Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss foresty journal = Journal forestier suisse

Herausgeber: Schweizerischer Forstverein

Band: 137 (1986)

Heft: 4

Artikel: Beziehung zwischen Fichtennadelanalyse und Flechtenflora im Thurgau

Autor: Hilfiker-Hengartner, Helen

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-765153

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 17.08.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen
Journal forestier suisse

137. Jahrgang April 1986 Nummer 4

Beziehung zwischen Fichtennadelanalyse und Flechtenflora im Thurgau

Von *Helen Hilfiker-Hengartner*
Kantonsforstamt Thurgau, CH-8500 Frauenfeld

Oxf.: 172.9:181.45:160.26:(494.31)

1. Flechten als Bioindikatoren

Flechten entstehen durch Symbiose eines Pilz- und eines Algenpartners. Der Pilz bildet Schutz- und Stützgewebe; die Alge assimiliert. Die Flechten besitzen weder Spaltöffnungen noch Cuticula und können daher Gasaustausch und Wasserhaushalt nicht regulieren. Sie besitzen nicht wie höhere Pflanzen Abwehrmechanismen gegen Gifte. So werden neben Nähr- auch Schadstoffe aus der Luft, aus Regenwasser, Tau oder Nebel aufgenommen. Da ein Ausscheidungssystem fehlt, werden toxische Substanzen im Flechtenkörper angereichert und können diesen bei höheren Konzentrationen schädigen. Flechten sind daher gegen Luftverschmutzung sehr empfindlich und warnen durch ihr Absterben frühzeitig vor Schäden (*B. W. Ferry*, 1973).

Schon 1866 beobachtete *Nylander*, dass sich die Flechten aus Städten und Industriegebieten immer weiter zurückzogen. In flechtenarmen Zentren ist auch die Artenvielfalt stark reduziert (B. W. Ferry, 1973; *V. Heidt*, 1978). Es gibt unter den Flechten sensiblere und resistentere Arten. In zahlreichen Untersuchungen wurden epiphytische (= baumbewohnende) Flechten als Bioindikatoren vor allem für SO_2-Luftverschmutzung, aber auch für andere Schadstoffe wie Fluorwasserstoff oder Schwermetalle eingesetzt (*Ph. Clerc*, 1979/1980; B. W. Ferry, 1973; V. Heidt, 1978; *P. Jürging*, 1975; *K. Laaksovirta*, 1979; *H. S. Richardson*, 1981; *L. Steubing*, 1982; *R. Türk*, 1978 und 1980; *S. Züst*, 1977).

2. Ziel der Arbeit

Die fortschreitende Erkrankung unserer Wälder zeigt, dass sich die Schadstoffbelastung heute nicht mehr bloss auf Städte und Industriezentren konzentriert, sondern auch ländliche Gebiete bedroht. Es ist naheliegend, Flechten auch als Bioindikatoren gegenüber der Luftverschmutzung, die als Ursache des

Waldsterbens gilt, zu testen, das heisst zu prüfen, ob in belasteten Gebieten eine Verarmung der Flechtenflora festzustellen ist (*W. Knabe*, 1981).

3. Untersuchung

3.1 Einflüsse auf den Flechtenbestand

Es ist bekannt, dass auf den Bestand der Flechtenflora neben schädlichen Immissionen verschiedenste natürliche Faktoren Einfluss haben, welche berücksichtigt werden müssen. Dazu gehören vor allem klimatische Bedingungen wie Licht, Feuchtigkeit und Temperatur, aber auch chemische und physikalische Eigenschaften der Baumrinde wie pH und Wasserhaltevermögen (*J. Müller*, 1981).

3.2 Untersuchungsstandorte

Anhaltspunkte über die Schadstoffbelastung im Thurgau besitzen wir aus den Sanasilva-Untersuchungen (*J. Bucher*, 1984; *E. Kaufmann*, 1984; *W. Landolt*, 1984).

Von 21 über den Kanton verteilten Standorten *(Abbildung 1)* sind Fichtennadelproben auf ihren Gehalt an F, Cl, S, Ca, Mg, K, Mn, Fe und Zn geprüft worden. Dabei wurden Schwefel, Chlor, Fluor und Eisen als Schadstoff-Leit-

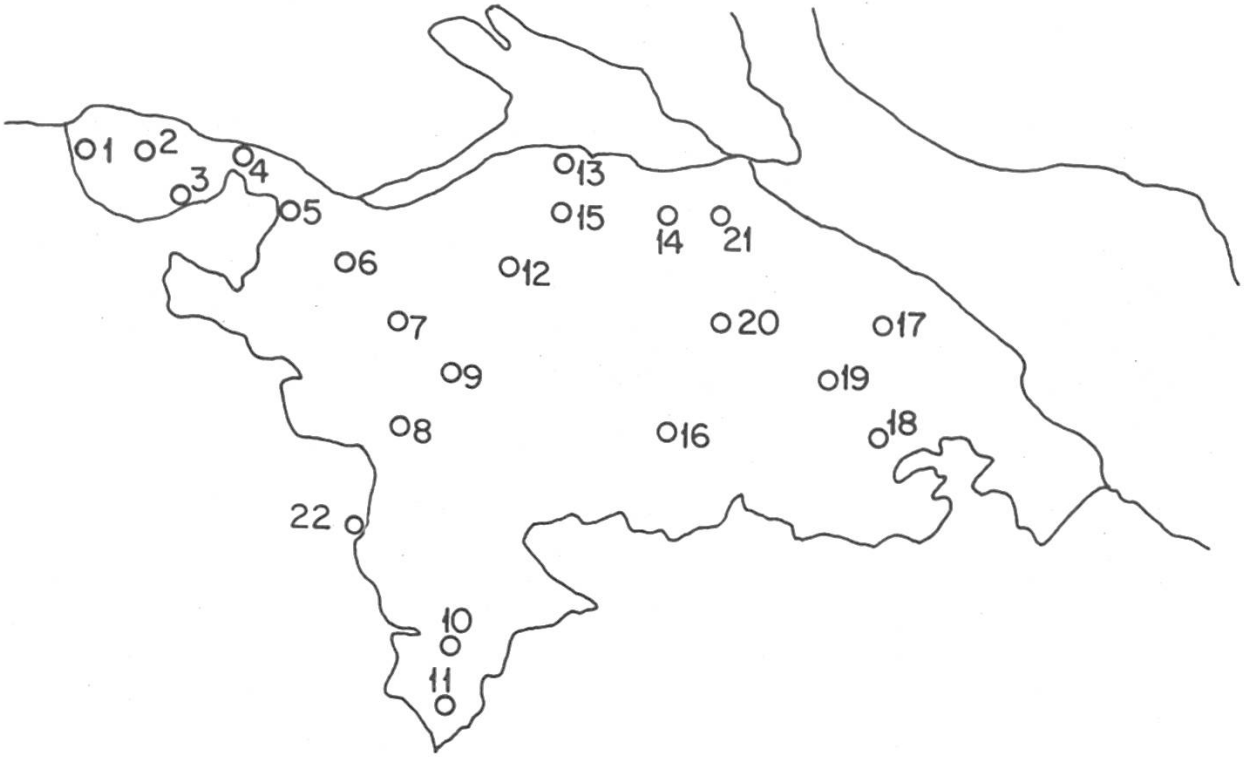

Abbildung 1. Sanasilva-Standorte der Fichtennadelanalyse im Thurgau.

komponenten erkannt, welche eine gesicherte Beziehung zu den Waldschäden zeigten. Auf diese Resultate nimmt die vorliegende Arbeit Bezug. Die Flechtenflora wurde in nächster Umgebung dieser Sanasilva-Standorte studiert, das heisst wenn möglich innerhalb eines Umkreises von 0,5 km. Topographisch durften nur Lagen einbezogen werden, bei denen lufthygienisch nicht abweichende Verhältnisse zum entsprechenden Sanasilva-Standort erwartet wurden.

