

FID Biodiversitätsforschung

Bioindikatoren

Ergebnisse des Symposiums: Tiere als Indikatoren für Umweltbelastungen
8. bis 11. März 1981 in Köln

Niedere Pflanzen - speziell Flechten - als Bioindikatoren

Feige, Guido B.

1982

Digitalisiert durch die *Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt am Main* im Rahmen des DFG-geförderten Projekts *FID Biodiversitätsforschung (BIOfid)*

Weitere Informationen

Nähere Informationen zu diesem Werk finden Sie im:

Suchportal der Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt am Main.

Bitte benutzen Sie beim Zitieren des vorliegenden Digitalisats den folgenden persistenten Identifikator:

[urn:nbn:de:hebis:30:4-172767](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hebis:30:4-172767)

Niedere Pflanzen - speziell Flechten - als Bioindikatoren

Guido Benno Feige

Kurzfassung

Niedere Pflanzen, speziell Flechten, dienen seit längerer Zeit als Bioindikatoren anthropogen veränderter Umweltbedingungen. Unter Verwendung der Vitalitätskriterien Wachstumsgeschwindigkeit und Fertilität erweisen sich gesteinsbewohnende „Stadtflechten“ als Monitororganismen klimatisch und lufthygienisch extrem belasteter Standorte.

Abstract

Lower plants, especially lichens are sensitive monitor organisms for the documentation of environmental pollution. Using the parameters „growth rapidity“ and „fertility“ it is possible to obtain differentiated results concerning the intensity of environmental pollution in towns, suburbs and industrial areas.

1. Einleitung

Niedere Pflanzen - Algen - Moose und in ganz besonderem Maße Flechten zeigen eine überaus große Empfindlichkeit gegenüber Störungen bzw. Veränderungen der abiotischen Faktoren ihrer Umwelt. Sie reagieren empfindlich auf Störungen des Licht- und Wasserhaushaltes, auf Veränderungen des Temperaturhaushaltes und mit sehr großer Empfindlichkeit auf das Vorhandensein phytotoxischer Emissionen.

So dienen Algen unterschiedlicher systematischer Stellung seit langem als Indikatororganismen unserer Gewässergüteklassen; wobei Süßwasserrotalgen in der Regel besonders saubere Gewässer indizieren.

Moose und Flechten eignen sich sehr gut als Indikatororganismen nichtaquatischer Biotope. Dabei ist zu beachten, daß Moose in anthropogen beeinflussten Biotopen im wesentlichen auf veränderte Hydraturbedingungen des Standortes reagieren. Atlantisch bis ozeanisch getönte Bereiche sind nicht zuletzt hinsichtlich ihrer Vegetation durch ihren Reichtum an Moosen gekennzeichnet.

In Bezug auf anthropogene Beeinflussungen führen oberflächliche Bodenvernässungen und Bodenverdichtungen, die im Zuge vieler Baumaßnahmen und im Zuge starker Nutzung städtischer Park- und Grünflächen auftreten, zu einer verstärkten Ansiedlung bestimmter Moosgesellschaften. Für städtische Bereiche ist hier besonders die Charakterart des Sagino Bryetums zu nennen, das Silberbirnmoos (*Bryum argenteum*).

Wengleich sich noch viel über die Verwendbarkeit von Algen und Moosen als Bioindikatoren belasteter Biotope sagen ließe, so soll doch hier das Hauptaugenmerk auf die Verwendbarkeit der Flechten als Monitororganismen für die Belastung unserer Umwelt gerichtet werden.

Wenn wir Flechten als Bioindikatoren in städtischen und industriellen Ballungsräumen ansehen wollen, müssen wir grundsätzlich von der Art der Biotopbesiedlung ausgehen. Flechten besiedeln verschiedene Substrate. Baumrinden, freie Erdflächen, Steine, Mauerwerk und in begünstigten Gebieten auch die Blätter immergrüner Pflanzen sind typische Unterlagen einer möglichen Besiedlung durch Vertreter dieser Pflanzengruppe.

Die seit langem geübte Praxis, Flechten als Bioindikatoren der Umweltverschmutzung zu verwenden, betrifft fast ausschließlich die Gruppe der sogenannten epiphytischen Flechten, also Flechten, die auf pflanzlichen Substraten wachsen. Gemeint sind hiermit die Rindenflechten, die in unbelasteten Gebieten das Vegetationsbild der Gehölzvegetation entscheidend prägen können. Berg- und Schluchtwälder der Alpen und auch der Mittelgebirge sind in der Physiognomie ihrer Vegetation nicht zuletzt durch das Vorhandensein von Bartflechten, Bandflechten und großbläppigen Laubflechten gekennzeichnet.

