophytischer Flechten gemäß VDI-Richtlinie 3957 Blatt 13 (VDI (2005) wurde 2009 als Maßzahl für die Wirkung eutrophierender Immissionen herangezogen. An zehn von 30 Standorten wurden Werte >0 gemessen (0,1 bis 7,5). Der für Karlsruhe-Hardtwald ermittelte Wert von 0,13 beruht auf Einzelvorkommen an zwei Buchen und ist vergleichbar mit den geringen Werten (jeweils 0,1) für Zwiefalten, Eppingen2 und Eberbach2 und das Untersuchungsjahr 2009. Dies entspräche einer sehr geringen Wirkung eutrophierender Immissionen. Am 6,2 km west-nordwestlich gelegenen Standort 1490 Karlsruhe-Auwald betrug die mittlere Frequenz nitrophytischer Flechten 0 und stützt diese Einschätzung.

Verwendet man jedoch den Anteil nitrophytischer Arten am Gesamtartenspektrum als Maß für die Wirkung luftgetragener Nährstoffe, dann ist 1500 Karlsruhe-Hardtwald unter den 2009 und 2011 insgesamt 31 untersuchten Standorten der am viertstärksten belastete Standort. Die Vorkommen nitrophytischer Flechten liegen fast ausnahmslos im besser belichteten Randbereiche der Pufferzone, was angesichts der Lichtbedürftigkeit nitrophytischer Flechten nicht ungewöhnlich ist (JOHN & SCHRÖCK 2001; STAPPER 2005; HAUCK & WIRTH 2010). Da starke Nitrophyten fehlen und die nachgewiesenen Arten im Traufbereich auch natürlich vorkommen können, dürfte die Wirkung eutrophierender Immissionen am Standort KA-Hardtwald eher gering sein.

Mit insgesamt fünf Klimawandelindikatoren weist die Fläche 1500 Karlsruhe-Hardtwald überdurchschnittlich viele derartiger Flechten auf. Dieser Befund stimmt mit der Annahme überein, dass die Arten von Westen her einwandern und an tief gelegenen Standorten zuerst zu erwarten sind. Die beiden *Hypotrachyna*-Arten wurden 2011 sogar erstmals im Projekt nachgewiesen und sind möglicherweise erst in den vergangenen zwei Jahren eingewandert. Im warmen Nordwesten Deutschlands (z. B. Raum Düsseldorf, STAPPER et al. 2011) sind diese großen Blattflechten seit 2001 sehr häufig geworden. Dort gehörten nahezu alle im Gebiet neu an freistehenden Bäumen nachgewiesenen Flechtenarten zu den Klimawandelindikatoren.

2.4. Vergleich der alten und neuen Waldstandorte in Aalen und Schönau hinsichtlich Vorkommen und Häufigkeit der Flechtenbiota.

Die 2011 neu eingerichteten Walduntersuchungsflächen an den Standorten Aalen und Schönau sind nur rund 100 m voneinander entfernt im gleichen Waldgebiet mit weitgehend ähnlicher Bestockung bzw. befinden sich in Hang- anstelle von Kuppenlage (Schönau).

Die Unterschiede hinsichtlich des Flechtenartenspektrums sind in beiden Fällen beträchtlich. So wurden an jeweils beiden Flächen zusammen in Aalen bzw. Schönau 31 bzw. 77 Taxa nachgewiesen, von denen aber nur die Hälfte bzw. sogar nur ein Drittel an jeweils beiden Flächen vorkam (Tabelle 2.11 und Tabelle 2.13). Die jeweils pro Fläche nachgewiesene Anzahl Flechtenarten jedoch unterscheidet sich nur geringfügig. Aufgrund der geringeren Anzahl resistenter Flechtenarten wird die Fläche Aalen-neu nach Klasse Ib eine Stufe besser bewertet als die alte Waldfläche. In Schönau wird weiterhin nach Klasse Ia bonitiert. Der Anteil der nitrophytischen Flechten am Artenspektrum bleibt an beiden Standorten konstant. Während in Schönau solche Arten im unteren Stammbereich fehlen (abgesehen von Vorkommen im Bereich einer Borkenwunde 2009), kommen in Aalen jeweils drei solcher Arten vor. Die Zahl der Klimawandelindikatoren ist in Aalen-neu mit drei Arten höher als an der benachbarten Waldfläche zwei Jahre zuvor mit nur einer Art. In Schönau wurden jeweils zwei Klimawandelindikatoren nachgewiesen.

Ein Vergleich der Flechtenfrequenzen offenbart eine große Ähnlichkeit der alten und neuen Waldflächen. Die mittleren Frequenzsummen der Flechten sind, obwohl die jeweils vorkommenden Arten sich unterscheiden, auffallend ähnlich, in Aalen als auch in Schönau nur jeweils rund 5 % höher als zwei Jahre zuvor am Altstandort. Dem momentanen Trend entsprechend ist die mittlere Frequenz der Klimawandelindikatorarten an beiden Standorten angestiegen. Die 2011 gegenüber 2009 geringfügig höheren Flechtenfrequenzwerte an den jeweils benachbarten Waldflächen könnten durch eine weiter fortschreitende Erholung der Epiphytenbestände verursacht sein, denn an den 2011 wiederholt untersuchten Dauerbeobachtungsbäume der alten Waldflächen wurden in beiden Fällen neue Flechtenarten und höhere Frequenzwerte ermittelt. Die mittlere Frequenzsumme der nitrophytischen Flechten und ihr Anteil an der mittleren Frequenzsumme aller Flechtenarten gehören mit 1,14 bzw. 5,4% zu den höchsten Werten im Projekt und weisen auf eine mäßige Belastung mit eutrophierenden Immissionen hin. Nur für Leutkirch (7,5 bzw. 17,5 %) und Riedlingen (1,2 bzw. 2,4 %) wurden 2009 höhere, für Maulbronn (1,0 bzw. 4,4 %) vergleichbare Werte berechnet.

Die anhand der Frequenzdaten gewichteten mittleren ökologischen Zeigerwerte der alten und neuen Waldflächen sind nahezu identisch (Tabelle 2.12 und Tabelle 2.14). Zwischen den beiden Standorten allerdings sind erhebliche Unterschiede erkennbar. So ist die mittlere Lichtzahl im lichten Buchenwald in Schönau erwartungsgemäß höher als im stärker geschlossenen Wald in Aalen. Auch die Unterschiede der Temperatur, Kontinentalitäts- und Feuchtezahl entsprechen den Erwartungen aufgrund der Abweichungen in Höhe, Durchschnittstemperatur und Jahresniederschlag. Geringe Reaktions- und Nährstoffzahlen am Standort Schönau sind durch die Vorkommen von Flechten mit Anpassung an natürlich saure Substrate und das Fehlen nitrophytischer Arten begründet (Tabelle 2.15).

Tabelle 2.11: Vergleich der Artenspektrum und Flechtenfrequenzen an den Waldflächen 1910 Aalen-alt (2009) und 1911 Aalen-neu (2011).

Untersuchungsjahr	2009	2011
Standort	1190 Aalen-alt	1191 Aalen-neu
Datengrundlage: Gesamtartenspektrum Pufferzone (31 Taxa insgesamt, davon 17 an beiden Standorten)		
Flechtenarten	26	29
Anzahl resistenter Flechtenarten	9	6
Artenzahl bereinigt	17	23
Bonitätsstufe	II	Ib
Altwaldarten	0	0
AW-Klasse	AW_4	AW_4
Nitrophyten (Anteil am Artenspektrum)	3 (12 %)	3 (10 %)
Klimawandelindikatoren	1	3
Datengrundlage: Frequenzbestimmung nach STOFER et al. (2003)		
Flechtenarten	18	17
Anzahl resistenter Flechtenarten	4	6
Artenzahl bereinigt	14	11
Altwaldarten	0	0
Frequenzsumme	297	295
Anzahl Trägerbäume	15	14
Mittlere Frequenzsumme (mFRQSUM)	19,8	21,1
Anzahl nitrophytischer Flechten	0	2
mFRQSUM(Nitrophyten)	0,00	1,14
Klimawandelindikatoren	1	2
mFRQSUM(Klimawandelindikatoren)	0,13	0,49

Tabelle 2.12: Zeigerwerte von Flechten an den Waldflächen 1910 Aalen-alt (2009) und 1911 Aalen-neu (2011).

Datengrundlage: Frequenzbestimmung nach STOFER et al. (2003). Zeigerwerte nach WIRTH (2010).

Zeigerwert	Ln	Tn	Kn	Fn	Rn	Nn
Untersuchungsjahr	Median					
2009	5,0	5,0	4,0	4,0	4,0	4,0
2011	4,0	5,0	4,5	4,0	4,5	4,0
	Mittelwert (ungewichtet)					
2009	4,5	5,2	4,5	3,7	4,3	4,1
2011	4,6	5,5	4,4	3,6	4,4	4,5
	Mittelwert (Frequenzgewichtet)					
2009	4,0	5,4	4,3	3,8	4,9	4,0
2011	4,1	5,3	4,4	3,6	4,6	4,3

Tabelle 2.13: Vergleich der Artenspektrum und Flechtenfrequenzen an den Waldflächen 1410 Schönau-alt (2009) und 1411 Schönau-neu (2011).

Untersuchungsjahr	2009	2011
Standort	1410 Schönau-alt	1411 Schönau-neu
Datengrundlage: Gesamtartenspektrum Pufferzone (77 Taxa insgesamt, 28 Arten an beiden Standorten)		
Flechtenarten	51	54
Anzahl resistenter Flechtenarten	5	10
Artenzahl bereinigt	46	44
Bonitätsstufe	la	la
Altwaldarten	6	7
AW-Klasse	AW_1	AW_1
Nitrophyten	7 (unterhalb Borkenwunde)	0
Klimawandelindikatoren	2	2
Datengrundlage: Frequenzbestimmung nach STOFER et al. (2003)		
Flechtenarten	31	35
Anzahl resistenter Flechtenarten	4	6
Artenzahl bereinigt	27	29
Altwaldarten	1	3
Frequenzsumme	789	710
Anzahl Trägerbäume	14	12
Mittlere Frequenzsumme	56,4	59,2
Nitrophyten	0	0
mFRQSUM(Nitrophyten)	0,00	0,00
Klimawandelindikatoren	0	1
mFRQSUM(Klimawandelindikatoren)	0,00	0,08

Tabelle 2.14: Zeigerwerte von Flechten an den Waldflächen 1410 Schönau-alt (2009) und 1411 Schönau-neu (2011).

