Decheniana (Bonn) 143, 209–215 (1990)

Mikromorphometrische Untersuchungen an der Blattflechte *Hypogymnia physodes* (L.) NYL. in Kamm- und Tallage des Eggegebirges

Georg Masuch und Hartmut Greven

Mit 7 Abbildungen

(Eingegangen am 8. 2. 1989)

Kurzfassung

Wie frühere Untersuchungen zeigten, fallen die IAP-Werte am westlichen Hang des Eggegebirges in der Kammlage von 400 m über NN niedriger aus als in der Tallage von 300 m über NN. Mit Hilfe morphometrischer Methoden wurden einige Thallusmerkmale von *Hypogymnia physodes* (L.) NYL. untersucht. Diese Blattflechte tritt in der Tallage häufiger und in dichteren Populationen auf als in der Kammlage. Im Vergleich zu den Thalli der Tallage enthalten jene der Kammlage u. a. signifikant mehr Algen und Aplanosporen, dagegen zeigen sie eine verringerte Dicke in den Rindenschichten. Die strukturellen Unterschiede werden auf Luftschadstoffe zurückgeführt.

Abstract

Previous studies revealed that IAP-indices on the western slope of the Egge mountains were lower at 400 m above sea level on the top stands of the Egge mountains than at 300 m in the valley stands. Therefore we have examined by morphometric techniques some characters of the epiphytic lichen *Hypogymnia physodes* (L.) NYL., which occurred more frequently and in denser populations in the valley stands. In comparison to the valley-population lichen thalli from the mountain top show among others significantly more algae and aplanospores as well as a decrease in cortex thickness. The differences demonstrated were likely caused by pollution.

1. Einleitung

Frühere Untersuchungen an einem westexponierten Hang im Eggegebirge hatten ergeben, daß Stieleichen (*Quercus robur* L.) im Tal (300 m über NN) häufiger und dichter mit der mäßig toxitoleranten Blattflechte *Hypogymnia physodes* (L.) NYL. besiedelt waren als die Eichen der Kammlage (400 m über NN) (MASUCH 1984). Ferner zeigte sich, daß die IAP-Werte (Index of Atmospheric Purity) im Tal höher lagen als auf dem Kamm. Die insgesamt schlechtere Situation auf dem Kamm wurde mit der mittleren Anzahl der Nebeltage in diesem Gebiet und der offenbar damit einhergehenden Belastung durch Schadstoffe im Nebel- und Wolkenwasser in Zusammenhang gebracht (MASUCH 1985).

Wir haben daher den Thallusaufbau von *H. physodes* aus der Tal- und Kammzone miteinander verglichen und diskutieren die festgestellten Unterschiede im Hinblick auf die Belastungssituation der Egge.

2. Methode

Flechtenthalli von *Hypogymnia physodes* (L.) NYL. (Thallusdurchmessser 1,8 bis 2,3 cm) wurden Mitte April 1984 jeweils von der Westseite des unteren Stammabschnittes von Stieleichen (*Quercus robur* L.) aus einer Talzone (300 m über NN, Abteilung 176 des Forstbetriebsbezirkes Schwaney) und einer Kammzone (400 m über NN, Abteilung 200 und 201 des Forstbetriebsbezirkes Buke im Forstamtsbezirk Paderborn) eines westexponierten Hanges im Eggegebirge zwischen Schwaney und Bad Driburg entnommen.

Kleine Stücke der lappigen Thallusränder wurden zunächst in 2,5% Glutaraldehyd in 0,1 mol Cacodylatpuffer, pH 7,2, und anschließend in 2% Osmiumtetroxid jeweils 1 Stunde lang fixiert und in Styrol-Methacrylat (KUSHIDA 1961) eingebettet. Semidünnschnitte (Dicke etwa 1 µm) wurden mit 0,5% Borax-Toluidinblau gefärbt.