2. Schwefeldioxid als Schadstoff für Flechten

Als entscheidende Schadstoffe für die Beeinträchtigung der Flechtenvegetation in Städten und Ballungsgebieten können das Schwefeldioxid, der Fluorwasserstoff und das Ozon mit seinen Folgeprodukten angesehen werden. Beschränken wir uns auf die schädigende Wirkung des Schwefeldioxids, das aus industriellen und häuslichen Feuerungsanlagen immer noch in

großen Mengen in die Atmosphäre entlassen wird. Schwefeldioxid, das Anhydrid der schwefligen Säure, dissoziiert in Abhängigkeit vom pH-Wert zum Sulfition, Hydrogensulfition oder Disulfition. Die Toxizität des Schwefeldioxids für lebende Systeme nimmt mit steigendem pH-Wert, also in Richtung auf die Dissoziation zum Sulfition ab. Der eigentlich toxische Bereich in der Wirkung dieses Schadstoffes beginnt erst bei pH-Werten unter 7. Baumrinden, die als Substrat der bis heute als Bioindikatoren verwendeten Flechtenarten in Frage kommen, zeigen pH-Werte, die in der Regel weit unter 7 liegen. Außerhalb von Kalkgebieten liegen die pH-Werte der in Frage kommenden Baumrinden zwischen pH 2 und pH 4. Daraus folgt, daß Flechten dieser Biotope in weit stärkerem Maße durch die Toxizität des Schwefeldioxids bedroht sind, als Flechten alkalischer Standorte. Die kausalen Hintergründe der Wirkung des SO_2 und dessen Wirkungsspezifität in vivo sind bisher Grund zahlreicher Spekulationen gewesen. Der bei Flechten und auch Moosen zu beobachtende Chlorophyllabbau (zu Phaeophytin) scheint eine der unspezifischen Reaktionen zu sein, in deren Verlauf aufgrund des hohen Redoxpotentials des SO_2 zahlreiche biochemische Systeme des lebenden Organismus geschädigt werden.

Anhand großräumiger Kartierungen SO_2 belasteter Bereiche, wie sie in den schon klassischen Arbeiten von LE BLANC & DE SLOOVER 1970, GILBERT 1970, NASH 1976, SCHÖNBECK 1972, SKYE 1968, DE WIT 1976 und DOMRÖS 1966 beschrieben wurde, lassen sich in gewissen Grenzen bestimmte SO_2 -Konzentrationen mit dem Fehlen bzw. dem Vorhandensein charakteristischer Rindenflechten korrelieren. In Tab. 1 ist eine Auswahl der Toleranzgrenzen bestimmter Flechtenarten aufgeführt. Hier bleibt anzumerken, daß diese Zuordnung nur im Bereiche naturräumlich einheitlicher Gebiete angewandt werden kann.

SO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
über	170	kein Flechtenwachstum
etwa	150	<i>Lecanora conizaeoides</i>
etwa	70	<i>Xanthoria parietina</i>
etwa	60	<i>Ramalina farinacea</i>
etwa	40	<i>Anaptychia ciliaris</i>
unter	30	<i>Ramalina fraxinea</i>
etwa	0	<i>Lobaria amplissima</i>

Tabelle 1. Toleranzgrenzen ausgewählter Flechtenarten Mittel- und Westeuropas gegenüber Schwefeldioxid (nach verschiedenen Literaturangaben).

Oberhalb von 170 μg SO_2 pro Kubikmeter Luft kann auf Baumrinden kein Flechtenwachstum mehr nachgewiesen werden. In diesen Fällen, und das betrifft nahezu alle Großstädte und andere Ballungsgebiete, wird das freiwerdende Biotop bevorzugt durch einzellige Grünalgen vom Typ *Pleurococcus* besiedelt. Als Einschränkung sei hier angemerkt, daß in Kalkgebieten, in denen durch das Anwehen von Kalkstaub eine Imprägnierung der Baumrinden erfolgt (die zu einer Erhöhung des pH-Wertes führt) Reliktbestände einiger Flechten auch noch bei diesen hohen SO_2 Konzentrationen gefunden werden können.

Die höchste Toleranzgrenze für epiphytische Flechten in SO_2 belasteten Gebieten zeigt *Lecanora conizaeoides*, die auch in Köln noch an einigen Stellen zu finden ist.

