

Aussagewert von Flechtenexplantaten für eine Immissionsbelastung

Von

RAINER KLEE und ANGELIKA WARNS

(Lehrstuhl Botanik II [Arbeitsgruppe Immissionsökologie]
der Justus Liebig-Universität Gießen)

(Mit 6 Abbildungen)

(Vorgetragen auf der Botaniker-Tagung in Innsbruck am 31. August 1971)

1. Einleitung

Zur Erfassung von Immissionen werden neben physikalischen Meßgeräten auch biologische Indikatoren eingesetzt. Als recht günstige Objekte hierfür werden die Flechten angesehen. So wurde schon eine große Anzahl von Städten auf ihre natürliche Flechtenvegetation hin untersucht (Zusammenstellung bei KIRSCHBAUM, KLEE, STEUBING 1971). Eine andere Möglichkeit besteht in der Verwendung von Flechtenexplantaten: Im Durchmesser 40 mm große Rindenstücke, die mit Flechten bewachsen sind, werden aus Eichbäumen ausgestanzt und zu je zehn in Tafeln aus Holz oder Kunststoff mittels Baumwachs eingeklebt (SCHÖNBECK 1969).

Die Kartierungen gaben zum Teil Hinweise auf die Ursachen der Poleophobie der Flechten, als ein wesentlicher Faktor stellte sich dabei das SO_2 heraus (LAUNDON 1967, LUNDSTRÖM 1968, SKYE 1968, LEBLANC und DE SLOOVER 1970, GILBERT 1970, HAWKSWORTH und ROSE 1970). Es sollen jedoch auch die klimatischen Faktoren — extremes Stadtklima — dabei eine Rolle spielen (RYDZAK 1958, KLEMENT 1958, STEINER und SCHULZE-HORN 1955).

Die Aufgabe der vorliegenden Untersuchung bestand darin, die Reaktion von *Parmelia physodes*-Explantaten auf bestimmte Immissionen bei unterschiedlichen klimatischen Bedingungen zu prüfen.

2. Methode

Als Kriterium für eine Schädigung der Flechten diene die Bonitierung der sichtbaren Schädigung (SCHÖNBECK 1969). Dazu wurden die *Parmelia physodes*-Explantate in bestimmten Zeitabständen mit immer der gleichen Einstellung fotografiert und die Diapositive dann nach folgendem Schema ausgewertet:

Bonitierungsstufe	Schädigungsgrad
0	vollständig gesund
1	wenig geschädigt (weniger als etwa 1/20 geschädigt)
2	bis 1/4 geschädigt
3	1/4 bis 1/2 geschädigt
4	1/2 bis 3/4 geschädigt
5	3/4 bis fast ganz geschädigt (etwa 1/20 noch gesund)
6	fast vollständig abgestorben (weniger als etwa 1/20 noch gesund)
7	vollständig abgestorben

3. Exponierung von *Parmelia physodes*-Explantaten an verschieden durch Immissionen beeinflussten Standorten

In Frankfurt/M. wurden von Oktober 1968 bis April 1969, entlang eines Transektes in SW-NE-Richtung in 2,5 km Abstand, Tafeln mit *Parmelia physodes*-Explantaten exponiert (Abb. 1). Ein Vergleich der Bonitierungswerte nach 15 Wochen mit der Zonierung des natürlichen Flechtenbewuchses und der mittleren SO_2 -Konzentration (an 4 Standorten) ergab eine deutliche Übereinstimmung (KIRSCHBAUM, KLEE, STEUBING 1971). Der Verlauf der Schädigung der Flechten während des gesamten Exponierungszeitraumes in den jeweiligen Flechtenzonen ist in Abbildung 2 A, B, C dargestellt. Auffällig bei B und C ist, daß bei einem Schädigungsgrad von 5 bis 6, nach etwa 18 Wochen Exponierungsdauer, die Schädigung nur noch wenig zunimmt.