Zur Auswertung wurden jeweils 5 bis 8 Querschnitte einzelner Loben in Richtung Thallusmitte in 10 etwa 150 µm lange Segmente eingeteilt und für jedes Segment gesondert mit Hilfe eines geeigneten Okularmikrometers der Durchmesser der Flechtenalgen (*Trebouxia*)

und die Dicke der einzelnen Thallusschichten gemessen sowie die Anzahl der Algen und der Aplanosporen bestimmt.

Signifikanzen wurden mit Hilfe des t-Testes nach STUDENT berechnet (WEBER 1986).

3. Ergebnisse

Im Vergleich zur Tallage erfährt der Flechtenthallus von *Hypogymnia physodes* in der Kammlage einige strukturelle Veränderungen. Der für *H. physodes* typische hohle, aufgeblasene Lobus ist in der Kammlage dünner (Abb. 1a, b). Etwa 400 µm von der Lobusspitze entfernt ist er in der Tallage 340 ± 60 µm dick, in der Kammlage jedoch nur 215 ± 70 µm ($p < 0{,}001$).

Teilt man die Loben von der Peripherie in Richtung Thallusmitte in jeweils 150 µm lange Segmente ein, so zeigt sich, daß die oberen und unteren Cortexlagen bis zum 6. Segment bei Flechten der Kammlage signifikant ($p < 0{,}05$) schwächer ausgebildet sind (Abb. 2, 3). Die Algenschicht ist dagegen etwas stärker entwickelt. In den 10 Segmenten des Thallus von Flechten der Tallage finden sich durchschnittlich 8.850 Algenzellen pro Querschnitt, in denen der Kammlage jedoch 10215 Algenzellen.

In Kamm- und Tallage treten etwa gleich viele Algen mit kleinem Durchmesser (< 4 µm) und gleich viele mit extrem großem Durchmesser (> 8 µm) auf. Algen mittlerer Größe (Durchmeser von 5 bis 8 µm) treten in allen Segmenten signifikant ($p < 0{,}05$) häufiger bei Flechten der Kammlage auf (Abb. 4).

Vom 2. bis 10. Segment hat die Menge der Algenzellen in den Flechten der Kammlage signifikant ($p < 0{,}05$) zugenommen (Abb. 5). Die Verteilung der Größenklassen von Algen ist in beiden Höhenlagen unterschiedlich (Abb. 6). In der Größenklasse I (Ø < 4 µm) treten keine signifikanten Unterschiede auf, in der Größenklasse II (4 µ m< Ø < 8 µm) führen Flechten der Kammlage mehr Algenzellen, in der Größenklasse III (Ø > 8 µm) sind die Flechtenalgen an beiden Standorten mengenmäßig etwa gleich. Die Algen der Größenklasse II bilden über 50% der gesamten Algenpopulation. In den beiden peripheren Thallussegmenten, d. h. in der äußeren 300 µm breiten Zone, treten nahezu gleich viele junge Algen (Größenklasse I) und ausgewachsene Algen (Größenklasse II) auf. Sie bilden jeweils