Die wohl bekannteste und auffälligste Flechte unserer einheimischen Flora, *Xanthoria parietina*, kann in Gebieten mit einem SO_2 -Gehalt um 70 μg pro Kubikmeter nicht mehr auf Baumrinden gefunden werden. Sie weicht, das ist für Köln in einigen Fällen nachgewiesen, auf andere Substrate aus und erreicht z. B. auf Asbestzement (Eternit) auch in so belasteten Gebieten noch eine weite Verbreitung.

In der weiteren Folge zeigen sich *Ramalina farinacea*, *Anaptychia ciliaris* und *Ramalina fraxinea* als typische Flechten auf der Rinde von Laubbäumen wesentlich empfindlicher gegenüber SO_2 . Flechten aus der Gattung *Lobaria*, wie z. B. *L. amplissima* oder die weitaus bekanntere Lungenflechte (*L. pulmonaria*) tolerieren kein oder fast kein SO_2 in der Luft. Es ist anzumerken, daß die empfindlichsten Flechten, wie z. B. *Lobaria*- oder *Usnea*-Arten (die Bartflechten) auch gegenüber anderen Veränderungen der abiotischen Standortbedingungen außerordentlich empfindlich reagieren. *Lobaria*- und *Usnea*-Arten gehen auch bei fehlender

Luftverschmutzung in ihrer Verbreitung zurück, wenn durch fortschreitende Waldnutzung einschneidende Hydraturveränderungen des Standortes bewirkt werden.

Auch epigäische, also auf Erde wachsende Flechten sind hinsichtlich ihrer Verbreitung durch die fortschreitende Luftverschmutzung stark bedroht. Diese Bedrohung betrifft besonders die Erdflechten saurer Böden, wie z. B. rotfruchtende *Cladonia*-Arten (Untergattung *Cocciferae*), weil diese Böden über keine oder nur eine geringe Pufferkapazität verfügen. Durch Niederschläge ausgewachsene Schadstoffe – im wesentlichen SO_2 – erreichen somit die Flechten im pH-Bereich größter Toxizität.

Die Verwendung epiphytischer Flechten als Bioindikatoren kann nach der bisher beschriebenen Methode des Alles oder Nichts eigentlich nicht befriedigen. Auch die vielgeübte Transplantationstechnik spiegelt letztlich nur die Summationseffekte veränderter Standortbedingungen wieder.

3. Ursachen für die Empfindlichkeit von Flechten

Zunächst müssen wir uns die Frage stellen, warum reagieren gerade Flechten so empfindlich auf Luftverunreinigungen. Die Flechten, die als Musterbeispiel einer rein botanischen Symbiose gelten, sind dualistische Organismen. Eine autotrophe Alge ernährt durch ihre photosynthetische Leistungsfähigkeit sich und den dazugehörigen Pilz. Dieses System ist am ehesten vergleichbar einem funktionierenden Ökosystem, in dem es nur einen Primärproduzenten, den sogenannten Phycosymbioten und einen Primärkonsumenten, den Mycosymbioten gibt. Und ebenfalls vergleichbar einem normalen Ökosystem ist dieses System solange intakt, solange die Primärproduktion der Alge die stoffliche Bilanz des Mikroökosystems positiv erhält.

Durch die erzwungene Mitversorgung des biotrophen Pilzes muß die Alge einen bestimmten Anteil ihrer Photosyntheseprodukte dem Pilz überlassen. Der große Ökologe Otto STOCKER (1975), hat die in der Flechte vorhandenen Relationen zwischen Alge und Pilz einmal als Mietsymbiose bezeichnet. Nun – wie hoch die zu zahlende Miete ist, zeigt die Tab. 2.

<i>Peltigera malacea</i> *	60
<i>Peltigera canina</i> *	70
<i>Collema polycarpon</i> *	65
<i>Lichina pygmaea</i> *	60
<i>Hypogymnia physodes</i>	69
<i>Ramalina maciformis</i>	52
<i>Xanthoria parietina</i>	35

Tabelle 2. Pilzversorgung im Flechtenthallus, Angaben in % der Primärproduktion, d. h. der photosynthetischen C-Fixierung der Algenpartner.

Experimentell nachgewiesene Metabolitenwanderung bei voller Wassersättigung der Thalli. Exkretionszeit 20 Stunden.

* Blaualgenflechten, Exkretionsraten korrigiert.