Die Zusammensetzung einer Flechtenflora ist von der Meereshöhe abhängig. Diese liegt bei den untersuchten Standorten zwischen 450 bis 650 m. In diesem Bereich dürften die Flechtenvorkommen weitgehend vergleichbar sein.

3.3 Untersuchungsmethoden

Für die Bioindikation mit Flechten haben sich verschiedene Methoden bewährt. Zwei davon werden in der folgenden Arbeit angewendet.

1. Die Artenvielfalt ist ein guter Anzeiger für den lufthygienischen Zustand. Bei zunehmender Belastung sterben viele Flechten, zuerst die empfindlichen, dann auch die widerstandsfähigen Arten.
2. Mit der Flechtendeckung an den Stämmen erfasst man Einflüsse auf das Wachstum der verschiedenen Flechtenarten.

Die üblichen Methoden konnten allerdings nicht unverändert übernommen werden. In vielen Arbeiten, in denen Flechten als Bioindikatoren eingesetzt werden, sind die Emissionsquellen bekannt; oft existieren Hinweise über die Art der wichtigsten Schadstoffe. Vielfach sind Vergleiche mit unbelasteten (respektive viel weniger belasteten) Gebieten möglich. Bei unserer Problemstellung weiss man lediglich, dass die Wälder durch den Einfluss von Schadstoffen gefährdet sind. Über deren Art, Wirkung und Herkunft gibt es jedoch weit mehr offene als gelöste Fragen. Keine Gegend kann als unbelastete Kontrolle (Normalzone) definiert werden. Damit sind die untersuchten Gebiete nur untereinander vergleichbar, das heisst, man kann sie in bessere und schlechtere Gruppen einteilen.

Meistens wird der Flechtenbewuchs an freistehenden Bäumen erfasst. Dadurch wird der Einfluss mikroklimatischer Umweltbedingungen vermindert. Im Thurgau, einem stark landwirtschaftlich genutzten Gebiet, ist jedoch die Anzahl geeigneter freistehender Bäume zu gering. Flurbäume sind im Interesse maschineller Bewirtschaftung des Kulturlandes vielerorts gefällt worden. Die Flechtenflora der wenigen in Ackerbaugebieten übrig gebliebenen Flurbäume kann durch vom Wind verwehte Spritz- und Düngemittel beeinflusst werden. Obstbäume werden oft gespritzt, sind somit für die Untersuchung ungeeignet. Stehen Bäume auf Viehweiden, so reiben sich die Tiere gern an deren Stämmen und schädigen damit mechanisch die Flechtenflora. Bei den äusserst langsam wachsenden, langlebigen Flechten können Schädigungen auch aus weit zurückliegender Zeit noch wirksam sein. Darum wäre es wenig erfolgversprechend,

für jeden Sanasilva-Standort die nächstgelegenen freistehenden Bäume zu untersuchen.

In der vorliegenden Arbeit, welche sich auf Waldgebiete bezieht, wurde die Flechtenflora an Bäumen des Waldrandes studiert. Damit fallen die bei Flurbäumen erwähnten Probleme weniger ins Gewicht, dafür sind aber die sehr unterschiedlichen mikroklimatischen Einflüsse zu berücksichtigen. Voruntersuchungen zeigten, dass im Waldesinnern der untersuchten Gegend die Flechtenflora vielerorts sehr reduziert ist. Dafür können Luftschadstoffe, aber auch andere, zum Beispiel forstwirtschaftliche oder mikroklimatische Einflüsse verantwortlich sein. An Waldrändern dagegen trifft man im allgemeinen noch auf üppigeren Flechtenbewuchs. Zur Erfassung der Artenvielfalt sind darum Bäume an Waldrändern geeignet.

In die Untersuchung wurden mehrere Baumarten einbezogen und je Baumart die mit Flechten am besten bewachsenen Stämme ausgewählt. Auf diese Weise konnten die naturgegebenen unterschiedlichen Umwelteinflüsse etwas ausgeglichen werden, denn Stellen mit flechtenfeindlichem Mikroklima wurden automatisch ausgeschaltet (zum Beispiel Bäume, welche Lichtmangel durch Unterholz, Kletterpflanzen oder tiefstehende Äste aufweisen; aber auch Stämme mit dichtem Moosbelag kamen nicht in die Auswahl). Dasselbe gilt für Orte mit lokal beschränkten menschlichen Einflüssen (benachbarte Bauernhöfe, angrenzende Obst- und Rebanlagen usw.). Die Annahme, dass unter der grossen Anzahl an Waldrandbäumen stets solche mit ungestörten Bedingungen für Flechten zu finden sind, wird in der folgenden Arbeit durch die gute Übereinstimmung der Flechtenbewertung in geographisch zusammenhängenden Räumen bestätigt. Auch Knabe (1981) hat in Nordrhein-Westfalen mit Erfolg den Flechtenbewuchs der 3 bestbewachsenen Bäume je Baumart aufgenommen und ihn mit der Schadstoffbelastung seines Untersuchungsgebietes verglichen.

Zur Beurteilung der Flechtenflora jedes thurgauischen Sanasilva-Standortes wurden die an den Untersuchungsbäumen vorkommenden Flechtenarten registriert und damit die Artenvielfalt erfasst. Für jede vorkommende Flechtenart wurde zudem der Deckungsgrad (bewachsene Fläche/Untersuchungsfläche am Trägerbaum) grob geschätzt und mit Noten punktiert (= Deckungsnoten).

3.4 Auswahl der Trägerbaumarten

Das Substrat, auf dem Flechten gedeihen, in unserem Fall die Baumrinde, hat Einfluss auf den Flechtenbestand. Chemische und physikalische Eigenschaften der Borke (wie pH, Nährstoffgehalt, Wasserhaltevermögen, Oberflächenstruktur usw.) beeinflussen das Flechtenwachstum direkt. Hingegen können gewisse Stoffe der Borke als Puffersysteme eine schädliche Wirkung vor allem saurer Immissionen vermindern.

Verschiedene Flechten bevorzugen bestimmte Baumarten. Um möglichst viele Flechtenarten zu erfassen, wurden mehrere Baumarten als Trägerpflanzen in die Untersuchung einbezogen, nämlich die am häufigsten vorkommenden Laubbäume und Koniferen: Eiche, Esche, Buche, Ahorn, Fichte, Tanne, Föhre und Lärche.

3.5 Exposition der Trägerbäume

Die Bestandesaufnahme der epiphytischen Flechtenarten wurde an Waldrändern durchgeführt. Deren Exposition spielt eine wesentliche Rolle.