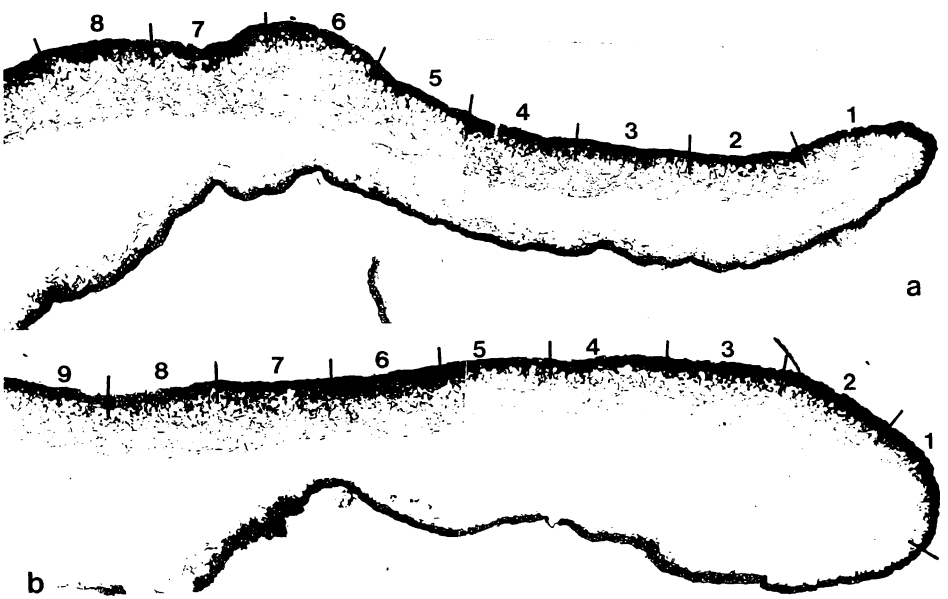

Abbildung 1. a und b: Querschnitt durch einen Lobus von *H. physodes* aus der Kammlage (a) und aus der Tallage (b). Jedes Segment ist 150 µm breit.

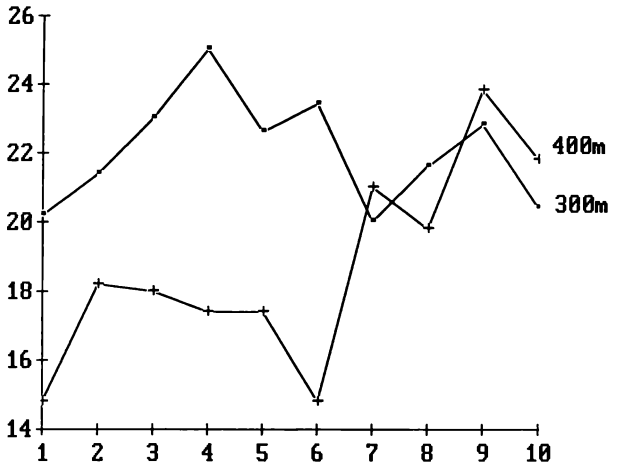

Abbildung 2. Dicke des oberen Cortex von *H. physodes* in der Kammlage (400 m) und der Tallage (300 m). Abszisse: Lobussegment 1 bis 10. Ordinate: Dicke in µm.

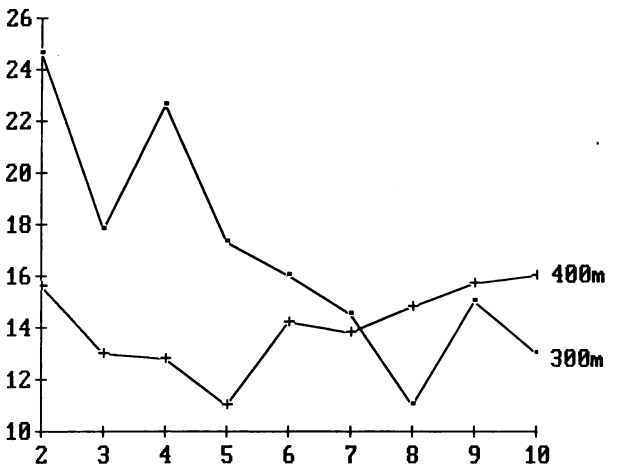

Abbildung 3. Dicke des unteren Cortex von *H. physodes* in der Kammlage (400 m) und der Tallage (300 m). Abszisse: Lobussegmente 1 bis 10. Ordinate: Dicke in µm.