Dargestellt ist die potentielle Metabolitenwanderung von der Alge zum Pilz unter optimalen Wanderungsbedingungen, d. h., unter voller Wassersättigung der Thalli. Eine derart hohe Wassersättigung der Flechtenthalli ist am natürlichen Standort sicher nur in wenigen Fällen oder nur für bestimmte Zeiten gegeben. Die potentielle Metabolitenwanderung unter voller Hydratur zeigt aber auch, in wie starkem Maße der Primärkonsument, der Pilz, seinen Produzenten beansprucht. Sollte der von STOCKER geprägte Begriff der Mietsymbiose zutreffen, so sei die Bemerkung erlaubt, daß seitens des Pilzes hier wohl Mietwucher vorzuliegen scheint.

Durch die erzwungene Mitversorgung des Pilzes wird die Alge in etwa auf dem Existenzminimum ihrer Lebensfähigkeit gehalten. Eine weitere Verschlechterung ihrer Lebensbedingungen – gleichbedeutend mit einer Unterschreitung des Existenzminimums – kann von der Alge nicht mehr ertragen werden (FEIGE 1978).

In diesem extrem eingestellten Gleichgewicht zwischen Eigenversorgung und Pilzversorgung ist die eigentliche Ursache für die Hypersensibilität der Flechten gegenüber allen

Veränderungen hinsichtlich der abiotischen Standortsfaktoren zu suchen. Zu diesen einschneidenden Änderungen sind sowohl Bereiche des Wasserhaushaltes, des Strahlungshaushaltes, des Temperaturhaushaltes und auch die der phytotoxischen Emissionen zu rechnen.

Die Relation der Stoffwanderung zwischen Alge und Pilz, der Dauerstreß für die Alge, ist letztlich die Ursache für die Existenz des Doppelwesens Flechte überhaupt. Nicht nur Verschlechterungen der Lebensbedingungen, auch Verbesserungen gegenüber natürlichen Gegebenheiten bewirken ein Absterben der Flechte. Ältere, heute fast in Vergessenheit geratene Untersuchungen von SCOTT (1960) haben gezeigt, daß bei einer Verbesserung der Lebensbedingungen durch dauernde Einquellung und dauernde Möglichkeit zur Photosynthese die Alge allein weiterwachsen kann, durch zusätzliche heterotrophe Ernährung dagegen der Pilz aus dem Flechtenverband auswächst. So ist es nur zu verständlich, daß die Kultur von Flechten im Labor nur unter Extrembedingungen hinsichtlich der Wasserversorgung, der Nährstoffversorgung und der Lichtbedingungen möglich ist.

4. Parameter Wachstumsrate

Aus den Relationen der Eigenversorgung des Primärproduzenten Alge und der Mitversorgung des Primärkonsumenten Pilz resultiert in allen Flechten eine äußerst geringe positive Stoffbilanz, die sich in entsprechend geringen Wachstumsraten dieser dualistischen Organismen niederschlägt. Tab. 3 zeigt für einige ausgewählte Flechtenarten die jährlichen Wachstumsraten in Millimetern.

<i>Peltigera</i> div. spec.	10-30
<i>Physcia caesia</i>	0,8- 1,1
<i>Parmelia saxatilis</i>	1,7- 3,2
<i>Cladonia rangiferina</i>	2,0- 5
<i>Lecanora muralis</i>	0,8- 2,3
<i>Rhizocarpon geographicum</i>	0,2- 0,6

Tabelle 3. Durchschnittswerte des jährlichen Thalluswachstums ausgewählter Flechtenarten in mm.

Vertreter der Gattung *Peltigera* zeigen hier die größten Zuwachsraten; *Rhizocarpon geographicum*, die bekannte Landkartenflechte, wächst wie sehr viele Krustenflechten nur äußerst langsam. 1 Quadratzentimeter Thallus dieser Flechte kann einem Alter von 60 Jahren entsprechen.