Von Flurbäumen weiss man, dass die nach Osten gerichtete Stammseite meist geringere Flechtendeckung aufweist (ungünstige Feuchtigkeitsverhältnisse). Entsprechend wurde an ost-exponierten Waldrändern allgemein ein geringeres Flechtenvorkommen beobachtet. Die Untersuchung wurde daher auf S–W–N orientierte Lagen beschränkt. Damit waren auch die nach Sanasilva-Umfrage (Kaufmann, 1984) vermehrt geschädigten Waldpartien erfasst. Durch getrennte Beobachtung der S- bis W- und der N- bis W-Exposition wurden die unterschiedlichen Lichtverhältnisse berücksichtigt.

3.6 Erfassung und Beurteilung des Flechtenbestandes

Sowohl an N- bis W- als auch an S- bis W-exponierten Waldrändern wurden je untersuchte Baumart die 3 mit Flechten am besten bewachsenen Bäume ausgewählt. Auf Stammhöhe zwischen 0,5 bis 2,5 m wurde am bestbewachsenen Stammdrittel der Flechtenbewuchs aufgenommen. Die vorkommenden Flechtenarten wurden identifiziert, wenn nötig Proben genommen und nach den Schlüsseln von *Wirth* (1980) und *Pölt* (1968, 1977, 1981) bestimmt.

Der Deckungsgrad jeder Flechtenart wurde wie folgt geschätzt und punktiert:

Deckungsnoten:	0	=	keine Flechten
	1	=	vereinzelte Flechten (Anzahl < 5)
	2	=	Deckungsgrad < 10 % (Anzahl > 5)
	3	=	Deckungsgrad 10–50 %
	4	=	Deckungsgrad > 50 %

3.7 Auswertungsmethoden

Bei der Auswertung der Daten wurden die üblichen statistischen Methoden verwendet. Wichtige Aussagen wurden getestet (Korrelation, Rangkorrelation nach Spearman) und mit der Irrtumswahrscheinlichkeit das Testergebnis mitgeteilt.

Der Median entspricht dem zentralen Wert der nach Grösse geordneten Stichproben.

Die Korrelation r gibt die Stärke der Beziehung zwischen Merkmalen an (*Linder, A.*, 1960).

Die Rangkorrelation nach Spearman gibt die Stärke der Beziehung zwischen den Merkmalen an, deren Werte rangiert sind (*Wiss. Tab.* 1980).

Die Werte der Korrelationen (r, R) liegen zwischen −1 (maximale negative Beziehung) und +1 (maximale positive Beziehung).

Die Irrtumswahrscheinlichkeiten werden wie folgt bezeichnet:

° = Korrelation nicht gesichert
* = Korrelation gesichert mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit ≤ 5 %
** = Korrelation gesichert mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit ≤ 1 %
*** = Korrelation gesichert mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit ≤ 0,1 %

4. Auswertung und Ergebnisse

4.1 Untersuchungsbedingungen und Sanasilva-Standorte

Nicht alle Sanasilva-Standorte wiesen im Umkreis von 0,5 km geeignete Waldränder auf (zum Beispiel bei sehr grossen Wäldern). An solchen Standorten wurde eine grössere Distanz bis maximal 1 km eingeräumt, wenn dort lufthygienisch nicht abweichende Verhältnisse zu erwarten waren. Von den 21 thurgauischen Punkten entsprachen 18 den an das Untersuchungsgebiet gestellten Anforderungen (3.1). Punkt 11 bei Fischingen lag oberhalb der festgesetzten Meereshöhe; die Punkte 4 und 8 wiesen in der Umgebung nicht die geeigneten Waldränder auf. Zusätzlich wurde ein bei Aadorf auf der Zürcher Grenze gelegener Punkt 22 miteinbezogen.

4.2 Zusammenstellung der im Thurgau gefundenen Flechtenarten

Alle bei der Untersuchung gefundenen Flechtenarten sind in *Tabelle 1* zusammengestellt. Vereinzelt oder nur verkümmert auftretende Exemplare sind nicht aufgeführt. Zu jeder Flechtenart werden aus Wirth (1980) einige für die Untersuchung wesentliche Merkmale notiert: die Höhenstufen des natürlichen Verbreitungsgebietes, die Substratansprüche betreffend pH und Nährstoffgehalt und die Empfindlichkeit gegenüber Schadstoffen. Aus dieser Tabelle erkennt man sofort die allfällige Begrenzung einer Flechte durch die Meereshöhe innerhalb des Untersuchungsgebietes. Die Tabelle ermöglicht auch eine Gruppierung der Flechten in acidophile, eutrophierungsempfindliche Arten und in neutrophile, eutrophierungstolerante Arten.

Die Reihenfolge in der Aufstellung erfolgt nach Wuchsformen und Gattungen. Im allgemeinen sind die vom Substrat abstehenden Strauchflechten am empfindlichsten gegenüber Umwelteinflüssen. Die locker angehefteten Blattflechten sind meistens empfindlicher als Krustenflechten, welche mit dem Substrat verwachsen sind. Von dieser allgemeinen Regel weichen allerdings verschiedene Arten ab. Im noch freien Spielraum werden Gattungen und Arten nach ihren Substratansprüchen bezüglich pH und Nährstoffen geordnet.

Im Text wird acidophil, eutrophierungsempfindlich (säureliebend, nährstoffempfindlich) respektive neutrophil, eutrophierungstolerant (mässig saure bis neutrale Substrate bevorzugend, nährstofftolerant) einfachheitshalber meistens mit acidophil respektive neutrophil bezeichnet.

4.3 Die Artenvielfalt der Flechten

Es ist bekannt, dass in schadstoffbelasteten Gebieten die Flechtenflora verarmt (P. W. Ferry, 1973; K. Laaksovirta, 1979). In schwerbelasteten Gebieten kann sie auf wenige resistente Arten reduziert werden. *Woelm* (1983) fand in Tecklenburg (Westfalen), dass viele Flechten, die laut alten Arbeiten im 19. Jahrhundert verbreitet waren, heute selten bis ausgestorben sind oder nur noch in Kümmerformen existieren.

In unserer Arbeit wird die Anzahl Flechtenarten ermittelt, welche bei der Untersuchung jedes Sanasilva-Standortes gefunden wurden. Vereinzelt oder verkümmert auftretende Arten werden nicht mitgezählt. Der Mittelwert aus den Deckungsnoten muss mindestens auf einer Baumart in einer Exposition 1 betragen (vergleiche Kapitel 4.4). Acidophile, eutrophierungsempfindliche und neutrophile, eutrophierungstolerante Flechtenarten werden getrennt registriert. Die Anzahl gefundener Flechtenarten wird für jeden Sanasilva-Standort mit den Ergebnissen der Fichtennadelanalyse (J. B. Bucher, 1984; W. Landolt, 1984) verglichen und die Korrelationen werden berechnet. Die Ergebnisse sind in *Tabelle 2* zusammmengestellt. Vergleicht man die Anzahl sämtlicher Flechtenarten, so ist keine Beziehung zu den Schadstoff-Leitkomponenten S, Cl, F, Fe der Fichtennadelanalyse festzustellen. Behandelt man aber acidophile und neutrophile Flechtenarten getrennt, so ergibt sich zwischen dem Eisengehalt der Fichtennadeln und der Anzahl acidophiler Flechtenarten eine gesichert negative Korrelation. Zur Anzahl neutrophiler Flechenarten ist sie gesichert positiv. Die Irrtumswahrscheinlichkeit beträgt in beiden Fällen 5 %. Betrachtet man lediglich die Grossflechten (Strauch- und Blattflechten), so ergibt sich ebenfalls eine gesichert negative Korrelation der Anzahl acidophiler Arten mit dem Eisengehalt der Fichtennadeln bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 %. Die neutrophile Flechtengruppe zeigt keine gesicherte Beziehung.