etwa 45% der Algenpopulation der Segmente 1 und 2 (Abb. 7). Vom 3. Segment an ändert sich das Verteilungsbild; die Zahl der kleinen Algen (Größenklasse I) nimmt ab, die der größeren (Größenklasse II) nimmt zu. Diese „Schere" öffnet sich bei den Flechtenalgen der Kammlage stärker als bei denen der Tallage (Abb. 6, 7). Vom 3. Segment an führen Flechten der Kammlage signifikant mehr Algen der Größenklasse II als Flechten der Tallage ($p < 0.05$). Algen der Größenklasse III sind an beiden Standorten in den einzelnen Segmenten gleich häufig vertreten. Sie haben einen Anteil von weniger als 10% an der Algenpopulation. In allen Segmenten, in besonderem Maß in der Lobenspitze der Flechtenthalli aus der Tal- und Kammlage, treten Algen auf, die Aplanosporen gebildet haben; ihre Anzahl nimmt zur Thallusmitte hin ab. In der Tallage haben nur 0,5% der Population Aplanosporen, in der Kammlage dagegen 2,1%.

Die Flechtenalgen der Tallage enthalten an der Peripherie der Chloroplasten Reservesubstanzen, die den Algen der Kammlage weitgehend fehlen.

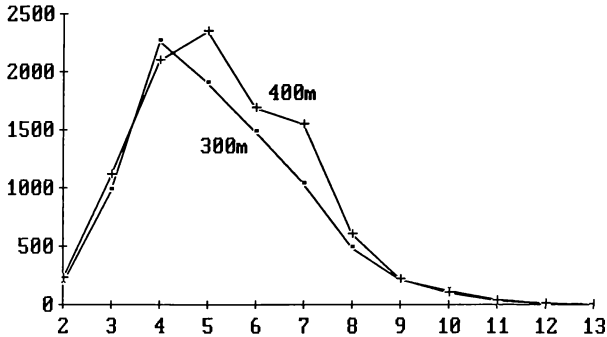

Abbildung 4. Verteilung unterschiedlich großer Algen in den ersten 10 Segmenten des Lobus von *H. physodes* in der Kamm- und Tallage. Abszisse: Algendurchmesser in µm. Ordinate: Anzahl der Algen.

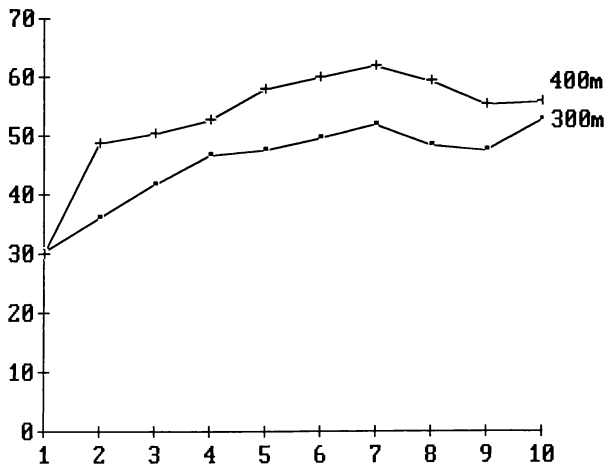

Abbildung 5. Anzahl der Algenzellen in den Segmenten eines Lobus von *H. physodes* aus der Kammlage (400 m) und der Tallage (300 m). Abszisse: Lobussegmente 1 bis 10. Ordinate: Anzahl der Algenzellen.

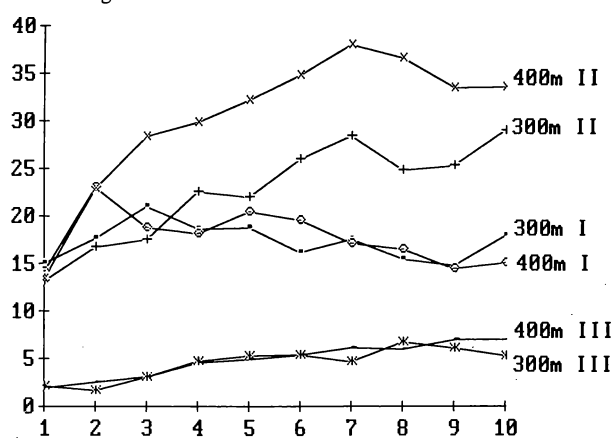

Abbildung 6. Verteilung unterschiedlicher Größenklassen (I bis III) der Algenzellen in den Lobussegmenten von *H. physodes* aus der Kammlage (400 m) und der Tallage (300 m). Abszisse: Lobussegmente 1 bis 10. Ordinate: Anzahl der Algenzellen.