Wie steht es nun mit der Wertung anderer Parameter dieser Pflanzengruppe hinsichtlich ihrer Verwendbarkeit als Bioindikatoren. Ausgehend von den physiologischen Gegebenheiten in diesem biotrophen System untersuchten wir vor einiger Zeit die Wachstumsraten von Flechten, die aufgrund ihrer Toxitoleranz und Substratspezifität auch noch in den Ballungsgebieten unserer Städte wachsen können. Als besonders geeignetes Untersuchungsobjekt erwies sich dabei die typische Stadtflechte *Lecanora muralis* (Abb. 1, s. S. 197). Aufgrund des fast stets kreisförmigen Thallus eignet sie sich besonders gut für Wachstumsmessungen. Sie besiedelt stadttypische Substrate wie Mauerkronen, Asbestzement, Mörtel und kalkhaltige Sandsteine. Allen diesen Substraten ist gemeinsam, daß sie über eine hohe Pufferkapazität verfügen; der substratspezifische pH-Wert liegt stets im Bereich von 8 oder höher – also in einem Bereich, in dem die Dissoziation des Schwefeldioxids fast ausschließlich zum weniger toxischen Sulfition hin verschoben ist. Hierin ist die Ursache zu suchen, daß neben *Lecanora muralis* auch andere Stadtflechten auf diesen Substraten noch zusagende Besiedlungsmöglichkeiten finden.

Vergleichsuntersuchungen zwischen weniger belasteten Gebieten in der Umgebung von Köln und stadttypischen Zonen in Köln ergaben für städtische Bereiche eine erheblich höhere Besiedlungsdichte für *Lecanora muralis* und andere Stadtflechten.

5. Parameter Individuenzahl pro Fläche

Der flächenbezogene Index der Individuenzahl beträgt für Untersuchungsgebiete in Köln im Vergleich zum Umland 6,3 – der Index des flächenbezogenen Deckungsgrades der Thalli von *Lecanora muralis* immer noch 2,4 (FEIGE, GEYER & KREMER 1980).

Detaillierte Untersuchungen zur Populationsstruktur und zur Wachstumsgeschwindigkeit zeigten jedoch, daß *Lecanora muralis* als Bioindikator anthropogen belasteter Biotope sehr gut geeignet ist. So ergab sich aus den Untersuchungen für die Stadtpopulation von *Lecanora muralis* ein maximaler Jahreszuwachs von 1,9 Millimetern, während die weniger belasteten Standorte des Kölner Umlandes eine maximale Wachstumsrate von 2,3 Millimetern pro Jahr aufwiesen.

Detaillierte Untersuchungen an Zwillingstandorten (Biotope gleicher Beschaffenheit hinsichtlich Substrat, Exposition und Lichtgenuß) ergaben für den Vergleich der Stadt- und Landpopulation die in der Tab. 4 angeführten Resultate.

Exposition	Stadt Köln	Umland
Süd	1,9	2,3
West	1,2	1,6
Nord	0,6	0,8

Tabelle 4. Jährliche Zuwachsraten (Radialzuwachs in mm) von *Lecanora muralis* im Kölner Stadtgebiet (K 41) und im Umland (WEISSIG 1979).
Substrat: Sandstein. Unbeschattet.

Aber auch auf kleinräumigem Gebiet – wie Abb. 2 zeigt – war eine Differenzierung der Standortbelastung anhand der Jahreszuwächse sehr gut möglich. Bei diesen Untersuchungen war nur die indirekte Methode zur Messung der jährlichen Wachstumsraten möglich. Die signifikant erhöhten Wachstumsraten in locker bebauten Gebieten oder in der Nähe von Parkanlagen deuten an, daß hinsichtlich des Wachstums von Stadtflechten der Hydratur des Standortes eine entscheidende Bedeutung zukommt.

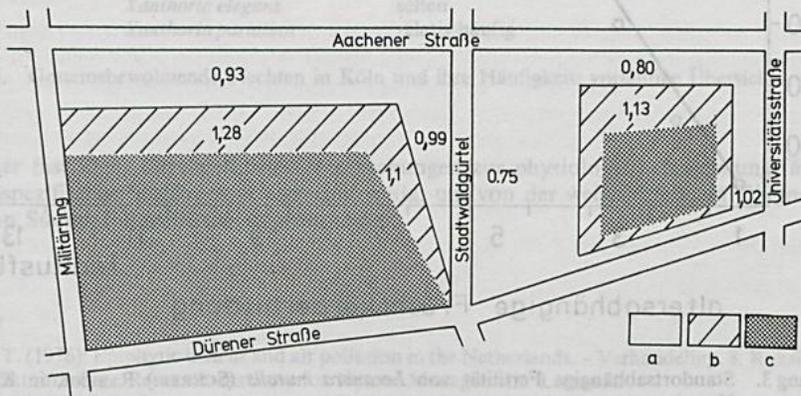


Abbildung 2. Mittlere radiale Zuwachsraten von *Lecanora muralis* an unterschiedlich belasteten Standorten in Köln. Angaben in mm.

- a: Flächen an Hauptverkehrsstraßen;
- b: Standorte in der Nähe von Parkanlagen;
- c: Parkanlagen.