Um zu klären, ob die Exponierungsdauer oder der vorherige Schädigungsgrad für die Abnahme der Empfindlichkeit ausschlaggebend sind, wurden in

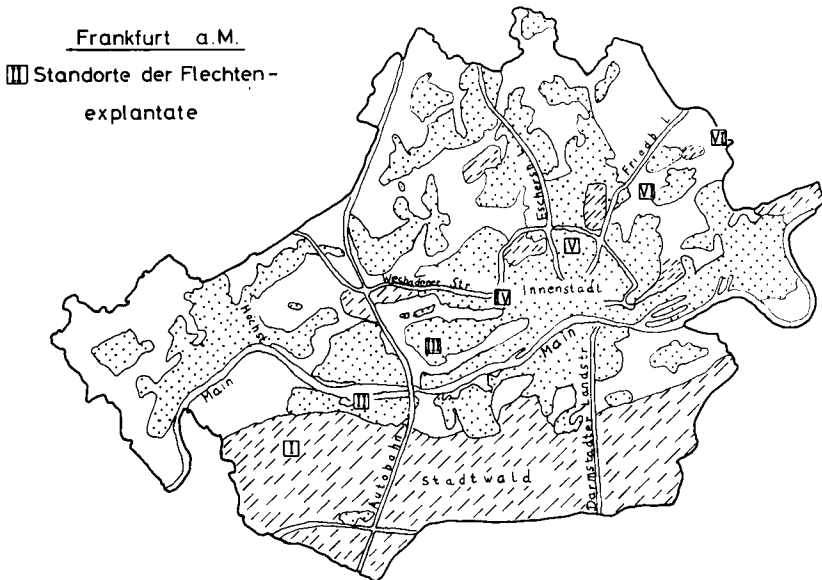


Abb. 1. Stadtgebiet von Frankfurt (Main) mit Standorten der Flechtenexplantate. Punktiert: bebautes Gebiet; schraffiert: Parks bzw. Wald

bestimmten Zeitabständen am Meteorologischen Institut in Frankfurt/M. Flechtentafeln exponiert. Am 1. Oktober 1968 wurde mit Tafel A begonnen, alle sechs Wochen kam eine weitere hinzu, die letzte (D) am 4. Februar 1969 (Abb. 3). Das Fotografieren der Flechten erfolgte in dreiwöchigem Abstand. Auch bei diesem Versuch nahm — mit Ausnahme der ersten drei Wochen — die Schädigung fast linear bis Stufe 5 zu, danach nur noch geringfügig. Daß die Flechten im gleichen Zeitraum ganz verschieden stark auf eine Immissionsbelastung reagieren können, ergibt sich aus einem Vergleich der Schädigungszunahme. Zum Beispiel wiesen die Flechten der Tafel A vom 4. Februar bis 25. Februar eine Zunahme um 0,3, B ebenfalls um 0,3, C dagegen um 1,6 und D um 0,6 auf. Tafel A war schon zwölf Wochen exponiert und schon bis Stufe 4,5 geschädigt, bevor C hinzukam.

Die zweite Versuchsserie wurde am 22. April 1970 begonnen. Das Exponieren der weiteren Flechtentafeln und das Fotografieren erfolgte hierbei etwa alle vier Wochen. Der Beginn im Frühjahr wurde deshalb gewählt, weil die