Eine gesichert negative Korrelation weist die Anzahl neutrophiler, eutrophierungstoleranter Flechtenarten zum Zinkgehalt der Fichtennadeln auf,

Tabelle 1. Flechtenarten der untersuchten Stämme und Verbreitungsmerkmale nach Wirth.

Flechtenarten	*Höhenstufe*					*Substratansprüche pH*					*Nährstoffe*				*Schadstoffe Toleranz*	
						sauer			*basisch*		[2]*nitrophytisch*					
	1	2	3	4	5	s	z	m	n	m	a	m	z	s	e	t
Strauchflechten																
Cladonia coniocraea							x	x			x	x				
fimbriata	x	x	x	x			x	x	x		x	x				
Pseudevernia furfuracea	x	x	x	x	x	x	x				x				x	
Evernia prunastri	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x			x	
Ramalina pollinaria	x	x	x				x	x			x	x	x		x	
farinacea	x	x	x	x	x		x	x			x	x				
fastigiata		x	x					x	x		x	x	o		x	
Anaptychia ciliaris	x	x	x	x					x			x	o	o		
Blattflechten																
Hypogymnia physodes	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x				x
Parmeliopsis ambigua		x	x	x	x	x	x	x			x					x
Platismatia glauca	x	x	x	x	x	x	x				x					
Parmelia perlata	x	x					x	x			x					
caperata	x	x	x				x	x			x				x	
subrudecta	x	x					x	x			x				x	
subaurifera		x	x	x		x	x				x					
glabratula	x	x	x	x		x	x	x			x	x				
sulcata	x	x	x	x			x	x	x		x	x	x			x
exasperatula	x	x	x	x			x	x	x				x			
scortea	x	x	x					x	x			x	x			
subargentifera	x	x	x						x	x			x	o		
Physcia ascendens+ tenella	x	x	x	x	x			x	x	x		x	x	x		x
orbicularis	x	x	x	x	x			x	x	x			x	x		x
Physiconia perisidiosa	x	x	x					x	x			x	x			
pulverulenta	x	x	x					x	x			x	x			
Xanthoria parietina	x	x	x	x					x	x		x	x			x
Candelaria concolor	x	x	x						x			x	x	o	x	
Krustenflechten																
a) Discocarpe																
Buellia punctata	x	x	x	x		x	x	x			x	x	x			x
Catillaria globulosa	x	x	x	x			x	x			x	x				
Lecanora pulicaris	x	x	x	x	x	x	x				x					
pallida	x	x	x					x			x					
carpinea	x	x	x	x	x			x			x	x				x
subfuscata+ subrugosa	x	x	x	x				x			x					
chlarotera	x	x	x	x				x	x		x	x	x			
Lecidella elaeochroma	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x	x	o		
Bacidia rubella	x	x	x					x	x			x				
b) Coniocarpe																
Chaenotheca ferruginea	x	x	x	x		x					x				x	
chrysocephala	x	x	x	x		x	x				x					
c) Lirellocarpe																
Arthonia cinnabarina	x	x	x				x				x					
radiata	x	x	x	x	x		x	x	x		x					x
Graphis scripta	x	x	x	x	x			x			x					
Opegrapha atra	x	x	x					x			x					

Flechtenarten	Höhenstufe					Substratansprüche pH					Nährstoffe				Schadstoffe Toleranz	
						sauer			basisch		[2]nitrophytisch					
	1	2	3	4	5	s	z	m	n	m	a	m	z	s	e	t
Sterile																
[1]*Pertusaria leioplaca+ leucostoma*	x	x	x					x			x					
amara	x	x	x	x		x	x	x			x					
albescens	x	x					x	x	x			x	x			
coccodes	x	x	x					x			x	x				
Hypocenomyce scalaris	x	x	x			x	x				x					x
Lepraria candelaria	x	x	x	x	x	x	x	x			x					
Phlyctis argena	x	x	x	x		x	x	x			x	x				
Candelariella xanthostigma	x	x	x	x			x	x	x		x	x	x			x
Normandia pulchella	x	x	x	x				x	x		x	x				

x = zutreffend
o = bezieht sich auf Mineralstoffe, Staub
[1] = fertil, aber unter Pertusaria aufgeführt
[2] = nitrophytisch bezieht sich bei *Wirth* (1980) auf die Reaktion der Flechten gegenüber Nährstoffversorgung durch Eutrophierung

Höhenstufen
1 = kollin
2 = submontan
3 = montan
4 = hochmontan
5 = subalpin

Substratansprüche
a = a– (nicht)
m = mässig
z = ziemlich
s = sehr
n = subneutral

Schadstofftoleranz
e = empfindlich
t = tolerant

Tabelle 2. Korrelation (r) zwischen der Anzahl Flechtenarten und den Elementgehalten der Fichtennadelanalyse.

Elemente der Fichtennadelanalyse	Anzahl Wertepaare	Alle Flechtenarten	Acidophile Arten: Strauch- und Blattflechten	Acidophile Arten: Strauch- und Blatt- und Krustenfl.	Neutrophile Arten: Strauch- und Blattflechten	Neutrophile Arten: Strauch- und Blatt- und Krustenfl.
		r	r	r	r	r
Fe	18[1]	−0,169°	−0,512*	−0,568*	+0,392°	+0,494*
S	19	+0,170°	+0,338°	+0,225°	−0,036°	−0,052°
Cl	19	+0,109°	+0,028°	+0,011°	+0,108°	+0,122°
F	19	+0,269°	+0,242°	+0,369°	−0,045°	−0,099°
Ca	19	–	−0,017°	−0,042°	+0,076°	−0,048°
Mg	19	–	+0,363°	+0,274°	−0,048°	−0,154°
K	19	–	−0,113°	−0,311°	+0,404°	+0,429°
Mn	19	–	+0,060°	−0,119°	+0,231°	+0,209°
Zn	19	–	−0,424°	−0,190°	−0,027°	−0,012°
Zn	18[2]	–	−0,035°	+0,219°	−0,536*	−0,603**

[1] Ein Sanasilva-Punkt (6) wurde als Ausreisser ausgeschieden, weil die Eisenwerte der beiden Fichtenproben extrem verschieden sind.
[2] Berechnung der Korrelation nach Ausschluss eines Punktes (9) mit sehr hohem Zinkgehalt; im Gebiet steht eine Verzinkerei.

Irrtumswahrscheinlichkeit siehe 3.7

wenn der sehr hohe Wert bei Punkt 9 ausgeschlossen wird. Dieser ist als Verunreinigung aus der nahegelegenen Verzinkerei erklärbar.

Die übrigen Elemente der Fichtennadelanalyse zeigen keine gesicherten Korrelationen zur Anzahl acidophiler oder neutrophiler Flechtenarten.