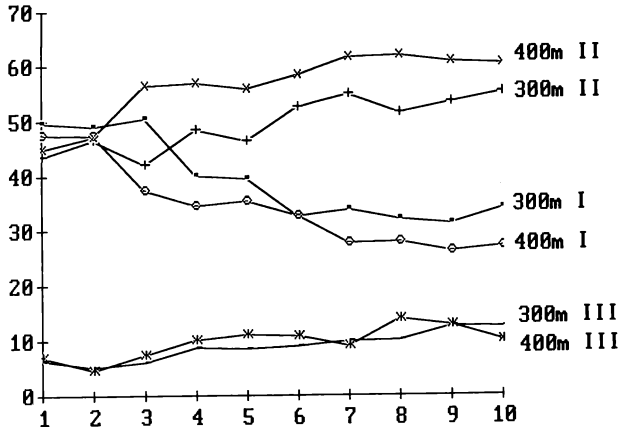

Abbildung 7. Verteilung unterschiedlicher Größenklassen (I bis III) der Algenzellen in den Lobussegmenten von *H. physodes* aus der Kammlage (400 m) und der Tallage (300 m). Abszisse: Lobussegmente 1 bis 10. Ordinate: Anzahl der Algen in %.

4. Diskussion

Flechten zeichnen sich durch langsames Wachstum und hohe Lebensdauer aus. Blattflechten wie *Hypogymnia physodes* wachsen zentrifugal von den Thallusrändern nach außen und bilden kreisförmige Kolonien (HALE 1983). Aufgrund radialer Zuwachsraten repräsentiert die Peripherie jeweils die jüngsten Zonen eines Thallus (HILL 1981). Die wachsende Randpartie ist gut mit Algenzellen versorgt. Durch hohe Lichtintensitäten und Trockenheit des Substrates wird die Dicke der Algenschicht reduziert (GREENHALGH und ANGLESEA 1979). Die Zuwachsrate beträgt bei *H. physodes* in Finnland 1,2 bis 1,5 mm pro Jahr (HAKULINEN 1966). Die von uns untersuchte etwa 150 µm breite Randzone von *H. physodes* des Eggegebirges dürfte aus den Jahren 1983 und 1984 stammen; insgesamt schätzen wir das Alter der Thalli auf 8 bis 12 Jahre (vgl. dazu BESCHEL 1958).

Wesentliche morphologische Unterschiede zwischen den Flechten der beiden Höhenstufen im Eggegebirge sind die in der Kammlage höhere Anzahl von Algen und Aplanosporen, die Reduzierung der Dicke der oberen und unteren Cortex sowie eine stärkere Entwicklung der Algenschichten. Letzteres läßt sich vor allem auf eine stärkere Entwicklung von Algen der Größenklasse II zurückführen.

Wie aus unseren Experimenten in Klimakammern deutlich wird, nimmt z. B. bei der Flechte *Platismatia glauca* die Menge der Algenzellen mit größerem Durchmesser nach H_2O_2-Benebelung zu (unpubl.). HOLOPAINEN (1981) hat die Feinstruktur von *H. physodes* aus SO_2 belasteten und relativ unbelasteten Gebieten miteinander verglichen und festgestellt, daß nicht nur die Algenmenge in Flechten aus den belasteten Gebieten deutlich erhöht war, sondern die Algenschicht insgesamt an Dicke zugenommen hatte und oberer und unterer Cortex der Thalli reduziert waren. Derselbe Autor transplantierte *H. physodes* und *Alectoria capillaris* aus einem relativ unbelasteten Gebiet in die Nähe einer Holzschleiferei, die SO_2 (4000 t/Jahr) und geringere Mengen NO_2 und NH_3 emittierte. Nach 6 bis 7 Monaten war die Anzahl der Algen und Aplanosporen in beiden Flechten deutlich erhöht, offenbar eine Reaktion der Flechten auf die Immissionsbelastung (HOLOPAINEN 1981).