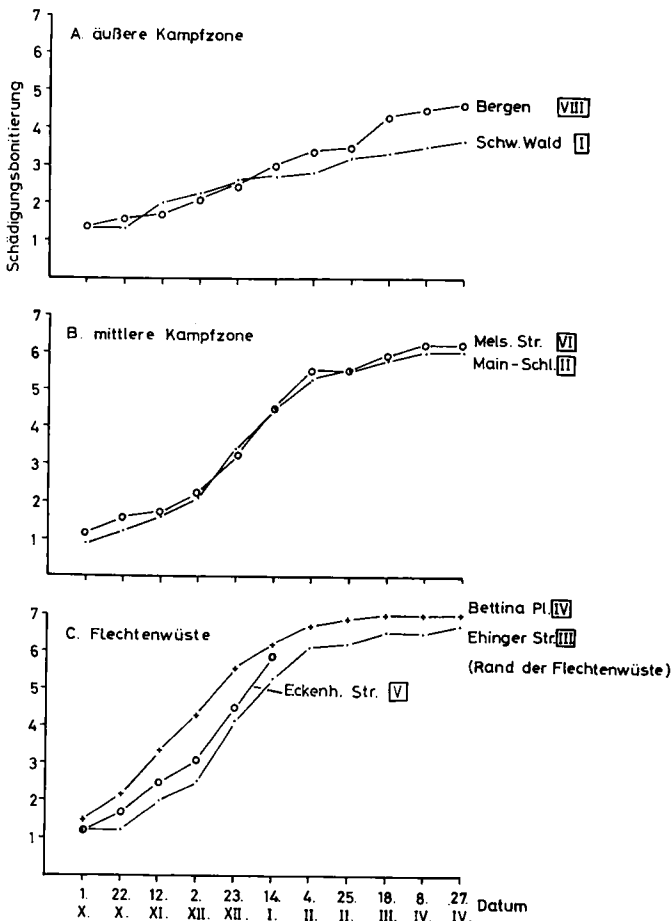


Abb. 2. Bonitierungswerte der *Parmelia physodes*-Explantate in den Zonen der natürlichen Flechtenvegetation. (II) Standorte aus Abbildung 1 (Stadtplan Frankfurt/Main).

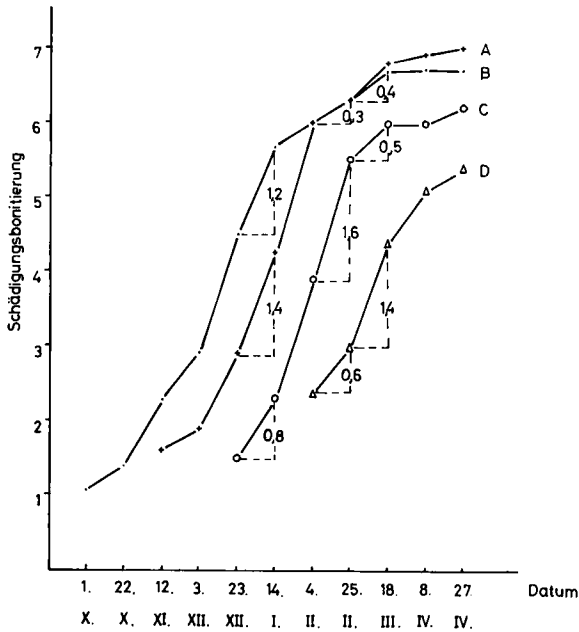


Abb. 3. Schädigungsbonitierung der *Parmelia physodes*-Explantate am Meteorologischen Institut Frankfurt (Main) im Winter 1968/69. A, B, C, D: Verlauf der Schädigung der in jeweils sechswöchigem Abstand exponierten Flechten.

SO₂-Konzentration in Städten im Sommer allgemein niedriger ist als im Winter, und deshalb zunächst über eine längere Zeit hinweg nur geringfügige Schädigungen der Flechten zu erwarten waren. Die *Parmelia physodes*-Explantate wiesen auch bis zu Beginn des Winters nur geringe Veränderungen auf, schon Mitte Februar jedoch waren alle sehr stark geschädigt (Abb. 4). Vergleicht man die SO₂-Konzentration¹⁾ am Exponierungsort der Flechten (Abb. 5) mit der Schädigungsrate, dann ergibt sich eine deutliche Übereinstimmung. Im Frühjahr und Sommer ist die SO₂-Konzentration relativ niedrig, steigt jedoch zum Herbst hin an und erreicht im Januar ein ausgeprägtes Maximum. Auch die relative Luftfeuchtigkeit war zu dieser Zeit am höchsten (Abb. 5).