Datengrundlage: Frequenzbestimmung nach STOFER et al. (2003). Zeigerwerte nach WIRTH (2010).

Zeigerwert	Ln	Tn	Kn	Fn	Rn	Nn
Untersuchungsjahr	Median					
2009	6,0	5,0	6,0	4,0	3,0	3,0
2011	5,7	4,6	5,2	4,3	3,7	3,7
	Mittelwert (ungewichtet)					
2009	5,4	4,5	4,9	4,4	3,9	3,3
2011	5,7	4,6	5,2	4,3	3,7	3,7
	Mittelwert (Frequenzgewichtet)					
2009	6,3	4,2	5,8	4,7	3,0	2,6
2011	6,2	4,3	5,6	4,6	3,0	2,7

Tabelle 2.15: Veränderung der Flechtenfrequenz an Dauerbeobachtungsbäumen in Aalen und Schönau 2009 bis 2011.

Datengrundlage: Frequenzbestimmung nach STOFER et al. (2003) an jeweils identischen Dauerbeobachtungsbäumen. Die Wiederholungsaufnahmen erfolgten in Unkenntnis der Daten von 2009.

Untersuchungsjahr	2009	2011
1190 Aalen-alt: 9 Taxa insgesamt, davon 2 mit Vorkommen in beiden Untersuchungen		
Flechtenarten	5	6
Frequenzsumme	24	39
Anzahl Trägerbäume	4	4
Mittlere Frequenzsumme	6,0	9,8
1410 Schönau-alt: 31 Taxa insgesamt, davon 22 mit Vorkommen in beiden Untersuchungen		
Flechtenarten	25	27
Frequenzsumme	280	305
Anzahl Trägerbäume	5	5
Mittlere Frequenzsumme	56,0	61,0

3. Zusammenfassung und Ausblick

An der Waldfläche 1500 Karlsruhe-Hardtwald wurden im Sommer 2010 die epiphytischen Flechten aufgenommen und die Ergebnisse in den Datensatz von 30 bereits 2009 untersuchten Walddauerbeobachtungsflächen des Ökologischen Wirkungskatasters Baden-Württemberg (ÖkWi) integriert. An zwei der bereits 2009 untersuchten Standorte waren zwischenzeitlich Ersatzwaldflächen ausgewiesen worden, an denen 2011 die Flechtenbiota erstmals aufgenommen und die Daten der alten und neuen Flächen miteinander verglichen wurden.

Die Immissionsbelastung der Waldflächen wird seit Beginn des Projektes 1986 anhand der um immissionstolerante Arten bereinigten Flechtenartenzahl ermittelt. Karlsruhe-Hardtwald wurde 2011 statt nach Stufe IV ("Immissionseinfluss sehr stark") erstmals mit II entsprechend "mäßigem Immissionseinfluss" bewertet. Verglichen mit anderen, geografisch ähnlich hoch gelegenen Standorten bietet der Standort Karlsruhe-Hardtwald gemessen anhand der hohen mittleren Flechtenfrequenz für epiphytische Flechten günstige Wuchsbedingungen. Wirkungen sauren Immissionen sind dort heute nicht mehr festzustellen, denn in den 1990er Jahren noch dominierende starke Versauerungsanzeiger sind nahezu verschwunden und seit 2002 zahlreiche neue Flechtenarten hinzugekommen.

Die beiden Ersatzwaldflächen an den Standorten Schönau (Schwarzwald) und Aalen (Schwäbische Alb, Ostalbkreis) weisen 2011 im Vergleich zu den jeweiligen Altflächen nur geringfügige Unterschiede auf hinsichtlich der Flechtenartenzahl, der mittleren Frequenzsumme der Flechten und der gewichteten mittleren Zeigerwerte. Die an den neuen Flächen geringfügig höheren Frequenzwerte entsprechen ungefähr den geringen Frequenzanstiegen an den beiden Altstandorten zwischen 2009 und 2011. Die Fläche 1191 Aalen-neu wird aufgrund der höheren bereinigten Artenzahl statt mit II ("Immissionseinfluss mäßig") mit Ib ("Immissionseinfluss gering") bonitiert. Auffallend ist in Schönau und in Aalen, dass maximal die Hälfte der auf den jeweiligen Alt- und Ersatzwaldflächen insgesamt nachgewiesenen Flechtenarten tatsächlich an beiden Flächen vorkommt.

Aufgrund der Neufassung der Referenzliste der als Klimawandelindikatoren eingestuften Flechten wurden die nun für 31 Waldflächen und den Zeitraum 1986 bis 2009/11 vorliegenden Daten neu ausgewertet. Der bisher ungebremste, schnelle Anstieg der im Mittel pro Standort nachgewiesenen Klimawandelindikatoren setzte um 1991 ein. Die Arten befinden sich in Baden-Württemberg an ihrer Arealgrenze und sind an Standorten mit für Flechten generell günstigen Wuchsbedingungen besonders häufig. Eine Abnahme der Frequenz dieser Arten mit steigender Ortshöhe bzw. steigenden Gauß-Krüger-Rechtswerten deutet sich an. Die Zahl der 2009 nachgewiesenen Klimawandelindikatoren ist 1,5mal so hoch wie in einem landesweiten Projekt in Bayern und unterstützt die Annahme, dass die Einwanderung der Klimawandelindikatoren in Süddeutschland von Westen nach Osten verläuft und die an den baden-württembergischen Waldstandorten beobachteten Veränderungen nicht nur auf gesunkenen Immissionen beruhen, sondern auch eine Folge gegenwärtiger Klimaveränderungen sind.

4. Zitierte Literatur

- APTROOT, A., 2005: Lichens and global warming. - Brit. Lich. Soc. Bulletin 96: 14-16.
- APTROOT, A., 2009: Lichens as an Indicator of Climate and Global Change. S. 401-408 *In*: Letcher, T.M. [ed.]: Climate Change: Observed impacts on Planet Earth. Oxford: Elsevier. 444 S.
- BLWG (2011): Bryologische en Lichenologische Werkgroep (BLWG): Standaardlijst van Nederlandse korstmossen. Verspreidingsatlas Korstmossen online. - www.verspreidingsatlas.nl/korstmossen [letzter Zugriff: 15. Januar 2011].
- DE BRUYN, U., LINDERS, H.-W., MOHR, K., 2009: Epiphytische Flechten im Wandel von Immissionen und Klima - Ergebnisse einer Vergleichskartierung 1989/2007 in Nordwestdeutschland. - Umweltwiss Schadst Forsch 21:63–75.
- BUNGARTZ, F., ZIEMMECK, F., 1997: Methodenentwicklung zur Erfassung und Dauerbeobachtung der Moos- und Flechtenvegetation in Naturwaldzellen Nordrhein-Westfalens. - Bonn (Auftragsgutachten für die Landesanstalt für Ökologie, Bodenordnung und Forsten [LÖBF], unveröffentlicht). 90 S.
- CEZANNE, R., EICHLER, M., WIRTH, V., 1997: Die epiphytische Flechtenvegetation an den Wald-Dauerbeobachtungsflächen des ökologischen Wirkungskatasters Baden-Württemberg. – Untersuchungs-jahr 1996. – Gutachten im Auftrag der Landesanstalt für Umweltschutz, Baden-Württemberg, Karlsruhe. 20 S.
- COPPINS, A.M., COPPINS, B.J., 2002: Indices of Ecological Continuity for Woodland Epiphytic Lichen Habitats in the British Isles. - British Lichen Society, Wimbledon. 36 S.
- DOLNIK, C., RASMUS, J., 2004: Die epiphytische Flechtenvegetation an den Wald-Dauerbeobachtungsflächen in Baden-Württemberg Untersuchungs-jahr 2002. - Abschlussbericht Februar 2004. – Gutachten im Auftrag der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe. 34 S. und umfangreicher Tabellen- anhang.
- DIEDERICH, P., 1991: Les forêts luxembourgeoises à longue continuité historique. - Bulletin de la Société des naturalistes luxembourgeois 92: 31-39. [Download publication](#) (PDF 450 KB).
- FRAHM, J.-P., 2003: Climatic habitat differences of epiphytic lichens and bryophytes. - Cryptogamie, Bryologie, 24 (1): 3-14.
- FRAHM, J.-P., HENSEL, S., THÖNNES, D., 2007. Zur Vergleichbarkeit von Luftgütekartierungen mit Hilfe der VDI-Flechtenrichtlinie 3957 Blatt 13. Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft Mai 2007: 206-208.
- FRAHM, J.-P., STAPPER, N.J., 2008: Der Einfluss der Humidität eines Gebietes auf die Ermittlung der Luftgüte mit Flechten nach VDI 3957 Blatt 13. Gefahrstoffe- Reinhaltung der Luft 6/2008, S. 251-256.
- HAUCK, M., WIRTH, V., 2010: Preference of lichens for shady habitats is correlated with intolerance to high nitrogen levels. – Lichenologist 42, 475-484.
- HAWKSWORTH, D. L. & ROSE, F., 1970: Qualitative scale for estimating sulphur dioxide air pollution in England and Wales using epiphytic lichens. – Nature 227: 145–148.
- VAN HERK, C. M., APTROOT, A., DOBBEN, H.F. VAN, 2002: Long-term monitoring in the Netherlands suggests that lichens respond to global warming. Lichenologist, 34 (2): 141-154.
- JOHN, V., SCHRÖCK, H.-W., 2001: Flechten im Kronen- und Stammbereich geschlossener Waldbestände in Rheinland-Pfalz (SW-Deutschland). - Fauna und Flora in Rheinland-Pfalz 9 (3) S. 727-750.
- MC CUNE, B., 2000: Lichen communities as indicators of forest health. – Bryologist 103: 353-356.
- NEUWIRTH, G., APTROOT, A., 2011: Recognition of four morphologically distinct species in the *Graphis scripta* complex in Europe. – Herzogia 24 (im Druck).
- NYLANDER, W., 1866: Les lichens du Jardin du Luxembourg. – Bull. Soc. Bot. France 13: 364 - 372.
- ROSE, F., 1976: Lichenological indicators of age and environmental continuity in woodlands. - In: D. H. Brown, D. L. Hawksworth & R. H. Bailey (eds.): *Lichenology: Progress and Problems*. Academic Press, London, pp. 279-307.
- SMITH, C.W., APTROOT, A., COPPINS, B.J., FLETCHER, A., GILBERT, O.L., JAMES, P.W., WOLSELEY, P.A. (eds.) 2009: The lichens of Great Britain and Ireland, British Lichen Society, London. - Richmond Publishing, Slough. 1046p.
- STAPPER, N.J., 2005: Epiphytische Moose und Flechten auf vier Level II-Waldflächen des *ICP-Forests* in Nordrhein-Westfalen – Vergleich verschiedener Aufnahmemethoden. - Teilveröffentlichtes Gutachten im Auftrag der LÖBF (NRW), Recklinghausen. 81 S.
- STAPPER, N.J., 2008: Flechten-Biomonitoring an Boden-Dauerbeobachtungsflächen in Schleswig-Holstein - Vierte Wiederholungsuntersuchung von Dauerquadraten an Bäumen 2007. – Gutachten im Auftrag des Landesamtes für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein, Flintbek. 71 S.