Unter Berücksichtigung dieser Ergebnisse können auch die hier mitgeteilten Unterschiede zwischen den Flechtenthalli der Kamm- und der Tallage auf Belastungen durch Schadstoffe in der Luft, im Wolkennebel und in den Niederschlägen zurückgeführt werden. Eine Beeinträchtigung des Wachstums von *H. physodes* in der Kammlage konnte bereits aufgrund ihrer Besiedelungssukzession (MASUCH 1984) und eine generelle Störung anhand von IAP-Werten aufgezeigt werden (MASUCH 1985). Zudem hat sich das Artengefüge der

Flechtenflora im Eggegebirge seit der Jahrhundertwende drastisch verändert und sensitive Arten sind sogar z. T. vollständig verschwunden (MASUCH 1988).

Es ist bekannt, daß das Eggegebirge stark durch verschiedene Immissionen belastet wird. Nach Ergebnissen der TEMES-Meßstation im Eggegebirge betrug z. B. die mittlere SO_2-Konzentration für das Meßjahr 1983/84 38 µg/m³ mit einem höchsten Monatsmittelwert von 82 µg/m³ im März 1984; höchste Halbstundenwerte wurden im November 1983 mit 550 µg/m³ gemessen (PFEFFER 1985). Aufgrund höherer Jahresniederschläge ist in der Kammlage auch mit einem vermehrten Schadstoffeintrag zu rechnen (BLOCK & BARTELS 1983). Der pH-Wert des Freiflächenniederschlags betrug hier im Meßjahr 1982/83 durchschnittlich 4,3. Die Protonenkonzentration lag bei 0,05 mg/l; im Fichtenkronendurchlaß war sie um das 5fache erhöht. Die gewogenen Mittelwerte im Freiflächenniederschlag betrugen für Sulfat 5,0 mg/l, für Nitrat 3,8 mg/l und für Ammonium 1,6 mg/l. Im Fichtenkronendurchlaß waren die Sulfatkonzentrationen um das 5fache, die Nitratkonzentrationen um das 3fache und die Ammoniumkonzentrationen um das 2,5fache erhöht (BLOCK & BARTELS 1984). Die Zunahme an Algen in den Thalli von *H. physodes* in der Kammlage könnte auf einen Eutrophierungseffekt durch Nitrat und Ammonium zurückgeführt werden. Nitratdüngung erhöht z. B. bei *Pisum sativum* die SO_2-Toleranz, Ammoniumdüngung bewirkt jedoch das Gegenteil (JÄGER und KLEIN 1976).

Zusammenfassung

Das Eggegebirge ist in Nordrhein-Westfalen ein Schwerpunktgebiet für Waldschäden. Frühere Flechtenkartierungen am westlichen Eggehang zeigten, daß sich die Kammlage (400 m über NN) gegenüber der Tallage (300 m über NN) durch niedrigere IAP-Werte (MASUCH 1985) und geringere Populationsdichte von *Hypogymnia physodes* (L.) NYL. auszeichnet (MASUCH 1984). Der hier vorgestellte morphometrische Vergleich von Thallusmerkmalen an *Hypogymnia physodes* verdeutlicht, daß sich die Loben aus Tal- und Kammlage in ihrer mikroskopischen Struktur signifikant unterscheiden. Sie sind in der Kammlage schwächer aufgeblasen. Die oberen und unteren Cortexlagen sind geringer ausgebildet. Dagegen ist die Algenschicht stärker entwickelt und führt mehr Algenzellen der mittleren Größenklasse (4 µ m< Ø < 8 µm). In der Kammlage liegt der Anteil der Algen mit Aplanosporen um das Vierfache höher (2,1% der Algenpopulation) als in der Tallage (0,5% der Algenpopulation). Diese Veränderungen werden in Übereinstimmung mit Befunden von HOLOPAINEN (1981) als eine Reaktion der Symbiosepartner auf Luftschadstoffe interpretiert.