6. Parameter Fertilität

Doch auch die Methode der Wachstumsmessungen kann aus verschiedenen Gründen nicht befriedigen. Die äußerst zeitraubende Methode der indirekten Bestimmung der Wachstumsraten durch Befragung der Eigentümer von Bauwerken nach dem Alter und die noch zeitauf-

wendigere Methode der direkten Wachstumsmessung durch mehrjährige Messungen an den Einzelthalli erfordert zuviel Aufwand, um schnelle und eindeutige Ergebnisse zu bekommen. Im Rahmen der Untersuchungen zur Ökologie der Stadtflechte *Lecanora muralis* erwies sich in Köln ein anderer Parameter als praktikabel zur Bewertung der anthropogen bedingten Veränderungen von Standortparametern. Gemeint ist hier die Fertilität, d. h., die Ausbildung von Fruchtkörpern durch den Pilz der Flechte *Lecanora muralis*.

Im biotrophen System der Flechten ist stets nur der Pilz zur Bildung generativer Fortpflanzungsformen in der Lage. Die Fruchtkörperausbildung, die Bildung von Apothecien, erwies sich für *Lecanora muralis* als bestes Merkmal für die Vitalität der Gesamtpopulation. In Abb. 3 ist dargestellt, daß die hinsichtlich der Populationsdichte weitaus erfolgreichere Population in der Stadt über eine erheblich verringerte generative Vitalität verfügt.

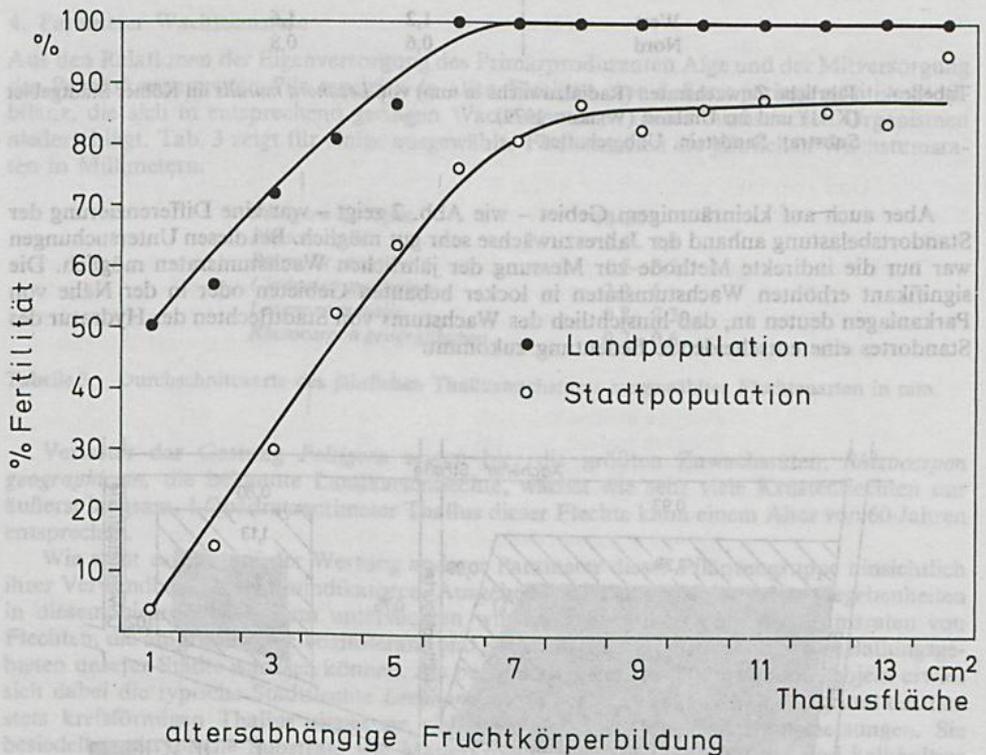


Abbildung 3. Standortabhängige Fertilität von *Lecanora muralis* (SCHREB.) RABENH. in Köln und Umgebung.

Während im Umland von Köln bei einer Thallusgröße von 1 cm² bereits 50% aller Thalli Fruchtkörperbildung zeigen, wird diese Fertilitätsrate bei der Stadtpopulation erst bei einer Thallusgröße von etwa 4 cm² erreicht. Eine Thallusgröße von 6 cm² im Umland von Köln entsprach einer 100%igen Fertilitätsrate, diese Verhältnisse werden auch bei den größten im Stadtgebiet vorhandenen Thalli von *Lecanora muralis* nur in Ausnahmefällen erreicht.