- STAPPER, N.J., 2010: Die Epiphytische Flechtenvegetation an 30 Wald-Dauerbeobachtungsflächen des Ökologischen Wirkungskatasters Baden-Württemberg 1986 bis 2009 – Ergebnisbericht 2010. - Unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW). Karlsruhe. 100 S.
- STAPPER, N. J., 2011: Baumflechten in Düsseldorf unter dem Einfluss von Luftverunreinigungen, Stadtklima und Klimawandel. - *Lichenological Contributions in Honour of Hans Martin Jahns*. - I. KÄRNEFELT, S. OTT, M. R. D. SEAWARD & A. THELL (eds). *Bibliotheca Lichenologica* (in press).
- STAPPER, N. J.; FRANZEN-REUTER, I.; FRAHM, J.-P., 2011: Epiphytische Flechten als Wirkungsindikatoren für Klimaveränderungen im Raum Düsseldorf. - *Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft* 4/2011, 173-178.
- STOCK, M., 2005: KLARA – Klimawandel - Auswirkungen, Risiken, Anpassung. - PIK-Report 99. Potsdam. 200 S.
- STOFER, S., CATALAYUD, V., FERRETTI, M., FISCHER, R., GIORDANI, P., KELLER, C., STAPPER, N., SCHEIDEGGER, C., 2003: Epiphytic Lichen Monitoring within the EU/ICP Forests Biodiversity Test-Phase on Level II plots. - Methodenentwurf zum Flechtenmonitoring auf Level II-Waldökosystemdaueruntersuchungsflächen. [Download pdf](#).
- VDI 2005: VDI-Richtlinie 3957 Blatt 13, 2005: Biologische Messverfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen auf Flechten (Bioindikation). - Kartierung der Diversität epiphytischer Flechten als Indikator der Luftgüte. - Beuth, Berlin, 27 S.
- VDI 2011: Vorentwurf 06 zur VDI-Richtlinie 3957 Blatt 20, Stand Oktober 2011: Biologische Messverfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Wirkung von Umweltveränderungen (Bioindikation) - Kartierung von Flechten zur Ermittlung der Wirkung von lokalen Klimaveränderungen. - Arbeitsgruppe "Wirkungsfeststellung an Niederen Pflanzen" KRdL-3/3/03 im VDI und DIN.
- WINDISCH, U., VORBECK, A., EICHLER, M., CEZANNE, R., 2011: Untersuchung der Wirkung des Klimawandels auf biotische Systeme in Bayern mittels Flechtenkartierung. Abschlussbericht 2011. Bayerisches Landesamt für Umwelt. (Hrsg.). – Augsburg. 87 S.
- WIRTH, V., 1986: Flechtenkartierung. In: Landesamt für Umweltschutz Baden-Württemberg (LFU): Immissionsökologisches Wirkungskataster. Jahresbericht 1985: 96-97.
- WIRTH, V., 1987 (?): Flechten 1986 – Ergebnisse 1986 – Kommentare zu Flechtenaufnahmen (Folien). – Bericht im Auftrag der LUBW, Karlsruhe (Werkvertrag 49); unveröffentlicht.
- WIRTH, V., 2001: Zeigerwerte von Flechten. S. 221-243 *In*: H. Ellenberg, Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. *Scripta Geobotanica* XVIII.
- WIRTH, V., 2008: Rote Liste und Artenverzeichnis der Flechten Baden-Württembergs. - LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (Hrsg.). Karlsruhe. 64 S.
- WIRTH, V., 2010: Ökologische Zeigerwerte von Flechten - erweiterte und aktualisierte Fassung. - *Herzogia* 23(2): 229-248.
- WIRTH, V., OBERHOLLENZER, H., 1991: Epiphytische Flechten. Einsatz als Reaktionsindikatoren im passiven Monitoring bei der Erstellung des Immissionswirkungskatasters Baden-Württemberg. - *Beih. Veröff. Naturschutz und Landschaftspflege Bad. Württ.* 64, 164-173.
- WIRTH, V., OBERHOLLENZER, H., 1992: Immissionsökologisches Wirkungskataster Baden-Württemberg / Untersuchung der Flechtenvegetation - Ergebnisse 1990/1991, Stuttgart, Tübingen; nicht veröffentlicht.
- WIRTH, V., OBERHOLLENZER, H., 1993: Beurteilung der Immissionssituation mit Hilfe der Flechtenindikation. - LFU (Hrsg.): Ökologisches Wirkungskataster Baden-Württemberg, Jahresbericht 1990/91: 79-86.
- WIRTH, V., CEZANNE, R., EICHLER, M., 1999: Beitrag zur Kenntnis der Dynamik epiphytischer Flechtenbestände. - *Stuttgarter Beitr. Naturk. Ser. A*, 595, 1-17.
- WIRTH, V., HAUCK, M., DE BRUYN, U., SCHIEFELBEIN, U., JOHN, V., OTTE, V., 2009: Flechten aus Deutschland mit Verbreitungsschwerpunkt im Wald. – *Herzogia* 22, 79–107.

Anhang

RefTab_Wirtsbaum_OWK_Flechten_2011

Plot#	Baum#	Baum# OWK	Code Baum	Dauer BBaum	Umf 130_cm	UKNord _cm	Umfang 2011	Code baum2
1410	14101	1	Fasy	Ja	109	110	112	Fasy
1410	14102	2	Fasy	Ja	111	100	114	Fasy
1410	14103	3	Fasy	Ja	103	128	103	Fasy
1410	14104	4	Fasy	Ja	84	129	86	Fasy
1410	14105	5	Fasy	Ja	98	134	102	Fasy
1190	11901	1	fasy	Ja	170	111	173	fasy
1190	11905	5	fasy	Ja	107	111	108	fasy
1190	11902	2	fasy	Ja	176	102	178	fasy
1190	11903	3	fasy	Ja	147	108	151	fasy
1500	15001	1	fasy	Ja	88	94	94	fasy
1500	15002	2	fasy	Ja	109	112	112	fasy
1500	15003	3	fasy	Ja	123	128	128	fasy
1500	15004	4	fasy	Ja		112	112	fasy
1500	15005	5	Qu	Nein		100	154	Quuro
1500	15006	6	fasy	Nein		100	144	fasy
1500	15007	7	fasy	Nein		100	126	fasy
1500	15008	8	fasy	Nein		100	48	fasy
1500	15009	9	fasy	Nein		100	108	fasy
1500	150010	10	fasy	Nein		100	77	fasy
1500	150011	11	fasy	Nein		100	85	fasy
1500	150012	12	fasy	Nein		100	130	fasy
1500	150013	13	fasy	Nein		100	84	fasy
1500	150014	14	fasy	Nein		100	51	fasy
1500	150015	15	acps	Nein		100	108	acps
1411	141120	20	piab	Nein		100	133	piab
1411	141121	21	piab	Nein		100	142	piab
1411	141122	22	fasy	Nein		100	130	fasy
1411	141123	23	fasy	Nein		100	132	fasy
1411	141124	24	fasy	Nein		100	57	fasy
1411	141125	25	fasy	Nein		100	56	fasy
1411	141126	26	abal	Nein		100	45	abal
1411	141127	27	piab	Nein		100	112	piab
1411	141128	28	piab	Nein		100	74	piab
1411	141129	29	fasy	Nein		100	78	fasy
1411	141130	30	fasy	Nein		100	119	fasy
1411	141131	31	piab	Nein		100	61	piab
1191	119113	13	fasy	Nein		100	161	fasy
1191	11911	1	qu	Nein		100	130	qu
1191	11912	2	cabe	Nein		100	51	cabe
1191	11913	3	fasy	Nein		100	123	fasy
1191	11914	4	cabe	Nein		100	57	cabe
1191	11915	5	fasy	Nein		100	88	fasy
1191	11916	6	ti	Nein		100	122	ti
1191	11917	7	piab	Nein		100	110	piab
1191	11918	8	fasy	Nein		100	189	fasy
1191	11919	9	qu	Nein		100	136	qu
1191	119110	10	fasy	Nein		100	110	fasy
1191	119111	11	pisy	Nein		100	140	pisy
1191	119112	12	qu	Nein		100	103	qu
1191	119114	14	fasy	Nein		100	58	fasy

Flechtenarten an den Waldflächen 1190 Aalen-alt (2009) und 1191Aalen-neu (2011)

Datengrundlage: Gesamtartenspektrum der Pufferzone.