Daß die Lebenstätigkeit der Flechten von der Wasserversorgung abhängig ist, wurde schon 1892 von JUMELLE festgestellt. Danach war anzunehmen, daß bei optimaler Wasserversorgung die Schädigung der Flechten bei gleichem Schadgasangebot stärker ist als bei schlechter Wasserversorgung (VILLWOCK 1959, RAO und LEBLANC 1966, KLEE 1970). Ob dies auch im Freiland für *Parmelia physodes*-Explantate zutrifft, wurde überprüft, indem Flechtentafeln in der Nähe eines Schornsteins exponiert wurden, und zwar vier völlig frei und vier in einer englischen Wetterhütte. Sowohl im Freien als auch in der Wetterhütte wurden die Flechten zweier Tafeln morgens und abends befeuchtet, die anderen nicht. Die befeuchteten Flechten starben jeweils rascher ab, die in der Wetterhütte noch schneller als die im Freien (Abb. 6).

¹⁾ Herrn Prof. GEORGI vom Meteorologischen Institut in Frankfurt (Main) sei für die freundliche Überlassung der Meßwerte gedankt.

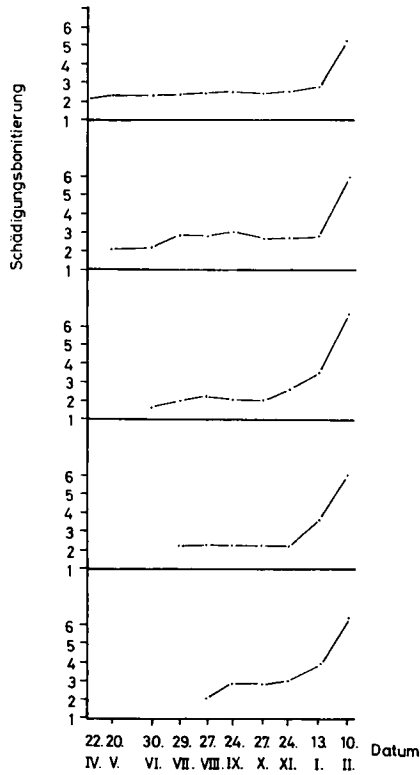


Abb. 4. Schädigungsbonitierung der im Frühjahr/Sommer 1970 in vierwöchigem Abstand am Meteorologischen Institut Frankfurt (Main) exponierten *Parmelia physodes*-Explantate.

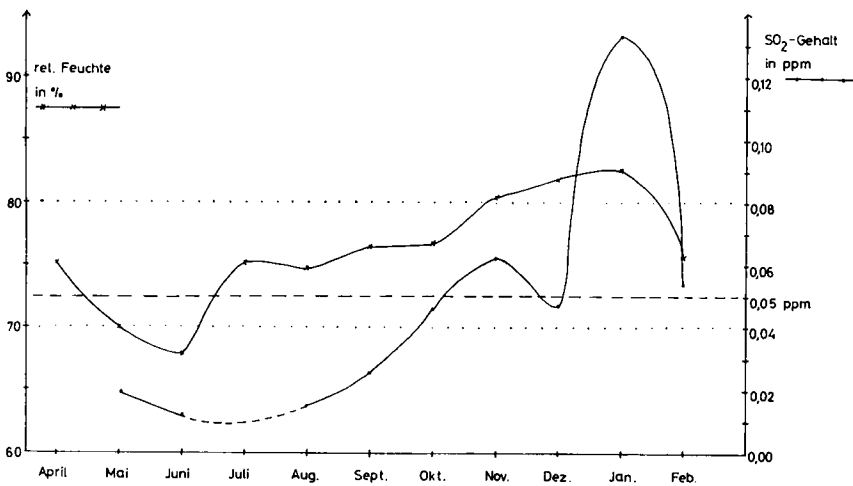


Abb. 5. SO₂-Konzentration und relative Luftfeuchtigkeit von April 1970 bis Februar 1971 am Exponierungsort der Flechtenexplantate am Meteorologischen Institut Frankfurt (Main).