Einer scheinbar höheren Vitalität hinsichtlich der Populationsdichte in der Stadt steht also eine verringerte Vitalität hinsichtlich der generativen Verbreitung durch den Pilz gegenüber.

Hier werden weitere Untersuchungen zeigen müssen, wie diese Relationen eine differenziertere Zonierung in der Stadt erlauben.

7. Die praktische Nutzung von Flechten

Welche Möglichkeiten haben wir, Flechten als Testorganismen für Umweltbelastungen in städtischen Ballungsgebieten zu verwenden?

(1) Die umfassende Kartierung rindenbewohnender Flechten liefert uns innerhalb gewisser Grenzen die Möglichkeit, großräumige Belastungszonen und horizontalen Schadstofftransport zu lokalisieren.

(2) Mit Hilfe der Transplantationstechnik können aktuelle Ergebnisse zum Belastungsgrad erhalten werden. Diese Methode ist mit erheblichen Vorbehalten belastet, da die resultierenden Schädigungen an den verwendeten Thalli von *Hypogymnia physodes* zu sehr von der Hydratur des Expositionsortes während der Transplantationszeit abhängig sind. Zudem ist die Quantifizierung der Schädigungen durch photographische Auswertung oder Chlorophyllbestimmungen mit zu großen Fehlern behaftet.

(3) Die Kartierung epilithischer Flechten, die aufgrund substratspezifischer Pufferungskapazität auch stärker immissionsbelastete Gebiete besiedeln können, gestattet eine Verwendung dieser Flechten – besonders *Lecanora muralis* – als Bioindikatoren städtischer und industrieller Ballungsgebiete. Unter Hinzuziehung der Parameter Wachstum und Fertilität könnten auf kleinstem Raum Diagnosen zur Standortsbelastung möglich sein. Tab. 5 vermittelt eine Vorstellung vom Umfang der innerstädtisch verfügbaren Flechtenarten.

<i>Caloplaca citrina</i>	vereinzelt
<i>Caloplaca decipiens</i>	relativ häufig
<i>Candelariella vitellina</i>	häufig
<i>Lecanora muralis</i>	häufig
<i>Lecanora dispersa</i>	häufig
<i>Lecanora xanthostoma</i>	relativ häufig
<i>Physcia caesia</i>	selten
<i>Physcia sciastra</i>	relativ häufig
<i>Xanthoria elegans</i>	selten
<i>Xanthoria parietina</i>	relativ häufig

Tabelle 5. Gesteinsbewohnende Flechten in Köln und ihre Häufigkeit; vorläufige Übersicht.

Bisher fast nicht durchgeführte Untersuchungen zur physiologischen Leistungsfähigkeit flechtenspezifischer Stoffwechselwege sind nötig, um von der weitverbreiteten Diagnostizierung von Summationseffekten wegzukommen.

Literatur

- DE WIT, T. (1976): Epiphytic lichens and air pollution in the Netherlands. – Verhandeling. 8. Rijksinstituut voor Natuurbeheer Research Institute for Nature Management. Leersum.
- DOMRÖS, M. (1966): Luftverunreinigung und Stadtklima im Rheinisch-Westfälischen Industriegebiet und ihre Auswirkung auf den Flechtenbewuchs der Bäume. – Arb. z. Rhein. Landeskunde 25. – Bonn.
- FEIGE, G. B. (1978): Probleme der Flechtenphysiologie. – Nova Hedwigia 30, 725–774.
- FEIGE, G. B., GEYER, M. & KREMER, B. P. (1980): Die Linden der Stadt Köln. Bioindikatoren des Stadtklimas und der anthropogenen Umweltveränderungen. – Decheniana (Bonn) 133, 197–198.
- GILBERT, O. L. (1970): A biological scale for the estimation of sulfur dioxide pollution. – New Phytol. 69, 629–634.
- LE BLANC, F. & DE SLOOVER, J. (1970): Relation between industrialization and the distribution and growth of epiphytic lichens and mosses in Montreal. – Can. J. Bot. 48, 1485–1496.
- NASH, T. H. (1976): Lichens as indicators of air pollution. – Naturwissenschaften 63, 364–367.
- SCHÖNBECK, H. (1972): Untersuchungen in NRW über Flechten als Indikatoren für Luftverunreinigungen. – Schrft. LIB 26, 99–103.
- SCOTT, G. D. (1960): Studies of the lichen symbiosis. I. The relationship between nutrition and moisture content in the maintenance of the symbiotic state. – New phytol. 59, 374–384.