Artnamen	RE Wi.	NITRO	WA Wi	KWA	2009	2011
<i>Arthonia spadicea</i>					•	•
<i>Buellia griseovirens</i>					•	•
<i>Dimerella pineti</i>					•	•
<i>Graphis scripta</i>					•	•
<i>Jamesiella anastomosans</i>				KN	•	•
<i>Lecanora argentata</i>					•	•
<i>Lecanora conizaeoides</i>	R				•	•
<i>Lecanora expallens</i>	R				•	•
<i>Lepraria incana</i>	R				•	•
<i>Lepraria lobificans</i>	R				•	•
<i>Lepraria rigidula</i>	R				•	•
<i>Melanelia glabratula</i>					•	•
<i>Micarea micrococca</i>					•	•
<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	R	n			•	•
<i>Phlyctis argena</i>					•	•
<i>Physcia tenella</i>		n			•	•
<i>Porina aenea</i>					•	•
<i>Amandinea punctata</i>	R	n			•	
<i>Arthonia didyma</i>					•	
<i>Cladonia caespiticia</i>	R				•	
<i>Cladonia fimbriata</i>	R				•	
<i>Ochrolechia androgyna</i>					•	
<i>Pertusaria albescens</i>					•	
<i>Pertusaria amara</i>					•	
<i>Pertusaria coccodes</i>					•	
<i>Pertusaria leioplaca</i>					•	
<i>Arthonia ruana</i>				KV		•
<i>Candelariella reflexa</i>		n				•
<i>Lecanora compallens</i>						•
<i>Parmelia sulcata</i>						•
<i>Porina leptalea</i>				KV		•

Flechtenarten an 1410 (2009) Schönau-alt und 1411 Schönau-neu (2011).

Datengrundlage: Gesamtartenspektrum der Pufferzone.

Artname	2009	2011	RE Wi	NITRO	WA Wi	KWA
<i>Amandinea punctata</i>	•		R	n		
<i>Bacidia neosquamulosa</i>		•				KV
<i>Bacidia rubella</i>	•					
<i>Biatora efflorescens</i>	•	•			A	
<i>Bryoria fuscescens</i>		•				
<i>Buellia griseovirens</i>	•	•				
<i>Caloplaca holocarpa</i>	•			n		
<i>Candelariella reflexa</i>	•			n		
<i>Cetrelia monachorum</i>		•			A	
<i>Cladonia chlorophaea</i>	•		R			
<i>Cladonia coniocraea</i>	•	•	R			
<i>Cladonia digitata</i>		•	R			
<i>Cladonia polydactyla</i>		•	R			
<i>Cladonia pyxidata</i>		•	R			
<i>Cladonia ramulosa</i>	•		R			
<i>Cladonia squamosa</i>		•	R			
<i>Dimerella pineti</i>	•					
<i>Evernia prunastri</i>		•				
<i>Fuscidea cyathoides</i>	•	•			A	
<i>Graphis scripta</i>	•	•				
<i>Hypogymnia farinacea</i>	•	•				
<i>Hypogymnia physodes</i>	•	•				
<i>Hypogymnia tubulosa</i>	•	•				
<i>Hypogymnia vittata</i>	•					
<i>Lecanora albella</i>	•					
<i>Lecanora argentata</i>	•	•				
<i>Lecanora carpineae</i>		•				
<i>Lecanora chlarotera</i>		•				
<i>Lecanora conizaeoides</i>		•	R			
<i>Lecanora hagenii</i>	•			n		
<i>Lecanora intumescens</i>		•				
<i>Lecanora pulicaris</i>		•				
<i>Lecidea leprarioides</i>		•				
<i>Lecidea pullata</i>	•	•				
<i>Lecidella elaeochroma</i>	•	•				
<i>Lepraria incana</i>		•	R			
<i>Lepraria jackii</i>		•	R			
<i>Lepraria lobificans</i>	•		R			
<i>Lepraria rigidula</i>		•	R			
<i>Lobaria pulmonaria</i>	•				A	
<i>Lopadium disciforme</i>		•			A	
<i>Loxospora elatina</i>	•					

Artname	2009	2011	RE Wi	NITRO	WA Wi	KWA
<i>Melanelia glabratula</i>	•	•				
<i>Micarea denigrata</i>		•				
<i>Micarea micrococca</i>		•				
<i>Micarea prasina</i>	•					
<i>Microcalicium disseminatum</i>		•			A	
<i>Mycobilimbia epixanthoides</i>		•				
<i>Mycoblastus fucatus</i>	•	•				
<i>Ochrolechia androgyna</i>	•	•				
<i>Ochrolechia microstictoides</i>	•	•				
<i>Parmelia saxatilis</i>	•	•				
<i>Parmelia sulcata</i>		•				
<i>Parmeliella triptophylla</i>	•				A	
<i>Parmeliopsis ambigua</i>	•	•				
<i>Peltigera praetextata</i>	•	•				
<i>Pertusaria albescens</i>	•	•				
<i>Pertusaria amara</i>	•	•				
<i>Pertusaria coccodes</i>	•	•				
<i>Pertusaria hemisphaerica</i>	•	•			(A)	
<i>Pertusaria leioplaca</i>		•				
<i>Pertusaria pustulata</i>	•					KV
<i>Phlyctis agelaeae</i>	•					
<i>Phlyctis argena</i>	•	•				
<i>Physcia adscendens</i>	•			n		
<i>Placynthiella dasea</i>	•					
<i>Placynthiella icmalea</i>		•	R			
<i>Platismatia glauca</i>	•	•				
<i>Pseudevernia furfuracea</i>	•	•				
<i>Pyrenula nitida</i>	•	•			(A)	KV
<i>Ramalina farinacea</i>	•	•				
<i>Rinodina efflorescens</i>		•				
<i>Usnea filipendula</i>	•	•				
<i>Usnea subfloridana</i>	•					
<i>Vulpicida pinastri</i>	•					
<i>Xanthoria candelaria</i>	•			n		
<i>Xanthoria parietina</i>	•			n		

Artenspektrum der Waldflächen 2011.

1191-Aalen-neu, 2011: Artenspektrum Pufferzone und Umgebung																		
Artnamen	Zeigerwert WIRTH 2001)						Zeigerwert WIRTH 2010)						Trägerbaumart					
	L	T	K	F	R	N	Ln	Tn	Kn	Fn	Rn	Nn	Carpinus betulus	Fagus syl- vatica	Picea abies	Pinus sylvestris	Quercus sp_	Tilia sp_
Pufferzone																		
<i>Arthonia ruana</i>	3	7	2	4	5	3	3	6	2	4	5	3	Cabe					
<i>Arthonia spadicea</i>	2	6	2	4	4	3	2	6	3	4	4	3					Qu	
<i>Buellia griseovirens</i>	4	5	3	4	5	3	4	5	5	4	5	4	Cabe	Fasy				
<i>Candelariella reflexa</i>	6	6	3	5	5	5	6	6	3	5	5	7		Fasy				
<i>Dimerella pineti</i>	3	5	3	4	4	3	3	5	3	4	4	4		Fasy	Piab		Qu	Ti
<i>Graphis scripta</i>	3	5	4	4	5	3	3	5	4	4	5	3	Cabe					
<i>Jamesiella anastomosans</i>		6											Cabe					
<i>Lecanora argentata</i>	5	5	4	4	5	3	5	5	4	4	5	3					Qu	
<i>Lecanora compallens</i>													Cabe	Fasy				
<i>Lecanora conizaeoides</i>	7	3	3	3	2		7	5	5	3	2	5				Pisy	Qu	
<i>Lecanora expallens</i>	5	6	3	3	4	4	5	6	3	3	4	5	Cabe	Fasy	Piab		Qu	Ti
<i>Lepraria incana</i>	4	5	6	3	3	3	4	5	6	3	3	5	Cabe	Fasy	Piab		Qu	Ti
<i>Lepraria lobificans</i>	4	5		4	3	3	4	5	5	4	6	3	Cabe	Fasy	Piab		Qu	Ti
<i>Lepraria rigidula</i>							4	5	4	5	4	2	Cabe	Fasy			Qu	
<i>Melanelia glabratula</i>	5	5	6	4	3	3								Fasy				
<i>Micarea micrococca</i>																	Qu	
<i>Parmelia sulcata</i>	7		6	3	5	4	7		6	3	5	7		Fasy				
<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	7		6		7	7	7		6		7	9		Fasy				
<i>Phlyctis argena</i>	5	5	4	3	5	3	5	5	4	3	4	5	Cabe	Fasy				
<i>Physcia tenella</i>	7		6	3	6	6	7		6	3	6	7		Fasy				
<i>Porina aenea</i>	3	6	2	4	5	3	3	6	4	4	5	4	Cabe	Fasy				
<i>Porina leptalea</i>		7					3	7	2	4	5	4	Cabe	Fasy			Qu	
Zeigerwert (Median, Pufferzone)	5,0	5,0	3,5	4,0	5,0	3,0	4,0	5,0	4,0	4,0	5,0	4,0						