4.4 Die Deckungsnoten einzelner Flechtenarten

Nachdem für die Artenvielfalt acidophiler Flechten eine Beziehung zur Immissionsleitkomponente Eisen nachgewiesen ist, interessiert auch das Wachstumsverhalten der einzelnen Flechtenarten. Dieses wird über die Deckungsnoten an den verschiedenen Trägerbaumarten erfasst. Berechnet wird für jede Flechtenart der Mittelwert der Deckungsnoten auf den drei je Baumart untersuchten Stämmen der Waldexpositionen S bis W sowie N bis W. Für nicht zu selten auftretende Flechten kann eine Rangfolge aufgestellt werden. Diese lässt sich mit den rangierten Werten der Fichtennadelanalyse vergleichen. Die Beziehungen werden nach dem Spearmanschen Rangkorrelationstest geprüft (Wiss. Tab., 1980).

Wiederum ist es der Eisengehalt der Fichtennadeln, der mit dem Wachstumsverhalten einiger Flechtenarten eine gesicherte Beziehung zeigt. Wie aus *Tabelle 3* ersichtlich sind es die Flechten *Evernia prunastri, Hypogymnia physodes* und *Parmelia caperata*. Nach Wirth (1980) handelt es sich um acidophile, eutrophierungsempfindliche Flechten. Jürging (1975), welcher Flechten im Umkreis bekannter freistehender Emissionsquellen studiert hat, stellt sie in seiner Resistenzreihe zu den empfindlichsten gegenüber Staubemissionen.

Mit dem Zinkgehalt der Fichtennadeln zeigt *Parmelia scortea* in bezug auf ihre Deckungsnoten eine gesicherte Rangkorrelation.

4.5 Einfluss der Trägerbäume

Das Substrat, auf dem Flechten gedeihen, in unserem Fall die Baumborke, zeigt zwischen den Baumarten grosse Unterschiede. Sie spielt für die Flechtenentwicklung eine wichtige Rolle. Bei der folgenden Untersuchung wird das Vor-

Tabelle 3. Spearmansche Rang-Korrelation (R) zwischen Flechtendeckung und Eisengehalt sowie Zinkgehalt der Fichtennadeln.

Flechtendeckung	*Eisengehalt der Fichtennadeln*	*Zinkgehalt der Fichtennadeln*	*N*
	R	R	
Evernia prunastri	−0,681**	+0,301°	18
Hypogymnia physodes	−0,569*	+0,257°	18
Parmelia caperata	−0,542*	+0,336°	18
Parmelia scortea	+0,432°	−0,483*	18

Irrtumswahrscheinlichkeit siehe 3.7

kommen von Flechtenarten nach Baumarten getrennt erfasst und das Verhalten bei hohen und niederen Eisenwerten der Fichtennadelanalyse untersucht. Dazu werden die 19 Sanasilva-Standorte in 2 Gruppen aufgeteilt. Gruppe A umfasst die Standorte mit 78 und weniger, Gruppe B mit mehr als 78 mg Eisen pro kg Fichtennadeln. Dieser Wert entspricht dem Median im Thurgau. Innerhalb der Gruppe A respektive B wurde für jede Baumart die durchschnittliche Artenzahl an Grossflechten (Strauch- und Blattflechten) berechnet. Acidophile und neutrophile Flechtenarten wurden getrennt behandelt. Die Resultate sind in *Abbildung 2* dargestellt. Die Weisstanne wurde bei dieser Untersuchung weggelassen, weil sie in zu vielen Gebieten fehlte.

Die durchschnittliche Artenzahl acidophiler Grossflechten ist bei Gruppe A (deren Sanasilva-Standorte einen Eisengehalt der Fichtennadeln unter dem Median aufweisen) auf allen Baumarten grösser als bei Gruppe B. Bei neutrophilen Flechten findet man keinen markanten Unterschied.

Eine weitere Untersuchung nach Baumarten getrennt gilt den Deckungsnoten jener Flechtenarten, deren Wachstumsfreudigkeit mit dem Eisengehalt der Fichtennadeln korreliert ist. Wiederum werden die Sanasilva-Standorte der Gruppe A mit jenen der Gruppe B verglichen. Innerhalb jeder Gruppe werden alle untersuchten Stämme derselben Baumart zusammengefasst und der Mittel-

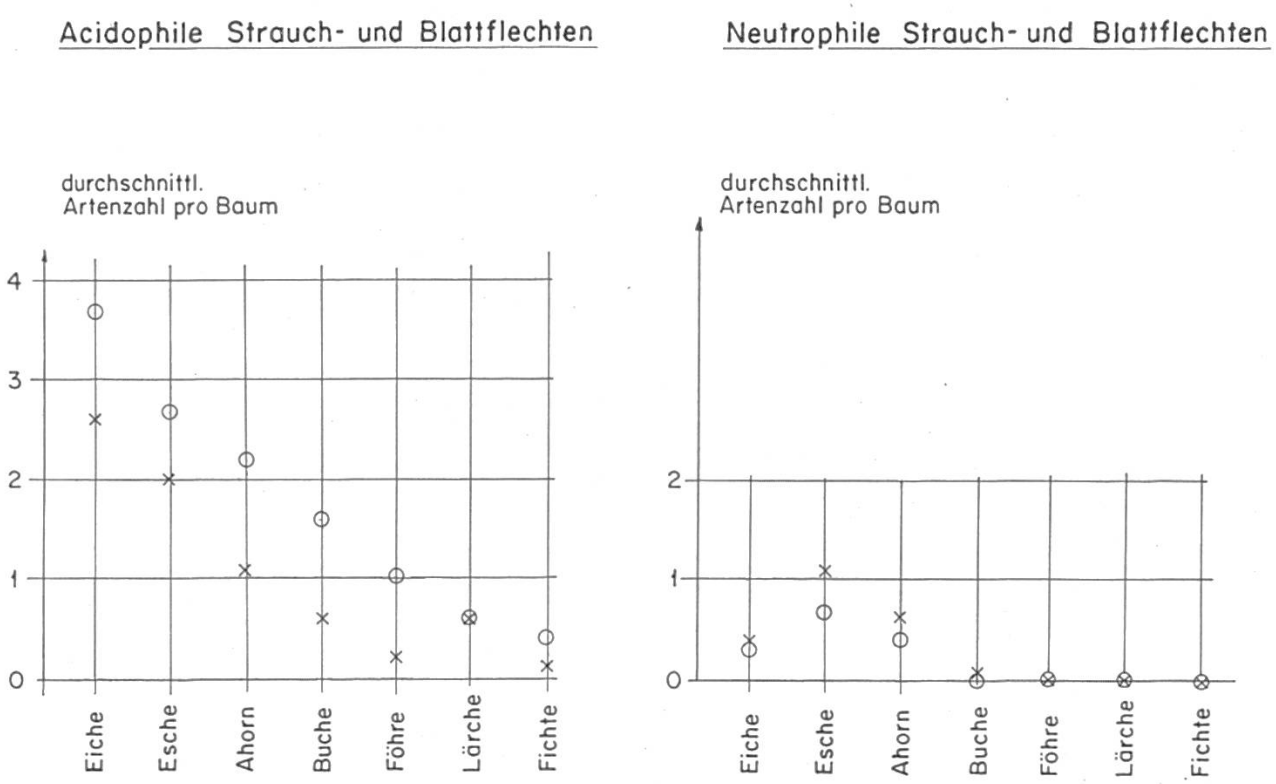

Abbildung 2. Durchschnittliche Anzahl Strauch- und Blattflechten auf verschiedenen Trägerbäumen.