Zu Beitrag G. B. FEIGE (S. 26).

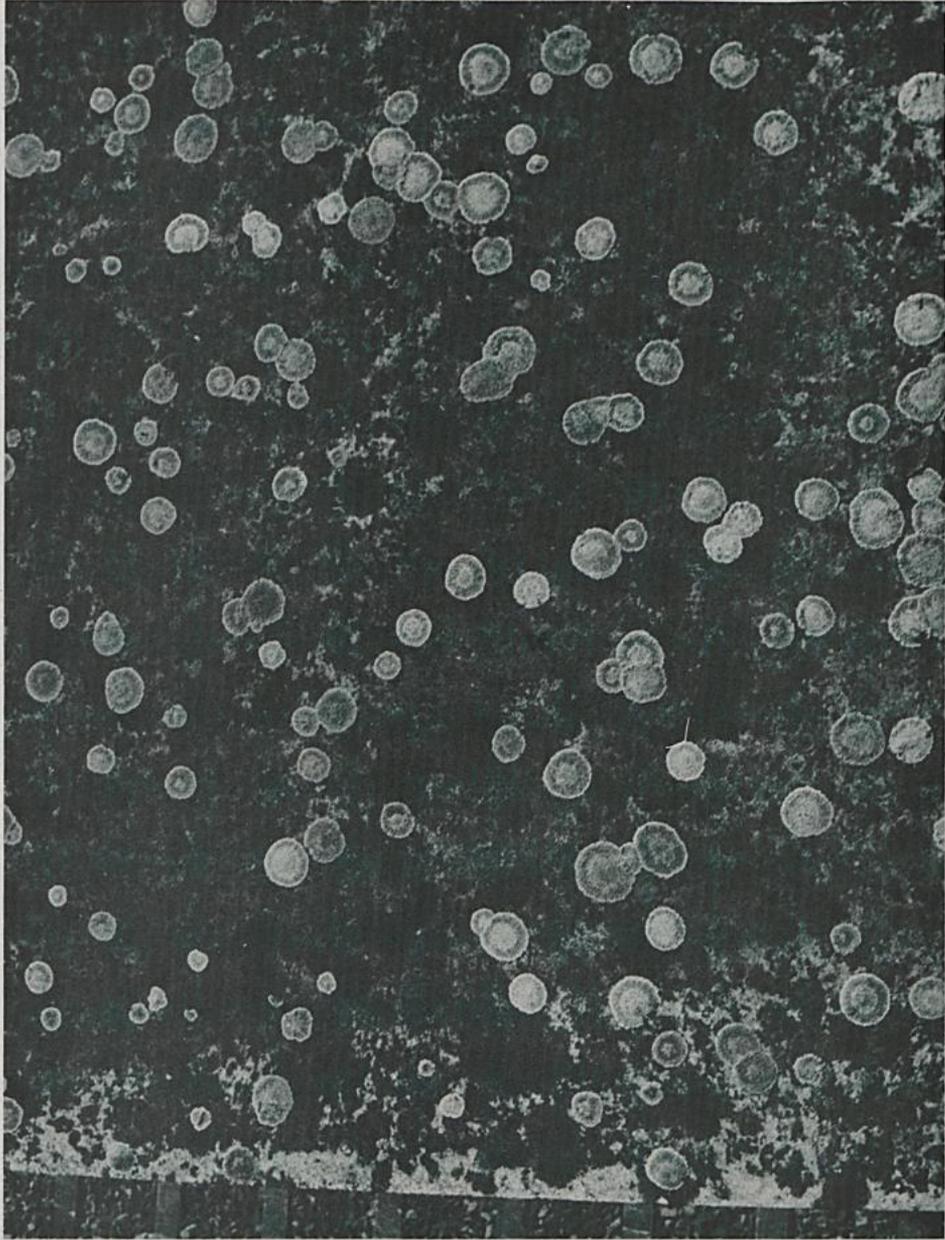


Abbildung 1. Habitus einer typischen Stadtpopulation von *Lecanora muralis* (SCHREB.) RABENH. syn. *Placodium saxicolum* (POLL.) KOERB.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Decheniana](#)

Jahr/Year: 1982

Band/Volume: [BH_26](#)

Autor(en)/Author(s): Feige Guido Benno

Artikel/Article: [Niedere Pflanzen - speziell Flechten - als Bioindikatoren 23-30](#)