1411-Schönau-neu, 2011: Artenspektrum Pufferzone und Umgebung

Artnamen	Zeigerwert WIRTH 2001)						Zeigerwert WIRTH 2010)						Trägerbaumart		
	L	T	K	F	R	N	Ln	Tn	Kn	Fn	Rn	Nn	Abies alba	Fagus sylvatica	Picea abies
Pufferzone															
<i>Bacidia neosquamulosa</i>		6					5	6	2	5	5	6	Abal	Fasy	
<i>Biatora efflorescens</i>													Abal	Fasy	Piab
<i>Bryoria fuscescens</i>	7	4	6	6	3	2	7	4	6	6	3	4			Piab
<i>Buellia griseovirens</i>	4	5	3	4	5	3	4	5	5	4	5	4		Fasy	Piab
<i>Cetrelia monachorum</i>														Fasy	
<i>Cladonia coniocraea</i>	5		6		4	2	5		6		4	3	Abal	Fasy	Piab
<i>Cladonia digitata</i>	5	4	6		2	2	5	4	6		2	3		Fasy	Piab
<i>Cladonia polydactyla</i>	5	4	2	7	2	1	5	4	3	7	2	1			Piab
<i>Cladonia pyxidata</i>	7		6			2	7		6			3		Fasy	Piab
<i>Cladonia squamosa</i>	6	4	6	5	2	2	6	4	6	5	2	2		Fasy	Piab
<i>Evernia prunastri</i>	7	5	6	3	3	3	7	5	6	4	3	4		Fasy	Piab
<i>Fuscidea cyathoides</i>	5	4	3	7	4	2	5	5	3	7	5	2		Fasy	
<i>Graphis scripta</i>	3	5	4	4	5	3	3	5	4	4	5	3	Abal	Fasy	
<i>Hypogymnia farinacea</i>	6	4	5	6	3	2	6	4	6	7	3	2			Piab
<i>Hypogymnia physodes</i>	7		6	3	3	2	7		6	3	3	3	Abal	Fasy	Piab
<i>Hypogymnia tubulosa</i>	7	4	5	3	3	3	7	5	5	3	5	4	Abal		
<i>Lecanora argentata</i>	5	5	4	4	5	3	5	5	4	4	5	3		Fasy	
<i>Lecanora carpinea</i>	6	5	6	3	5	3	6	5	6	3	5	4		Fasy	
<i>Lecanora chlorotera</i>	6	5	6	3	6	4	6	5	6	3	6	5		Fasy	
<i>Lecanora conizaeoides</i>	7	3	3	3	2		7	5	5	3	2	5			Piab
<i>Lecanora intumescens</i>	5	4	4	6	5	3	5	4	4	6	5	2		Fasy	
<i>Lecanora pulicaris</i>	7	4	6	3	2	3	7	4	6	3	3	4	Abal		Piab
<i>Lecidea leprarioides</i>															Piab
<i>Lecidea pullata</i>														Fasy	Piab
<i>Lecidella elaeochroma</i>	6	5	6	3	6	4	6	5	6	3	6	5		Fasy	
<i>Lepraria incana</i>	4	5	6	3	3	3	4	5	6	3	3	5			Piab
<i>Lepraria jackii</i>													Abal	Fasy	Piab
<i>Lepraria rigidula</i>							4	5	4	5	4	2	Abal	Fasy	Piab
<i>Lopadium disciforme</i>							4	4	5	7	3	2	Abal	Fasy	
<i>Melanelia glabrata</i>	5	5	6	4	3	3								Fasy	
<i>Micarea denigrata</i>							8		6	3	3	7		Fasy	Piab

1411-Schönau-neu, 2011: Artenspektrum Pufferzone und Umgebung																
Artname	Zeigerwert WIRTH 2001)						Zeigerwert WIRTH 2010)						Trägerbaumart			
	L	T	K	F	R	N	Ln	Tn	Kn	Fn	Rn	Nn	Abies alba	Fagus sylvatica	Picea abies	
<i>Micarea micrococca</i>														Fasy	Piab	
<i>Microcalicium disseminatum</i>															Piab	
<i>Mycobilimbia epixanthoides</i>														Fasy		
<i>Mycoblastus fucatus</i>	4	4	3	4	3	3	5	4	3	4	3	3	Abal		Piab	
<i>Ochrolechia androgyna</i>	5	4	6	7	3	2	5	4	6	7	3	3		Fasy	Piab	
<i>Ochrolechia microstictoides</i>	5	4	3	6	2	2	5	4	5	6	2	2	Abal	Fasy	Piab	
<i>Parmelia saxatilis</i>	6	4	6	5	3	2	6		6	5	3	3	Abal	Fasy	Piab	
<i>Parmelia sulcata</i>	7		6	3	5	4	7		6	3	5	7		Fasy		
<i>Parmeliopsis ambigua</i>	6	4	6	5	2	2	6	4	6	5	2	2	Abal	Fasy	Piab	
<i>Peltigera praetextata</i>	5	5	4	5	5	4	5	5	5	5	5	4		Fasy		
<i>Pertusaria albescens</i>	6	5	6	3	6	4	6		6	3	6	6	Abal	Fasy	Piab	
<i>Pertusaria amara</i>	4	6	5	4	3	2	6		6	4	3	2	Abal	Fasy	Piab	
<i>Pertusaria coccodes</i>	6	6	3	4	5	3	6	5	3	4	5	6		Fasy		
<i>Pertusaria hemisphaerica</i>	5	6	3	5	4	3	5	6	3	5	4	3	Abal		Piab	
<i>Pertusaria leioplaca</i>	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5	2		Fasy		
<i>Phlyctis argena</i>	5	5	4	3	5	3	5	5	4	3	4	5		Fasy		
<i>Placynthiella icmalea</i>	7		6	3	2	1	7		6	3	2	5		Fasy	Piab	
<i>Platismatia glauca</i>	7	4	6	5	2	2	7	4	6	5	2	2	Abal	Fasy	Piab	
<i>Pseudevernia furfuracea</i>	8	4	6	3	2	1	8	4	6	5	3	2	Abal	Fasy	Piab	
<i>Pyrenula nitida</i>	3	6	3	4	5	3	3	7	3	4	5	2		Fasy		
<i>Ramalina farinacea</i>	6	5	6	4	5	3	6	5	6	4	5	4		Fasy		
<i>Rinodina efflorescens</i>															Piab	
<i>Usnea filipendula</i>	7	4	6	6	3	2	7	6	2	7	5	2		Fasy	Piab	
Zeigerwert (Median, Pufferzone)	6,0	5,0	6,0	4,0	3,0	3,0	6,0	5,0	6,0	4,0	4,0	3,0				
Umgebung																
<i>Bryoria capillaris</i>	6	3	4	7	3	1	6	3	5	7	3	1	Abal			

1500-Karlsruhe-Hardtwald, 2011: Artenspektrum Pufferzone und Umgebung																		
Artnamen	Zeigerwert WIRTH 2001)						Zeigerwert WIRTH 2010)						Trägerbaumart					
	L	T	K	F	R	N	Ln	Tn	Kn	Fn	Rn	Nn	Acer pseudopl.	Carpinus betulus	Fagus sylvatica	Prunus avium	Quercus sp_	Robinia pseudo.
Pufferzone																		
Bacidina delicata							5	6	3	4	7	8			Fasy			
Buellia griseovirens	4	5	3	4	5	3	4	5	5	4	5	4	Acps		Fasy	prav		
Candelariella reflexa	6	6	3	5	5	5	6	6	3	5	5	7	Acps					
<i>Chaenotheca ferruginea</i>	5	4	6	3	2	3	5		6	3	2	4					Qu	
<i>Cladonia coniocraea</i>	5		6		4	2	5		6		4	3			Fasy			
<i>Cladonia fimbriata</i>	7	5	6		4	1	7	5	6		4	3	Acps		Fasy			
<i>Dimerella pineti</i>	3	5	3	4	4	3	3	5	3	4	4	4	Acps					
Fellhanera bouteillei							7	6	2	6	5	5			Fasy			
Hypotrachyna afrorevoluta							6	7	2	5	4	4	Acps					
Hypotrachyna revoluta							6	7	2	6	5	4	Acps			prav		
Jamesiella anastomosans		6											Acps		Fasy			
Lecanora compallens													Acps		Fasy	prav		
<i>Lecanora conizaeoides</i>	7	3	3	3	2		7	5	5	3	2	5	Acps		Fasy			
<i>Lecanora expallens</i>	5	6	3	3	4	4	5	6	3	3	4	5					Qu	
Lecidella elaeochroma	6	5	6	3	6	4	6	5	6	3	6	5			Fasy	prav		
<i>Lepraria incana</i>	4	5	6	3	3	3	4	5	6	3	3	5	Acps		Fasy		Qu	
<i>Lepraria lobificans</i>	4	5		4	3	3	4	5	5	4	6	3			Fasy			
Melanelia glabratula	5	5	6	4	3	3							Acps		Fasy			
Micarea micrococca																	Qu	
<i>Parmelia sulcata</i>	7		6	3	5	4	7		6	3	5	7	Acps					
Phlyctis argena	5	5	4	3	5	3	5	5	4	3	4	5			Fasy			
Physcia adscendens	7	5	6	3	7	6	7		6	3	7	8			Fasy			
Physcia tenella	7		6	3	6	6	7		6	3	6	7			Fasy			
<i>Porina aenea</i>	3	6	2	4	5	3	3	6	4	4	5	4	Acps		Fasy			
Porina leptalea		7					3	7	2	4	5	4			Fasy			
Zeigerwert (Median, Pufferzone)	5,0	5,0	6,0	3,0	4,0	3,0	5,0	5,5	5,0	4,0	5,0	5,0						
Umgebung																		
<i>Anisomeridium polypori</i>		7					4	5	3	4	7	3						Rops
Bacidia arceutina							6	6	3	5	6	3		Cabe				
Chaenotheca chlorella																		Rops
<i>Chaenotheca trichialis</i>	3	5	5	4	4	3	3	5	5	4	4	2						Rops
Lecanora argentata	5	5	4	4	5	3	5	5	4	4	5	3		Cabe				

Flechtenfrequenzen 2010 gemäß EU-Protokoll (STOFER et al. 2003)

Plot#	Baum#	Code	N	O	S	W	SUM
1191	11911	dimpin	5	5	0	5	15
1191	11911	lecexp			1	3	4
1191	11911	leplob	5	5	4	5	19
1191	11911	leprig	0	0	1	0	1
1191	11912	artua			1		1
1191	11912	lecexp		1	5	3	9
1191	11912	leplob	1	3	1		5
1191	11912	poraen	5	5	5	5	20
1191	11913	buegri	1		1		2
1191	11913	lecexp		2		1	3
1191	11913	leplob	2				2
1191	11913	poraen	5			5	10
1191	11914	buegri			2		2
1191	11914	lecon			1		1
1191	11914	lecexp		4	3	2	9
1191	11914	lepinc	2	1			3
1191	11914	leplob	2				2
1191	11914	leprig				1	1
1191	11914	phlarg	1				1
1191	11915	lecexp		1			1
1191	11915	poraen	3			1	4
1191	11916	amapun	5	5		5	15
1191	11916	lecexp			5		5
1191	11916	lepinc		3	2		5
1191	11916	leplob	5			5	10
1191	11917	dimpin		1			1
1191	11917	lecexp	1			4	5
1191	11917	lepinc	1	1	1		3
1191	11918	lepinc				1	1
1191	11918	leplob		5			5
1191	11918	phlarg		1			1
1191	11919	dimpin		3			3
1191	11919	lecexp			5	2	7
1191	11919	lepinc	5		5	5	15
1191	11919	lepinc	2				2
1191	11919	leplob	5	5	4	5	19
1191	119110	lecexp		4			4
1191	119110	leplob			1		1
1191	119110	melgla	2				2
1191	119110	phlarg				2	2
1191	119110	phyten				1	1
1191	119111	lecon			2		2
1191	119112	artspa				1	1
1191	119112	dimpin	5		5		10