Bäume von Sanasilva-Standorten mit einem Eisengehalt von
o ≤ 78 mg Fe/kg Fichtennadel-Masse Gruppe A
x > 78 mg Fe/kg Fichtennadel-Masse Gruppe B

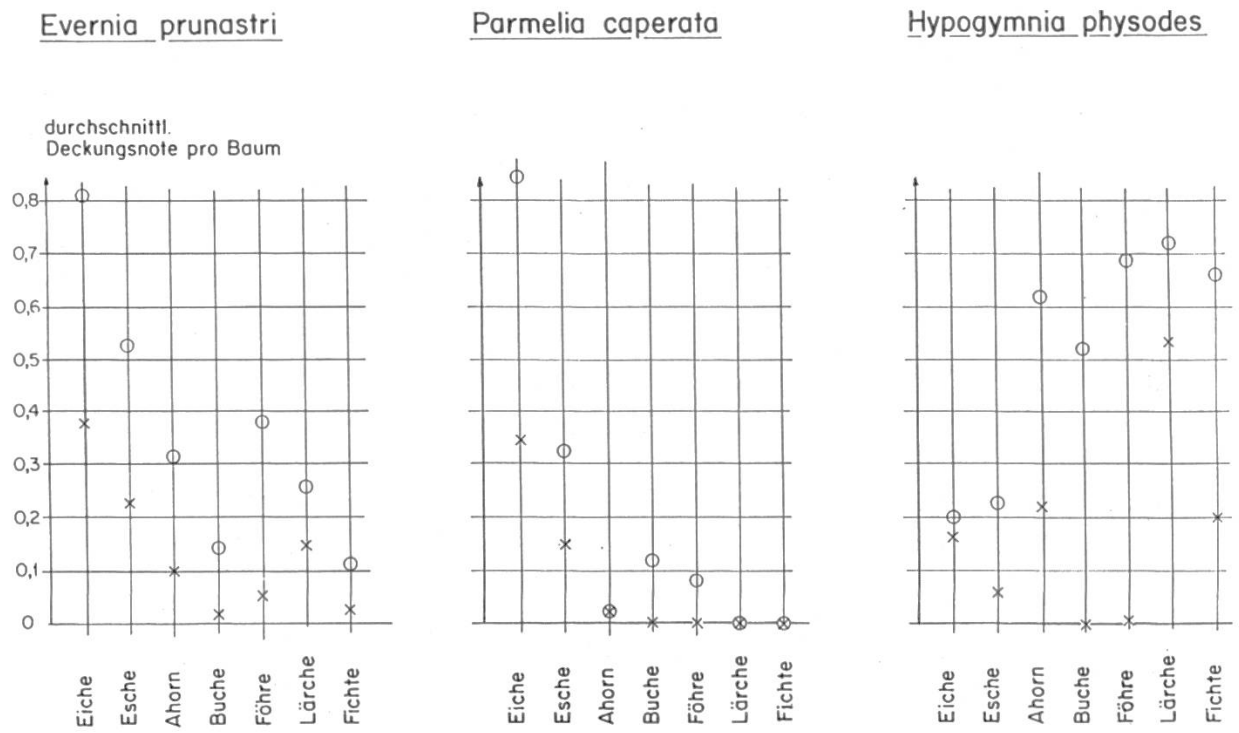

Abbildung 3. Durchschnittliche Deckungsnote einiger Flechten auf verschiedenen Trägerbäumen.

Bäume von Sanasilva-Standorten mit einem Eisengehalt von
o ≤ 78 mg Fe/kg Fichtennadel-Masse Gruppe A
x > 78 mg Fe/kg Fichtennadel-Masse Gruppe B

wert der Deckungsnoten für jede Flechtenart berechnet. In *Abbildung 3* sind die Ergebnisse dargestellt. Die Notendurchschnitte der Gruppe A (mit Eisengehalten der Fichtennadeln unter dem Median) übertreffen für die drei dargestellten Flechten auf sämtlichen untersuchten Baumarten jene der Gruppe B.

Aus *Abbildung 3* ist zudem ersichtlich, dass je nach Flechtenart andere Baumarten bevorzugt werden. Es ist also zweckmässig, mehrere Trägerbaumarten zu untersuchen, wenn möglichst viele Flechtenarten erfasst werden sollen.

4.6 Geographische Lage und Flechtenwerte

Um klimatische Einflüsse auf die untersuchte Flechtenflora zu erfassen, werden Beziehungen zwischen Flechtenwerten und Meereshöhe sowie Regenmenge getestet. Die Meereshöhe bezieht sich auf die mittlere Lage des jeweiligen Untersuchungsgebietes. Die Regenmengen entsprechen den Mittelwerten der Jahre 1900 bis 1940. Zwischen Regenmenge respektive Meereshöhe und Anzahl Flechtenarten (4.3) werden Korrelationen berechnet. Mit dem Spearmanschen Rangkorrelationstest werden die Beziehungen zwischen den Deckungswerten einzelner Flechtenarten und der Meereshöhe geprüft. Ein

Vergleich mit der Regenmenge ist hier nicht sinnvoll, weil deren rangierte Werte zu viele Bindungen enthalten (Wiss. Tab., 1980). Um die Möglichkeit einer durch Klimafaktoren bedingten Scheinkorrelation zwischen Flechtenwerten und Eisenwerten (4.3 und 4.4) zu prüfen, wurde die Korrelation zwischen Eisengehalt der Fichtennadeln und Meereshöhe wie auch Regenmenge berechnet. Dasselbe gilt für den Zinkgehalt der Fichtennadeln. In *Tabelle 4* sind alle Resultate zusammengestellt.

Die Artenvielfalt der acidophilen Flechten zeigt weder zur Meereshöhe noch zur Regenmenge eine gesicherte Beziehung, während die Anzahl neutrophiler Flechtenarten mit der Regenmenge, nicht aber mit der Meereshöhe gesichert positiv korreliert ist. Ohne Einfluss ist die Meereshöhe auf das Wachstum von *Hypogymnia physodes*, während die Deckungswerte für *Evernia prunastri* mit steigender Meereshöhe gesichert schlechter werden. Das natürliche Verbreitungsgebiet von *Evernia prunastri* reicht aber bis zur Baumgrenze *(Tabelle 1)*, dürfte also diese Flechte im Untersuchungsgebiet kaum einschränken. Vermutlich wirkt hier ein unbekannter Faktor, welcher seinerseits mit der Meereshöhe korreliert ist. Auch der Rangkorrelationskoeffizient zwischen der Meereshöhe und den Deckungswerten von *Parmelia caperata* ist gesichert, allerdings nicht so deutlich wie bei *Evernia prunastri.* Das natürliche Verbreitungsgebiet von *Parmelia caperata* reicht bis in die montane Stufe. Ein klimatischer Einfluss ist nicht ausgeschlossen.

Der Eisengehalt der Fichtennadeln ist weder mit der Meereshöhe noch mit der Regenmenge korreliert *(Tabelle 4)*. Im Thurgau kann man annehmen, dass

Tabelle 4. Beziehungen zu Klimakomponenten.