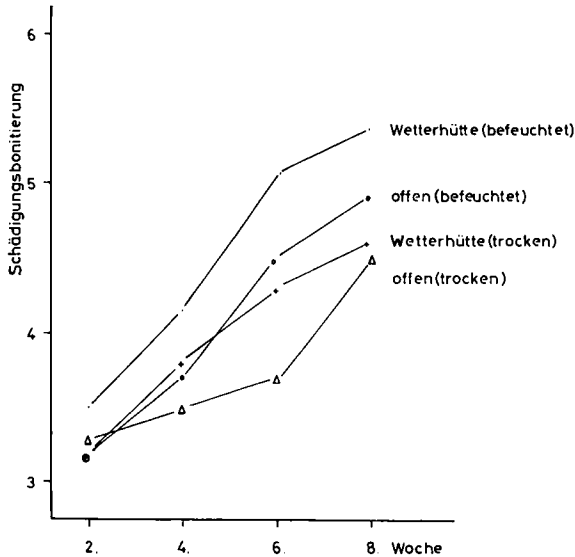


Abb. 6. Schädigungsbonitierung der neben einem Emittenten bei unterschiedlicher Befeuchtung exponierten Flechten.

4. Diskussion

Die im Oktober 1968 exponierten *Parmelia physodes*-Explantate wurden während des Winters stark geschädigt, also in einer Jahreszeit, in der nach KRATZER (1956) kaum Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsunterschiede zwischen Stadt und Land herrschen. Auch zeigten die Flechten bei dem im Frühjahr begonnenen Versuch im Verlauf des Sommers kaum Veränderungen, während sie im Winter fast vollständig abstarben. Es ist deshalb anzunehmen, daß als Ursache für die Schädigung klimatische Gründe nicht in Frage kommen.

Einer der wesentlichen Faktoren für die Schädigung der *Parmelia physodes*-Explantate in Frankfurt ist wohl das Schwefeldioxid. GILBERT (1970) konnte in Newcastle bei der Exponierung von Zweigen, die mit *Parmelia physodes* bewachsen waren, keinen letalen Einfluß auf diese Epiphyten feststellen. Er schließt aus seinen Untersuchungen, daß die Jahresmittelwerte der SO_2 -Konzentration für die Schädigung der Flechten entscheidend seien. Auch in Frankfurt zeigten sich Beziehungen zwischen der jährlichen SO_2 -Belastung und der Schädigung von Flechtenexplantaten (KIRSCHBAUM, KLEE, STEUBING 1971). Jedoch läßt die Reaktion auf die Smoglage im Dezember/Januar 1970/1971 der am Meteorologischen Institut exponierten Flechten darauf schließen, daß diese Pflanzen in Städten auch durch kurzfristige, hohe Schadgaskonzentrationen geschädigt werden. Dieser Befund bestätigt die Vermutung von HAWKSWORTH und ROSE (1970).

Bei der Verwendung von *Parmelia physodes*-Explantaten ist weiterhin zu beachten, daß die Empfindlichkeit dieser Flechten je nach bereits vorhandenem Schädigungsgrad ganz verschieden sein kann. Den vorliegenden Untersuchungen zufolge ist ab Schädigungsstufe 5, d. h. drei Viertel geschädigt, nur noch eine geringe Zunahme der Schädigung zu verzeichnen. Die Exponierungsdauer scheint

in dem geprüften Zeitraum — etwa ein halbes Jahr — keinen besonderen Einfluß auf die Empfindlichkeit zu haben.

Der durch Begasungsversuche nachgewiesene Einfluß der Wasserversorgung auf die Erhöhung der Schädigungsrate konnte auch bei der Exponierung von *Parmelia physodes*-Explantaten neben einem Emittenten festgestellt werden. Die stärkere Schädigung der in der Wetterhütte exponierten Flechten ließe sich dadurch erklären, daß diese Thalli vor Sonneneinstrahlung und Windeinflüssen geschützt waren und deshalb langsamer austrockneten.