Plot#	Baum#	Code	N	O	S	W	SUM
1191	119112	lecexp		5	5		10
1191	119112	lepinc	5	5	5	2	17
1191	119112	leplob				5	5
1191	119112	porlep	2			2	4
1191	119113	parsul			1		1
1191	119113	phlarg			2		2
1191	119113	poraen			1		1
1191	119113	porlep			1		1
1191	119114	buegri			1		1
1191	119114	leccom		1			1
1191	119114	leplob	1				1
1191	119114	phlarg				1	1
1191	119114	poraen	5	5		5	15
1411	141120	biaeff	2			1	3
1411	141120	clacon	1				1
1411	141120	lecon			1		1
1411	141120	lepinc				1	1
1411	141120	lepjac	1		1	5	7
1411	141120	micmic			1		1
1411	141120	mycfuc		1			1
1411	141120	ochmic	1	1	2	4	8
1411	141120	paramb		1	1	4	6
1411	141120	parsax	2	4		4	10
1411	141120	peralb	1				1
1411	141120	plagla	5	4	5	5	19
1411	141120	psefur			1	3	4
1411	141121	biaeff	5	1		1	7
1411	141121	clacon			1		1
1411	141121	hypphy			1	3	4
1411	141121	lcdpul				1	1
1411	141121	lecon		1			1
1411	141121	mycfuc		2	1	1	4
1411	141121	ochmic				1	1
1411	141121	parsax		3			3
1411	141121	peralb		1			1
1411	141121	perama			3		3
1411	141121	plagla	5	5	4	5	19
1411	141121	plaicm			3		3
1411	141121	psefur			1		1
1411	141122	biaeff	3		2	3	8
1411	141122	buegri				2	2
1411	141122	clacon	1				1
1411	141122	hypphy	1			2	3
1411	141122	lecarg	1		1	2	4

Plot#	Baum#	Code	N	O	S	W	SUM
1411	141122	mycfuc			1	2	3
1411	141122	ochmic	2				2
1411	141122	parsax	2	3			5
1411	141122	peralb		2			2
1411	141122	perama	1	2	5	5	13
1411	141122	percoc	2		2	2	6
1411	141122	phlarg	2		1		3
1411	141122	plagla	5	5	5	5	20
1411	141122	plaicm			1		1
1411	141122	psefur	3			3	6
1411	141123	lcdpul				1	1
1411	141123	ochand	3				3
1411	141123	parsax	5	5	5	5	20
1411	141123	phlarg			1	2	3
1411	141123	plagla	4	3	5	3	15
1411	141124	biaeff	1				1
1411	141124	leprig	1			1	2
1411	141124	micmic				1	1
1411	141124	parsax	5	5	5	5	20
1411	141124	perama	2	1	5	5	13
1411	141124	phlarg	1				1
1411	141125	biaeff				1	1
1411	141125	buegri	1		1		2
1411	141125	lecarg			1		1
1411	141125	melgla				1	1
1411	141125	parsax	5	3	5	5	18
1411	141125	parsul			1		1
1411	141125	peralb	1				1
1411	141125	perama	4	3	4	5	16
1411	141125	phlarg	1	2	4	4	11
1411	141125	plagla	4	5	3	4	16
1411	141125	ramfar	1		1	1	3
1411	141126	biaeff	1		1		2
1411	141126	buegri			2	2	4
1411	141126	hypphy			1		1
1411	141126	hyptub	1	2	2		5
1411	141126	lcdpul	1			1	2
1411	141126	lecpul			1	1	2
1411	141126	leprig	1		2	1	4
1411	141126	mycfuc	1	1		1	3
1411	141126	ochmic			1	1	2
1411	141126	paramb				1	1
1411	141126	parsax	5	3	3	3	14
1411	141126	peralb				1	1
1411	141126	plagla	5	5	3	5	18
1411	141126	psefur			1	4	5
1411	141127	biaeff	2	1			3
1411	141127	clacon	1	1			2

Plot#	Baum#	Code	N	O	S	W	SUM
1411	141127	hypfar				1	1
1411	141127	hypphy	2		2	3	7
1411	141127	leprig	1		1	4	6
1411	141127	ochmic	1	1	3	3	8
1411	141127	paramb		1	2	1	4
1411	141127	parsax	1	4			5
1411	141127	peralb	2				2
1411	141127	plagla	5	5	5	5	20
1411	141127	plaicm				1	1
1411	141127	psefur	1		4	3	8
1411	141128	biaeff	1		1		2
1411	141128	clacon			2		2
1411	141128	hypphy				1	1
1411	141128	lcdpul			3		3
1411	141128	leccon				1	1
1411	141128	leprig	2				2
1411	141128	mcldis				3	3
1411	141128	mycfuc	1		1		2
1411	141128	ochmic	1			1	2
1411	141128	paramb			1	2	3
1411	141128	parsax		2	5		7
1411	141128	peralb	1			3	4
1411	141128	plagla	5	5	5	4	19
1411	141129	biaeff	1		3	3	7
1411	141129	buegri	1				1
1411	141129	grascr				2	2
1411	141129	leprac				1	1
1411	141129	leprig	2		1	5	8
1411	141129	parsax	2	5	3	2	12
1411	141129	phlarg	1		3	3	7
1411	141129	plagla	3	2	5	5	15
1411	141130	bacneo		1			1
1411	141130	biaeff	3		1		4
1411	141130	buegri				1	1
1411	141130	clacon		1			1
1411	141130	grascr			1		1
1411	141130	hypphy				1	1
1411	141130	lecarg			1	1	2
1411	141130	leccar				1	1
1411	141130	leprig	2			3	5
1411	141130	lopdis	5	2			7
1411	141130	mcbepi		1			1
1411	141130	melgla				1	1
1411	141130	parsax	5	5	5	5	20
1411	141130	perama	3	2	5	5	15
1411	141130	phlarg	1			3	4
1411	141130	plagla	1		2	1	4
1411	141130	plaicm		1			1

Plot#	Baum#	Code	N	O	S	W	SUM
1411	141130	ramfar				2	2
1411	141131	hypphy		1	1	4	6
1411	141131	lecccon			1		1
1411	141131	lecpul		3			3
1411	141131	lepjac	2	1	3	4	10
1411	141131	leprig	3	1		1	5
1411	141131	micmic	4	4			8
1411	141131	mycfuc	1	1			2
1411	141131	paramb			2		2
1411	141131	peralb	1	1			2
1411	141131	plagla	4	5			9
1411	141131	psefur	1	2	5	5	13
1500	15001	clafim	2				2
1500	15001	jamana	1				1
1500	15001	lecccom		1	1		2
1500	15001	Lepinc	3	1	1	1	6
1500	15001	melgla	1			1	2
1500	15001	micmic	1				1
1500	15001	phyten			1		1
1500	15001	poraen		2			2
1500	15002	clafim		1		4	5
1500	15002	hyprev	1				1
1500	15002	lecccom			1		1
1500	15002	lepinc	5	5	5	5	20
1500	15002	melgla		1	2	2	5
1500	15002	parsul			1		1
1500	15003	lecccom		1			1
1500	15003	lepinc	2			1	3
1500	15004	lecccon				2	2
1500	15004	lepinc	1				1
1500	15005	artspa	4				4
1500	15005	chafer	1	5	5		11
1500	15005	leccexp	5	5	5	5	20
1500	15005	lepinc	5	5	5	5	20
1500	15005	micmic				2	2
1500	15006	buegri	3	2	2		7
1500	15006	ledela				2	2
1500	15006	phyten				1	1
1500	15006	poraen	5	5	5		15
1500	15007	bacdel	2				2
1500	15007	buegri		1	1	3	5
1500	15007	felbou	4				4
1500	15007	jamana		1			1
1500	15007	lecccom			1	1	2
1500	15007	leccexp		1	1	2	4

Plot#	Baum#	Code	N	O	S	W	SUM
1500	15007	leplob	5	5	1		11
1500	15008	buegri	3				3
1500	15008	lecccom				1	1
1500	15008	leccexp	2				2
1500	15008	lepinc		1	1		2
1500	15008	leplob	5	1		1	7
1500	15008	poraen	5	5	5	5	20
1500	15009	buegri	3			3	6
1500	15009	lecccom	2		2		4
1500	15009	leplob		1			1
1500	15009	melgla			1		1
1500	15009	poraen	5		4	5	14
1500	15009	porlep	4				4
1500	150010	buegri	2	1		1	4
1500	150010	clafim	1	1			2
1500	150010	hypaftr	2				2
1500	150010	lecccom	1	2	4	1	8
1500	150010	leccexp		1			1
1500	150010	lepinc		1			1
1500	150010	leplob	1	1	2	1	5
1500	150010	melgla			1		1
1500	150010	phlarg				1	1
1500	150011	buegri	1			1	2
1500	150011	leccexp		4	1		5
1500	150011	leplob	3	5	5		13
1500	150011	poraen	5		3	5	13
1500	150011	porlep	2			1	3
1500	150012	buegri			1	3	4
1500	150012	clafim	1			2	3
1500	150012	jamana	3			5	8
1500	150012	leccexp		2			2
1500	150012	leplob	2	2			4
1500	150012	melgla				1	1
1500	150013	buegri			2		2
1500	150013	jamana	2				2
1500	150013	poraen	5	4	5	5	19
1500	150014	poraen		1			1
1500	150015	clafim	1				1
1500	150015	dimpin	1				1
1500	150015	hyprev	1				1
1500	150015	jamana	1				1
1500	150015	lecccom	1		3		4
1500	150015	lepinc	5	5	3	3	16

Frequenzen und Zeigerwerte Aalen und Schöнау 2009 und 2011

Frequenzen und Zeigerwerte 2009 (1190 Aalen-alt) und 2011 (1191Aalen-neu).