	Meereshöhe	*Regenmenge*	*Anzahl Wertepaare*
Rangkorrelationskoeffizient:	R	R	
Flechtendeckung von			
Evernia prunastri	−0,658**	–	19
Hypogymnia physodes	−0,109°	–	19
Parmelia caperata	−0,515*	–	19
Parmelia scortea	+0,150°	–	19
Korrelationskoeffizient:	r	r	
Anzahl Flechtenarten			
Acidophile Strauch- + Blattflechten	−0,355°	−0,336°	19
Acidophile Strauch- + Blatt- + Krustenflechten	−0,297°	−0,424°	19
Neutrophile Strauch- + Blattflechten	+0,011°	+0,650**	19
Neutrophile Strauch- + Blatt- + Krustenflechten	+0,035°	+0,690**	19
Korrelationskoeffizient:	r	r	
Eisengehalt der Fichtennadeln	−0,062°	+0,105°	21
Zinkgehalt der Fichtennadeln	+0,221°	−0,123°	21

Irrtumswahrscheinlichkeit siehe 3.7

diese beiden Faktoren die wichtigsten Klimakomponenten darstellen. Eine durch Klimafaktoren bedingte Scheinkorrelation zwischen Flechtenwerten und dem Eisengehalt der Fichtennadeln ist somit unwahrscheinlich. Dasselbe gilt für den Zinkgehalt der Fichtennadeln.

Geographisch bemerkenswert ist, dass die besten Flechtenwerte an den drei im Bezirk Diessenhofen gelegenen Sanasilva-Standorten (Punkt 1, 2, 3) gefunden wurden. Dies gilt für die Anzahl acidophiler Flechtenarten wie für die Deckungsnoten von *Evernia prunastri, Hypogymnia physodes* und *Parmelia caperata.* Gleichzeitig wurden in der Umgebung von Diessenhofen (inklusive angrenzende ausserkantonale Gebiete) verschiedene für den Thurgau seltene Flechtenfunde gemacht: *Parmela perlata* am Waldrand, ferner im Waldesinnern *Bryoria fuscescens* sowie gut ausgebildete Bestände von Usneen der Spezies *filipendula, glabrescens, subfloridana, diplotypus* und *lapponica.*

Usneen gelten als besonders empfindlich gegenüber Luftverschmutzung. Das Klima der eher tiefen Lagen bevorzugt die feuchtigkeitsliebenden Usneen nicht.

Diskussion

Aufgrund der hohen Empfindlichkeit vieler Flechten gegenüber Schwefeldioxyd hätte man eine negative Beziehung der Artenvielfalt oder auch der Deckungswerte verschiedener Flechten mit dem Schwefelgehalt der Fichtennadeln erwartet. Es konnte aber in dieser Untersuchung kein solcher Zusammenhang gefunden werden. Ob dies auf nicht schädigende Schwefelkonzentrationen der Luft im Thurgau hinweist oder ob zum Beispiel Wechselwirkungen wie Synergismen, Antagonismen, Reversionen usw. die Zusammenhänge komplizieren und undurchsichtig machen, lässt sich hier nicht beurteilen.

Auffällig dagegen sind die Beziehungen zwischen dem Vorkommen acidophiler Flechtenarten und dem Eisengehalt von Fichtennadeln. Einerseits ist die Anzahl acidophiler Flechtenarten gesichert negativ mit dem Eisengehalt der Fichtennadeln korreliert, anderseits auch die Wachstumsfreudigkeit (ausgedrückt in Deckungsnoten) einiger Flechten. Es sind die acidophilen, eutrophierungsempfindlichen, anitrophilen und besonders auch staubempfindlichen Arten: *Evernia prunastri, Parmelia caperata* und *Hypogymnia physodes.*

Dem Eisengehalt der Fichtennadeln wird in der Sanasilva-Untersuchung (W. Landolt, 1984; E. Kaufmann, 1984) Immissions-Leitcharakter zugeschrieben. Er ist auf schweizerischer Ebene mit dem Schadenanteil der wichtigsten Baumarten gesichert korreliert. Der Eisengehalt der Luft gilt als Leitkomponente für vorwiegend staubförmige Luftbelastung (*J. Ph. Hallet*, 1984). Auch Flechten, die in der Nähe stark befahrener Strassen gesammelt wurden, zeigten einen erhöhten Eisengehalt (K. Laaksovirta, 1979). Es ist naheliegend, den Zusammenhang zwischen dem Eisengehalt der Fichtennadeln und der Benachteili-

gung eutrophierungsempfindlicher Flechten mit dem Einfluss staubförmiger Luftbelastung in Verbindung zu bringen.

Eine andere Hypothese geht davon aus, dass das in den Fichtennadeln angereicherte Eisen über die Wurzeln aufgenommen wird. Bäume unter Stresseinwirkung zeigen erhöhte Atmungsaktivität im Feinwurzelwerk (*W. Flückiger*, 1984). Wenn dadurch die Protonenabgabe aus den Wurzeln gefördert wird, führt dies zu einer lokalen Ansäuerung und damit zu grösserer Verfügbarkeit von verschiedenen Metallen wie Aluminium und Eisen im Wurzelbereich. Tatsächlich fand Flückiger (1984) einen erhöhten Aluminiumgehalt im Feinwurzelwerk kranker Bäume. Die bei erhöhten Eisenwerten der Fichtennadeln beobachtete Reduktion acidophiler, eutrophierungsempfindlicher Flechten und gleichzeitig die steigende Anzahl neutrophiler, eutrophierungstoleranter Flechten weist auf erhöhte Nährstoffversorgung im Stammbereich hin (vielleicht wegen Anreicherung von Nährstoffen im Stammabfluss durch Leaching). Auch der Einfluss von Stickoxyden wäre zu beachten.

Ob eine dieser Hypothesen zutrifft, müssten weitere Untersuchungen abklären.

Eine gesichert negative Korrelation besteht zwischen der Artenvielfalt neutrophiler, eutrophierungstoleranter Flechten und dem Zinkgehalt der Fichtennadeln. Von den getesteten neutrophilen Flechtenarten zeigt nur *Parmelia scortea* eine negative, gesicherte Rangkorrelation zwischen den Deckungswerten und dem Zinkgehalt der Fichtennadeln. Zink wurde in der Sanasilva-Untersuchung (W. Landolt, 1984) als Nährstoffkomponente gewertet. Es ist das einzige Element, welches bei der Nadelanalyse eine deutliche Unterversorgung anzeigte.

Ausser Eisen und Zink weist kein weiteres Element der Fichtennadelanalyse gesicherte Beziehungen zu den geprüften Flechtenwerten auf.

Im Untersuchungsgebiet mit einer Meereshöhe zwischen 450 und 650 m dürfte die Flechtenflora weitgehend vergleichbar sein. Auf einige Flechtenarten haben aber die nicht sehr grossen Klimaunterschiede Einfluss. Dafür können selbstverständlich auch Faktoren, die mit Klimakomponenten korreliert sind, verantwortlich sein. Dies trifft möglicherweise für die negative Beziehung zwischen Meereshöhe und den Deckungswerten von *Evernia prunastri* zu, deren natürliches Verbreitungsgebiet bis zur Baumgrenze reicht.