Danksagung

Mit finanzieller Unterstützung des Gesamtverbandes des Deutschen Steinkohlenbergbaus, Essen. Frau I. SCHROCK danken wir für technische Hilfe.

Literatur

BESCHEL R. (1958): Flechtenvereine der Städte, Stadtflechten und ihr Wachstum. – Ber. Naturwiss.-Med. Ver. Innsbruck **52**: 1–158.

BLOCK, J. & BARTELS U. (1983): Stand der Depositionsmessungen im Pilotprojekt Saure Niederschläge. – LÖLF-Mitteilungen, Sonderheft **1983**, 1a–2a.

– & – (1984): Hoher Schadstoffeintrag in unseren Wäldern. – LÖLF-Mitteilungen **9**, 14–20.

GREENHALGH G. N. & ANGLESEA D. (1979): The distribution of algal cells in lichen thalli. – Lichenologist **11**, 283–292.

HAKULINEN R. (1966): Über die Wachstumsgeschwindigkeit einiger Laubflechten. – Ann. Bot. Fenn. **3**, 167–179.

HALE M. E. (1983): The biology of lichens. 3. Aufl. 190 S. – London (Edward Arnold).

HILL D. J. (1981): The growth of lichens with special reference to the modelling of circular thalli. – Lichenologist **13**, 265–287.

HOLOPAINEN T. (1981): Alterations in the ultrastructure of epiphytic lichens *Hypogymnia physodes* and *Alectoria capillaris* caused by air pollution. – Silva Fennica **15**, 469–474.

JÄGER H.-J. & KLEIN H. (1976): Modellversuche zum Einfluß der Nährstoffversorgung auf die SO_2-Empfindlichkeit von Pflanzen. – Eur. J. For. Path. **6**, 347–354.

KUSHIDA M. (1961): A new embedding method for ultrathin sectioning using a methacrylate resin with threedimensional polymer structure. – Journ. Electron Microscopy. **10**, 194–199.

MASUCH G. (1984): Besiedlungssukzessionen der Flechte *Hypogymnia physodes* (L.) NYL. entlang eines Höhengradienten im Eggegebirge. – Staub-Reinhalt. Luft **44**, 492–496.

– (1985): Flechtenkartierung entlang eines Niederschlagsgradienten im Eggegebirge. – Staub-Reinhalt. Luft **45**, 573–578.

– (1988): Veränderungen der epiphytischen Flechtenflora im Eggegebirge seit 1900. – Acta Biol. Benrodis **1**, 7–17.

PFEFFER H. U. (1985): Immissionserhebungen in quellfernen Gebieten Nordrhein-Westfalens. – Staub-Reinhalt. Luft **45**, 287–293.

WEBER E. (1986): Grundriß der biologischen Statistik. Anwendung der mathematischen Statistik in Forschung, Lehre und Praxis. 9. Aufl. 652 S. – Stuttgart (G. Fischer).

Anschriften der Verfasser: Prof. Dr. G. Masuch, Universität-GHS Paderborn, FB 13 (Naturwissenschaften II), Warburger Str. 100, D-4790 Paderborn;
Prof. Dr. H. Greven, Universität Düsseldorf, Zoologie II, Universitätsstr. 1, D-4000 Düsseldorf 1.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Decheniana

Jahr/Year: 1990

Band/Volume: 143

Autor(en)/Author(s): Greven Hartmut, Masuch Georg

Artikel/Article: Mikromorphometrische Untersuchungen an der Blattflechte Hypogymnia physodes (L.) Nyl. in Kamm- und Tallage des Eggegebirges 209-215