Datengrundlage: Frequenzbestimmung nach STOFER et al. (2003).

Artname	RE Wi.	Nitr.	KWA VDI	KWA NL	Zeigerwert n. Wirth (2010)						FRQSUM		mFRQSUM	
					Ln	Tn	Kn	Fn	Rn	Nn	2009	2011	2009	2011
Amandinea punctata	R	n			7		6	3	5	7		15	0,00	1,07
Arthonia didyma											3		0,20	0,00
Arthonia ruana			KV		3	6	2	4	5	3		1	0,00	0,07
Arthonia spadicea					2	6	3	4	4	3	4	1	0,27	0,07
Buellia griseovirens					4	5	5	4	5	4	4	5	0,27	0,36
Dimerella pineti					3	5	3	4	4	4	21	29	1,40	2,07
Graphis scripta					3	5	4	4	5	3	6		0,40	0,00
Jamesiella anastomosans				KN							2		0,13	0,00
Lecanora argentata					5	5	4	4	5	3	9		0,60	0,00
Lecanora compallens												1	0,00	0,07
Lecanora conizaeoides	R				7	5	5	3	2	5	5	3	0,33	0,21
Lecanora expallens	R				5	6	3	3	4	5	11	57	0,73	4,07
Lepraria incana	R				4	5	6	3	3	5	18	46	1,20	3,29
Lepraria lobificans	R				4	5	5	4	6	3	67	69	4,47	4,93
Lepraria rigidula	R				4	5	4	5	4	2		2	0,00	0,14
Melanelia glabratula					5	5	6	4	3	4	1	2	0,07	0,14
Micarea micrococca											19		1,27	0,00
Parmelia sulcata					7		6	3	5	7		1	0,00	0,07
Pertusaria albescens					6		6	3	6	6	8		0,53	0,00
Pertusaria amara					6		6	4	3	2	1		0,07	0,00
Pertusaria coccodes					6	5	3	4	5	6	15		1,00	0,00
Phlyctis argena					5	5	4	3	4	5	22	7	1,47	0,50
Physcia tenella		n			7		6	3	6	7		1	0,00	0,07
Porina aenea					3	6	4	4	5	4	81	50	5,40	3,57
Porina leptalea			KV	KN	3	7	2	4	5	4		5	0,00	0,36

Frequenzen und Zeigerwerte 2009 (1410 Schönau-alt) und 2011 (1411 Schönau-neu)
 Datengrundlage: Frequenzbestimmung nach STOFER et al. (2003).

Artname	RE Wi.	WA Wi.	KWA	Zeigerwert n. Wirth (2010)						FRQSUM		mFRQSUM		
				Ln	Tn	Kn	Fn	Rn	Nn	2009	2011	2009	2011	Diff.
Bacidia neosquamulosa			KV	5	6	2	5	5	6	0	1	0,00	0,08	0,08
Biatora efflorescens		A								20	38	1,43	3,17	1,74
Buellia griseovirens				4	5	5	4	5	4	8	10	0,57	0,83	0,26
Cladonia chlorophaea	R									7	0	0,50	0,00	-0,50
Cladonia coniocraea	R			5		6		4	3	13	8	0,93	0,67	-0,26
Dimerella pineti				3	5	3	4	4	4	2	0	0,14	0,00	-0,14
Graphis scripta				3	5	4	4	5	3	4	3	0,29	0,25	-0,04
Hypogymnia farinacea				6	4	6	7	3	2	0	1	0,00	0,08	0,08
Hypogymnia physodes				7		6	3	3	3	10	23	0,71	1,92	1,20
Hypogymnia tubulosa				7	5	5	3	5	4	4	5	0,29	0,42	0,13
Hypogymnia vittata				6	3	7	7	3	1	13	0	0,93	0,00	-0,93
Lecanora albella				5	5	3	4	5	2	3	0	0,21	0,00	-0,21
Lecanora argentata				5	5	4	4	5	3	3	7	0,21	0,58	0,37
Lecanora carpinea				6	5	6	3	5	4	0	1	0,00	0,08	0,08
Lecanora conizaeoides	R			7	5	5	3	2	5	0	4	0,00	0,33	0,33
Lecanora pulicaris				7	4	6	3	3	4	6	5	0,43	0,42	-0,01
Lecidea pullata										5	7	0,36	0,58	0,23
Lepraria incana	R			4	5	6	3	3	5	2	1	0,14	0,08	-0,06
Lepraria jackii	R									0	18	0,00	1,50	1,50
Lepraria lobificans	R			4	5	5	4	6	3	13	0	0,93	0,00	-0,93
Lepraria rigidula	R			4	5	4	5	4	2	0	32	0,00	2,67	2,67
Lopadium disciforme		A		4	4	5	7	3	2	0	7	0,00	0,58	0,58
Loxospora elatina				5	4	2	6	3	2	1	0	0,07	0,00	-0,07
Melanelia glabrata				5	5	6	4	3	4	5	2	0,36	0,17	-0,19
Micarea micrococca										0	10	0,00	0,83	0,83
Micarea prasina				3	4	4	4	4	4	11	0	0,79	0,00	-0,79
Microcalicium disseminatum		A								0	3	0,00	0,25	0,25
Mycobilimbia epixanthoides										0	1	0,00	0,08	0,08
Mycoblastus fucatus				5	4	3	4	3	3	2	15	0,14	1,25	1,11
Ochrolechia androgyna				5	4	6	7	3	3	8	3	0,57	0,25	-0,32
Ochrolechia microstictoides				5	4	5	6	2	2	2	23	0,14	1,92	1,77
Parmelia saxatilis				6		6	5	3	3	187	134	13,4	11,2	-2,19
Parmelia sulcata				7		6	3	5	7	0	1	0,00	0,08	0,08
Parmeliopsis ambigua				6	4	6	5	2	2	0	16	0,00	1,33	1,33
Pertusaria albescens				6		6	3	6	6	1	14	0,07	1,17	1,10
Pertusaria amara				6		6	4	3	2	140	60	10,0	5,00	-5,00
Pertusaria coccodes				6	5	3	4	5	6	11	6	0,79	0,50	-0,29
Phlyctis argena				5	5	4	3	4	5	25	29	1,79	2,42	0,63
Placynthiella icmalea	R			7		6	3	2	5	0	6	0,00	0,50	0,50
Platismatia glauca				7	4	6	5	2	2	191	174	13,7	14,5	0,86
Pseudevernia furfuracea				8	4	6	5	3	2	70	37	5,00	3,08	-1,92
Ramalina farinacea				6	5	6	4	5	4	7	5	0,50	0,42	-0,08
Usnea filipendula				7	4	6	6	3	2	13	0	0,93	0,00	-0,93
Usnea subfloridana				7	4	3	6	5	2	2	0	0,14	0,00	-0,14

Frequenzwerte Aalen-alt und Schönau-alt 2009 und 2011

Datengrundlage: Frequenzbestimmung nach STOFER et al. (2003) an jeweils identischen Dauerbeobachtungsbäumen.

1190 Aalen-alt, FRQSUM, 4 Bäume		
Code	2009	2011
dimpin		2
lecarg	1	
lecexp	3	2
lepinc	2	
leplib		3
melgla	1	
phlarg		11
poraen	17	16
porlep		5

1410 Schönau-alt, FRQSUM, 5 Bäume		
Artname	2009	2011
<i>Biatora efflorescens</i>	3	5
<i>Buellia griseovirens</i>	2	3
<i>Cladonia chlorophaea</i>	7	7
<i>Cladonia coniocraea</i>	7	7
<i>Graphis scripta</i>	3	3
<i>Hypogymnia physodes</i>	5	12
<i>Hypogymnia tubulosa</i>	2	2
<i>Hypogymnia vittata</i>	7	
<i>Lecanora albella</i>	3	
<i>Lecanora argentata</i>	1	5
<i>Lecanora carpinea</i>		2
<i>Lepraria incana</i>	2	2
<i>Lepraria lobificans</i>	6	10
<i>Lepraria rigidula</i>		3
<i>Lopadium disciforme</i>		1
<i>Melanelia glabratula</i>	4	3
<i>Micarea micrococca</i>		1
<i>Micarea prasina</i>	7	6
<i>Mycoblastus fucatus</i>		1
<i>Ochrolechia androgyna</i>	5	5
<i>Parmelia saxatilis</i>	71	72
<i>Pertusaria albescens</i>	1	2
<i>Pertusaria amara</i>	48	52
<i>Pertusaria coccodes</i>	4	4
<i>Phlyctis argena</i>	8	9
<i>Platismatia glauca</i>	62	66
<i>Pseudevernia furfuracea</i>	13	14
<i>Ramalina farinacea</i>	3	3
<i>Usnea filipendula</i>	4	5
<i>Usnea subfloridana</i>	2	

Flechtenfrequenzen an Dauerbeobachtungsbäumen 1986 bis 2009/11

Datengrundlage: Nachträgliche Frequenzbestimmung anhand gezeichneter Flechtenkonturen auf um die Dauerbeobachtungsbäume gelegten Schärpen aus Transparentfolie. Angegeben ist die mittlere Frequenzsumme für die jeweilige Flechtenart bezogen auf 100 Trägerbäume. Die Ergebnisse von 1500 Karlsruhe-Hardtwald aus dem Sommer 2011 sind mit den Daten der restlichen 30 Flächen von 2009 vereinigt. In den Jahren 1986, 1991, 1996, 2002 bzw. 2009/11 wurden 101, 93, 98, 120 bzw. 121 Dauerbeobachtungsbäume untersucht. Nitro, n, Nitrophyt gemäß VDI (2005); WA_Wirth, A bzw. (A), Flechtenart mit Bindung an historisch alte Wälder gemäß WIRTH et al. (2009).