Ein Vergleich der Flechtenvegetation an verschiedenen Arten von Trägerbäumen führt zu qualitativ gleichen Aussagen. Trägerbäume, die aus Gegenden mit hohem Eisengehalt der Fichtennadeln stammen, weisen bei allen Baumarten auf eine Benachteiligung acidophiler, eutrophierungsempfindlicher Flechten hin, verglichen mit Bäumen aus Gebieten mit niederen Eisenwerten. Auch Knabe (1981) fand in Nordrhein-Westfalen, dass Flechtenuntersuchungen zu qualitativ gleichen Ergebnissen führten, ob sie an Eichen, Buchen oder Birken durchgeführt wurden.

Résumé

Relations entre l'analyse des aiguilles d'épicéa et l'état de la végétation lichénique dans la région de Thurgovie

Les résultats de l'analyse des aiguilles d'épicéa exécutée dans le cadre du programme Sanasilva, sont comparés à l'état de la végétation lichénique des alentours correspondants.

1. Examinant la teneur en éléments principaux des immissions: soufre, chlore, fluor et fer, il n'y a de rapport significatif qu'entre le taux de fer et la végétation lichénique.

a) La corrélation est significativement négative entre la teneur en fer des aiguilles et le nombre d'espèces acidophiles de lichens.

b) La corrélation selon Spearman est significative entre la teneur en fer des aiguilles et le taux de couverture des lichens suivants: *Evernia prunastri, Hypogymnia physodes, Parmelia caperata.*

2. Examinant la teneur en éléments nutritifs: calcium, potassium, manganèse et zinc, on trouve une corrélation significativement négative uniquement entre la teneur en zinc des aiguilles et le nombre d'espèces neutrophiles de lichens.

3. Les recherches entreprises sur des troncs d'arbres de différentes espèces couvertes d'une végétation lichénique aboutissent à des résultats qualitativement identiques.

4. La corrélation n'est pas significative entre les composantes du climat (altitude et précipitations) et la teneur en fer et en zinc. Ces composantes du climat ont une influence sur la luxuriance de quelques lichens.

Literatur

Barkman, J. J. (1958): Phytosociology and ecology of cryptogamic epiphytes. Assen (NL): 107–109.

Bucher, J. B., Kaufmann, E., Landolt, W. (1984): Waldschäden in der Schweiz 1983, 1. Teil. Schweiz. Z. Forstwes. *135*, 4: 271–287.

Clerc, Ph., Roh, P. D. (1979): Effets du Fluor sur la végétation lichenique corticole autour de la région de Martigny (VS). Bull. de la Murithienne *96*: 23–41.

Clerc, Ph., Roh, P. D. (1980): Les lichens, indicateurs biologiques de la pollution atmosphérique autour de la fabrique d'aluminium de Martigny (VS). Saussurea *11: 107–139.*

Ferry, B. W., Baddeley, S., Hawksworth, D. L. (1973): Air pollution and lichens. London, Athlone Press., 389 S.

Flückiger, W., Braun, S., Flückiger-Keller, H. (1984): Untersuchungen über Waldschäden in der Nordwestschweiz. Schweiz. Z. Forstwes. *135*, 5: 391–444.

Hallet, J. Ph., Ronneau, C., Cara, J. (1984): Sulfur and Iron as indicators of pollution status in a rural atmosphere. Atmospheric Environment *18*, 10: 2191–2196 (GB).

Heidt, V. (1978): Flechten Kartierung und die Beziehung zur Immissionsbelastung des südlichen Münsterlandes. Biogeographica. W. Junk, Den Haag, *12*, 93 S.

Jürging, P. (1975): Epiphytische Flechten als Bioindikatoren der Luftverunreinigung. Bibliotheca Lichenologica, J. Cramer, Vaduz, *4*, 164 S.

Kaufmann, E., Bucher, J. B., Landolt, W., Jud, B., Hoffmann, C. (1984): Waldschäden in der Schweiz 1983, 3. Teil. Schweiz. Z. Forstwes. *135*, 10: 817–832.

Knabe, W. (1981): Immissionsökologische Waldzustandserfassung in Nordrhein-Westfalen. Allg. Forstz. *36*, 26: 641–643.

Laaksovirta, K., Olkkonen, H. (1979). Effect of air pollution on epiphytic lichen vegetation and element content of a lichen and pine needles. Ann. Bot. Fennici, *16*: 285–296.

Landolt, W., Bucher, J. B., Kaufmann, E. (1984): Waldschäden in der Schweiz 1983, 2. Teil. Schweiz. Z. Forstwes. *135*, 8: 637–653.

Linder, A. (1960): Statistische Methoden für Naturwissenschafter, Mediziner und Ingenieure, 3. Auflage. Birkhäuser, Basel, 484 S.

Macher, M., Steubing, L. (1984): Flechten und Waldschäden im Nationalpark Bayerischer Wald. Beitr. Biol. Pflanzen, *59*, 2: 191–204.

Müller, J. (1981): Experimentell-ökologische Untersuchungen zum Flechtenvorkommen auf Bäumen an naturnahen Standorten. Hochschulsammlung Naturwiss. Biologie, Freiburg, *14:* 321 S.

Nylander, W. (1866): Les Lichens du Jardin du Luxembourg. Bull. Soc. Bot. France, *13*: 364–372.

Poelt, J. (1969): Bestimmungsschlüssel europäischer Flechten. 3301 Lehre, J. Cramer, Vaduz, 757 S.

Poelt, J., Vezda, A. (1977): Bestimmungsschlüssel europäischer Flechten, Ergänzungsheft I. J. Cramer, Vaduz, 258 S.

Poelt, J., Vezda, A. (1981): Bestimmungsschlüssel europäischer Flechten, Ergänzungsheft II. J. Cramer, Vaduz, 390 S.

Richardson, H. S. (1981): Flechten als Umweltindikatoren. Umschau *81*, 18: 553–556.

Steubing, L., Jäger, H. J. (1982): Monitoring of air pollutants by plants (methods and problems). Dr. W. Junk (publ.), The Hague, Boston und London, 161 S.

Türk, R., Hoislbauer, G. (1978): Der Flechtenbewuchs von Birn- und Apfelbäumen als Indikator für die Luftverunreinigung im Grossraum Linz. Linzer biol. Beitr. *9*, 2: 213–224.

Türk, R., Christ, R. (1978): Untersuchungen über den Flechtenbewuchs an Eichen im Stadtgebiet Salzburgs und über den Wasserhaushalt einiger charakteristischer Flechten. Phyton, *18*, 3–4: 107–126.

Türk, R., Christ, R. (1980): Untersuchungen des CO_2-Gaswechsels von Flechtenexplanaten zur Indikation von SO_2-Belastung im Stadtgebiet von Salzburg. Martin Luther Universität Halle-Wittenberg, 39–45.

Wirth, V. (1980): Flechtenflora. Ökologische Kennzeichnung und Bestimmung der Flechten Südwestdeutschlands und angrenzender Gebiete. Verlag Ulmer, Stuttgart, 552 S.

Wissenschaftliche Tabellen Geigy (1980) Teilband Statistik, 8. Aufl. Basel. 218–219.

Woelm, E. (1983): Einige bemerkenswerte Flechten aus dem Altkreis Tecklenburg (Westfalen). Osnabrücker Naturwiss. Mitt. *10*: 61–70.

Züst, S. (1977): Die Epiphytenvegetation im Raume Zürich als Indikator der Umweltbelastung. Veröff. geobot. Inst., Zürich, *62*: 113 S.