5. Zusammenfassung

Die Schädigung von *Parmelia physodes*-Explantaten verlief in Frankfurt/M. parallel mit der SO₂-Belastung. Da die Flechten im Sommer nicht geschädigt wurden, kommen klimatische Ursachen weniger in Frage. Die Empfindlichkeit der *Parmelia physodes*-Explantate nimmt ab Bonitierungsstufe 5 (etwa drei Viertel geschädigt) sehr stark ab.

Die Arbeit wurde mit Unterstützung des Bundesinnenministeriums durchgeführt.

6. Literatur

- GILBERT, O. L., 1970: A biological scale for the estimation of sulphur dioxide pollution. *New Phytologist* **69**, 629—634.
- HAWKSWORTH, D. L., and F. ROSE, 1970: Qualitative scale for estimating sulphur dioxide air pollution in England and Wales using epiphytic lichens. *Nature* **227**, 145—148.
- JUMELLE, H., 1892: Recherches physiologiques sur les Lichens. *Rev. gen. Bot.* **4**, 49—64, 103—121, 159—175, 220—231, 250—277, 305—320.
- KIRSCHBAUM, U., R. KLEE und L. STEUBING, 1971: Flechten als Indikatoren für die Immissionsbelastung im Stadtgebiet von Frankfurt/M. *Staub — Reinhaltung der Luft* **31**, 21—24.
- KLEE, R., 1970: Die Wirkung von gas- und staubförmigen Immissionen auf Respiration und Inhaltsstoffe von *Parmelia physodes*. *Angew. Bot.* **44**, 253—261.
- KLEMENT, O., 1958: Die Flechtenvegetation der Stadt Hannover. *Beitr. Naturkde. Niedersachsen* **11**, 56—60.
- KRATZER, A., 1956: Das Stadtklima. Braunschweig.
- LAUNDON, J. R., 1967: A study of the lichen flora of London. *Lichenologist* **3**, 277—327.
- LEBLANC, F., and J. DE SLOOVER, 1970: Relation between industrialisation and the distribution and growth of epiphytic lichens and mosses in Montreal. *Canad. J. Bot.* **48**, 1485—1496.
- LUNDSTRÖM, H., 1968: Luftföroreningars inverkan på epifytfloran hos barrträd i Stockholmsrådet. *Studia forest succ.* **56**, 1—55.
- RAO, D. N., and F. LEBLANC, 1966: Effects of sulphur dioxide on the lichen algae with special reference to chlorophyll. *The Bryologist* **69**, 69—75.
- RYDZAK, J., 1958: Influence of small towns on the lichen vegetation. Part VII. Discussion and general conclusions. *Ann. Univ. Mariae Curie-Sklodowska (Lublin)*, Sect. C, **13**, 281—315.
- SCHÖNBECK, H., 1969: Eine Methode zur Erfassung der biologischen Wirkung von Luftverunreinigungen durch transplantierte Flechten. *Staub — Reinhaltung der Luft* **29**, 14—18.

- SKYE, E., 1968: Lichens and air pollution. — A study of cryptogamic epiphytes and environment in the Stockholm region. *Acta phytogeogr. suec.* 52, 1—123 (+ XIV).
- STEINER, M., und D. SCHULZE-HORN, 1955: Über die Verbreitung und Expositionsabhängigkeit der Rindenepiphyten im Stadtgebiet von Bonn. *Decheniana* 108, 1—16.
- VILLWOCK, I., 1959: Ökologisch-physiologische Untersuchungen zur Frage von Großstadteinflüssen auf die Verbreitung epiphytischer Flechten. Diss Hamburg.

R. KLEE
G. WARNS
63 Gießen
Lehrstuhl Botanik II
Senckenbergstr. 17—21