Flechtenart	Indikatoreigenschaft			Mittlere Frequenzsumme * 100				
	Nitro	WA Wirth	KWA	Untersuchungsjahr				
				1986	1991	1996	2002	2009
<i>Acrocordia gemmata</i>				0	0	0	0,83	1,65
<i>Anisomeridium polypori</i>				0	0	0	0,83	13,22
<i>Arthonia didyma</i>				0	0	3,06	4,17	83,47
<i>Arthonia leucopellea</i>		A		0	0	0	0	2,48
<i>Arthonia radiata</i>				45,54	51,61	48,98	90,00	61,16
<i>Arthonia ruana</i>			KVN	0	0	9,18	10,00	1,65
<i>Arthonia spadicea</i>				0	0	0	5,83	7,44
<i>Arthonia vinosa</i>		(A)		0	0	8,16	11,67	4,13
<i>Arthopyrenia analepta</i>				0	0	0	7,50	61,16
<i>Bacidia neosquamulosa</i>			KVN	0	0	0	0	4,13
<i>Bacidia rubella</i>				0	0	2,04	0	8,26
<i>Bacidina delicata</i>				0	0	0	0	2,48
<i>Biatora chrysantha</i>				0	0	10,20	0	0
<i>Biatora efflorescens</i>		A		0	0	0	4,17	1,65
<i>Bryoria fuscescens</i>				12,87	7,53	0	2,50	0
<i>Buellia griseovirens</i>				0	33,33	34,69	55,00	43,80
<i>Candelariella xanthostigma</i>	n			0	3,23	2,04	0	0
<i>Cetrelia olivetorum</i>		A		0	0	0	3,33	0
<i>Chaenotheca chrysocephala</i>				7,92	1,08	0	25,83	7,44
<i>Chaenotheca ferruginea</i>				0	0	0	0	4,13
<i>Cladonia chlorophaea</i>				0	0	0	6,67	6,61
<i>Cladonia coniocraea</i>				5,94	7,53	4,08	13,33	6,61
<i>Cladonia digitata</i>				0	1,08	1,02	0	0
<i>Cladonia fimbriata</i>				0	0	0	2,50	4,96
<i>Cladonia polydactyla</i>				0	0	0	0	1,65
<i>Cladonia pyxidata</i>				5,94	0	1,02	0	0
<i>Cladonia sp.</i>				0	0	0	10,83	0
<i>Dimerella pineti</i>				0	0	8,16	0,83	5,79
<i>Evernia prunastri</i>				3,96	1,08	2,04	0	0
<i>Fellhanera viridisorediata</i>				0	0	0	0	20,66
<i>Flavoparmelia caperata</i>			KVN	3,96	3,23	6,12	0,83	0
<i>Graphis scripta</i>				124,75	186,02	253,06	308,33	269,42
<i>Hypocenomyce scalaris</i>				0	0	0	1,67	0
<i>Hypogymnia farinacea</i>				52,48	46,24	45,92	34,17	23,97
<i>Hypogymnia physodes</i>				392,08	251,61	196,94	150,00	73,55
<i>Hypogymnia tubulosa</i>				0	0	6,12	1,67	1,65
<i>Hypogymnia vittata</i>				0	0	0	0	5,79
<i>Imshaugia aleurites</i>				0	0	0	4,17	0,83
<i>Jamesiella anastomosans</i>			KVN	0	0	0	1,67	1,65
<i>Lecania naegelii</i>				0	0	0	0	0,83
<i>Lecanora albella</i>				0	0	0	0,83	2,48
<i>Lecanora argentata</i>				91,09	95,70	137,76	105,83	130,58

Flechtenart	Indikatoreigenschaft			Mittlere Frequenzsumme * 100				
	Nitro	WA Wirth	KWA	Untersuchungsjahr				
				1986	1991	1996	2002	2009
<i>Lecanora carpinea</i>				0	8,60	28,57	2,50	2,48
<i>Lecanora chlarotera</i>				10,89	0	27,55	16,67	3,31
<i>Lecanora compallens</i>				0	0	0	1,67	8,26
<i>Lecanora conizaeoides</i>				412,87	280,65	129,59	110,83	11,57
<i>Lecanora expallens</i>				0	2,15	26,53	61,67	10,74
<i>Lecanora hagenii</i>	n			2,97	0	0	0	0
<i>Lecanora intumescens</i>				15,84	8,60	18,37	14,17	7,44
<i>Lecanora pulicaris</i>				0	0	10,20	40,00	0,83
<i>Lecanora saligna</i>				3,96	0	0	0	0
<i>Lecanora symmicta</i>				5,94	0	0	0	0
<i>Lecidea nylanderii</i>				0	0	0	0	1,65
<i>Lecidella elaeochroma</i>				25,74	30,11	108,16	80,83	82,64
<i>Lecidella scabra</i>				0	0	0	5,83	0
<i>Lecidella subviridis</i>				0	0	0	24,17	30,58
<i>Lepraria incana</i>				123,76	134,41	238,78	82,50	61,16
<i>Lepraria jackii</i>				0	0	0	30,00	0
<i>Lepraria lobificans</i>				0	10,75	13,27	101,67	124,79
<i>Lepraria membranacea</i>				0	0	0	0	0,83
<i>Lepraria rigidula</i>				0	0	0	10,00	36,36
<i>Lepraria spec.</i>				0	0	0	43,33	0
<i>Loxospora elatina</i>				0	0	24,49	27,50	21,49
<i>Melanelia glabratula</i>				123,76	88,17	66,33	34,17	12,40
<i>Micarea cinerea</i>		A		0	0	0	0	3,31
<i>Micarea micrococca</i>				0	0	0	0	34,71
<i>Micarea prasina</i>				0	0	1,02	1,67	4,96
<i>Micarea sp.</i>				0	0	0	0,83	0
<i>Mycobilimbia epixanthoides</i>				0	0	0	2,50	3,31
<i>Mycoblastus fucatus</i>				10,89	16,13	47,96	26,67	25,62
<i>Mycoblastus sanguinarius</i>				0	0	2,04	0	0,83
<i>Naetrocymbe punctiformis</i>				0	0	0	0	0,83
<i>Normandina pulchella</i>				0	0	0	0,83	0,83
<i>Ochrolechia androgyna</i>				0	1,08	12,24	14,17	3,31
<i>Ochrolechia microstictoides</i>				0	0	0	7,50	2,48
<i>Opegrapha atra</i>				9,90	13,98	19,39	14,17	13,22
<i>Opegrapha varia</i>				0	1,08	0	3,33	3,31
<i>Opegrapha vermicellifera</i>			KVN	0	0	2,04	0	4,96
<i>Opegrapha viridis</i>			KVN	0	0	0	18,33	31,40
<i>Parmelia saxatilis</i>				47,52	29,03	64,29	78,33	54,55
<i>Parmelia sulcata</i>				109,90	81,72	34,69	8,33	2,48
<i>Parmeliopsis ambigua</i>				0,99	7,53	6,12	9,17	4,13
<i>Parmeliopsis hyperopta</i>				3,96	5,38	0	0	0
<i>Pertusaria albescens</i>				0	1,08	0	6,67	0,83
<i>Pertusaria amara</i>				43,56	39,78	38,78	50,00	33,06
<i>Pertusaria coccodes</i>				0	0	0	5,83	2,48
<i>Pertusaria coronata</i>				0	0	5,10	3,33	0
<i>Pertusaria flavida</i>		(A)		5,94	8,60	0	0	0
<i>Pertusaria hemisphaerica</i>		(A)		0	0	1,02	1,67	0
<i>Pertusaria hymenea</i>		A	KVN	0	0	0	0	0,83
<i>Pertusaria leioplaca</i>				26,73	41,94	89,80	75,00	39,67
<i>Pertusaria pertusa</i>				0	0	1,02	0	0
<i>Pertusaria pustulata</i>			KVN	0	1,08	1,02	1,67	4,13

Flechtenart	Indikatoreigenschaft			Mittlere Frequenzsumme * 100				
	Nitro	WA Wirth	KWA	Untersuchungsjahr				
				1986	1991	1996	2002	2009
<i>Pertusaria sp.</i>				0	5,38	1,02	0,83	0
<i>Phaeophyscia endophoenicea</i>	n		KVN	0	0	2,04	5,83	9,09
<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	n			0	0	0	2,50	0
<i>Phlyctis argena</i>				146,53	125,81	185,71	167,50	135,54
<i>Physcia tenella</i>	n			14,85	25,81	7,14	1,67	7,44
<i>Physciella chloantha</i>				0	0	0	0	2,48
<i>Platismatia glauca</i>				103,96	98,92	121,43	111,67	91,74
<i>Porina aenea</i>				0	0	20,41	121,67	203,31
<i>Porina leptalea</i>			KVN	0	0	5,10	11,67	45,45
<i>Pseudevernia furfuracea</i>				93,07	83,87	119,39	73,33	16,53
<i>Psilolechia clavulifera</i>				0	0	0	0	1,65
<i>Punctelia subrudecta</i>			KVN	1,98	0	0	0	0
<i>Pyrenula nitida</i>		(A)	KVN	13,86	11,83	12,24	11,67	4,96
<i>Pyrrhospora quereana</i>				0	0	0	0	12,40
<i>Ramalina farinacea</i>				2,97	2,15	1,02	3,33	2,48
<i>Ropalospora viridis</i>			KVN	0,99	0	0	0	0
<i>Scoliciosporum chlorococcum</i>				0	0	0	0	19,83
<i>Tuckermanopsis chlorophylla</i>				0	2,15	0	0	0
<i>Usnea filipendula</i>				32,67	20,43	24,49	10,83	5,79
<i>Usnea subfloridana</i>				0	0	0	0,83	1,65
<i>Xanthoria parietina</i>	n			0	0	0	0	0,83
Artenzahl insgesamt				38	43	56	78	87
Mittlere Frequenzsumme aller Arten an 100 Bäumen				2.143	1.877	2.299	2.406	2.118