

FLECHTENBIOINDIKATION IM GEBIET VON SPIŠSKÁ NOVÁ VES (NORDOSTSLOWAKEI)

Anna Lackovičová

Ivan Pišút

Botanical Institute, Slovak Academy of Sciences, Dúbravská cesta 14, 842 23 Bratislava, Czechoslovakia

Die Industrie-Agglomeration im Bereich der Stadt Spišská Nová Ves in der Nordostslowakei gehört zu den Gebieten, die sehr tiefgreifend durch Schadstoffe betroffen sind. Dies wird durch die Wirkung bedeutender Immissionsquellen in Spišská Nová Ves und in den östwärts liegenden Städtchen Rudňany und Krompachy verursacht.

In der Eisenerzhütte in Rudňany werden ausser Eisenerzkonzentraten auch Kupfer- und Barytkonzentrate, Quecksilber und reines Kupfer produziert. Ausser SO_2 (1 700 Tonnen jährlich) emittieren die Betriebe beträchtliche Mengen von Schwermetallen, insbesondere Quecksilber. Im Städtchen Krompachy werden reines Kupfer und Kupferkonzentrate erzeugt. In die Luft gelangen neben SO_2 (20 000 Tonnen) auch hohe Mengen von Schwermetallen (1 800 Tonnen fester Substanzen) und As_2O_3 (107 Tonnen). Ein Heizkraftwerk in Spišská Nová Ves emittiert ca 2 000 Tonnen SO_2 (nach Babušík & al. 1984).

METHODIK

Im untersuchten Gebiet (ca 720 km²) wurde die Verbreitung epiphytischer Flechten kartiert. An 16 Standorten wurden Proben von *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. und Fichtennadel entnommen, an 25 Standorten wurden Borkenproben von Fichten und Kiefern gesammelt. Der Gehalt an Schwermetallen in den Thalli von *Hypogymnia physodes* und in den Assimilationsorganen der Fichte wurde mittels der Atomabsorptionsspektroskopie analysiert. Auasser der Borkenazidität (Härtel & Grill 1972) wurden im Laboratorium auch der S-Gehalt (sensu Buck 1962) in der Borke und der P-Gehalt (sensu Holub 1973) in den Nadeln von *Picea abies* ermittelt.

ERGEBNISSE

a) Flechtenindikation

Epiphytische Flechten wurden an 400 Standorten beobachtet (die Phorophyten waren hauptsächlich Nadelbäume). Insgesamt wurde das Vorkommen von 39 Sippen festgestellt (Tab. 1).

Im Vergleich zur Vergangenheit, hat sich der Zustand der epiphytischen Flechtenflora wesentlich verschlechtert: sie ist deutlich verarmt. Dies bestätigen die Vergleiche mit älteren Literaturangaben (Kalchbrenner 1865; Suza 1949, 1951) und Herbarbelegen (Kalchbrenner, Linge-BRA).

Pišút studierte die Flechtenflora in der Umgebung von Rudňany am Anfang der sechziger und wiederholt in den achtziger Jahren (Pišút 1962, 1984). Nach Ablauf zweier Jahrzehnte konnte das Vorkommen mehrerer Arten nicht mehr bestätigt werden (z. B. Vertreter der Gattung *Usnea*, *Platismatia glauca*, *Parmelia subargentifera*, *P. tiliacea*). Weitere Sippen sind Inzwischen selbengeworden oder

Tab. 1. Frequenz der Flechten

1. F > 18%

Lecanora conizaeoides (56.2%), *Hypogymnia physodes* (40.5%), *Scoliciosporum chlorococcum* (23.8%), *Lepraria incana* (19.2%), *Hypoceromyce scalaris* (18.3%)

2. F = 1,1 - 10%

Buellia punctata, *Caloplaca cerina*, *Candelariella reflexa*, *C. xanthostigma*, *Cladonia ochrochlora*, *C. fimbriata*, *Lecanora carpinea*, *L. hageni*, *L. pulicaris*, *L. symmetrica*, *Lecidella elaeochroma*, *L. euphorea*, *Parmelia glabratula*, *P. sulcata*, *Parmeliopsis ambigua*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Physcia adscendens*, *P. stellaris*, *Physconia grisea*, *P. pulverulacea*, *Xanthoria candelaria*, *X. parietina*, *P. polycarpa*

3. F < 1%

Evernia prunastri, *Parmelia exasperatula*, *P. glabra*, *P. quercina*, *Parmeliopsis aleurites*, *Phycitis argena*, *Pseudevernia furfuracea*, *Ramalina fastigiata*, *R. fraxinea*, *Usnea hirta*

sind nur als geschädigte Exemplare vorhanden. Die Verbreitungsgrenzen der relativ wenig empfindlichen Arten (*Hypogymnia physodes*, *Parmelia sulcata*) traten auffallend zurück. Auf der anderen Seite hatten sich einige wenige, früher hier sehr seltene (*Lecanora conizaeoides*) oder unbekannt Arten (*Scoliciosporum chlorococcum*) sprunghaft ausgebreitet.

Der Rückgang der epiphytischen Flechten verläuft auch an Standorten, die von den wichtigsten Ermittlern weiter entfernt sind, sehr schnell. Zum Beispiel liegt der Hügel Kalvária oberhalb der Stadt Levoča ist ca 15 km nordwestlich von Rudňany entfernt. In den Jahren 1976 und 1978 wurden hier insgesamt 33 epiphytische Flechtenarten notiert (Pišút, Liška). Im Laufe von zehn Jahren sank die Zahl auf 20 (zurückgetreten sind z. B. *Anaptychia ciliaris*, *Parmelia acetabulum*, *P. elegantula*, *P. subrudecta*). Es ist interessant, dass *Lecanora conizaeoides* am Standort erst im Jahre 1991 gefunden wurde.

Wie bekannt, hängt die Verbreitung epiphytischer Flechten im Gelände eng mit Konzentration der Schadstoffe in der Luft zusammen. Im Umkreis von ca 2 km beider Hütten in Kropmáchy und Rudňany wachsen heutzutage keine Laubflechten. Die epiphytische Flechten sind nur durch drei toxischeren Arten vertreten: *Lecanora conizaeoides*, *Scoliciosporum chlorococcum* und *Lepraria incana*. Die Präsenz der Laubflechte *Hypogymnia physodes* indiziert die äussere Grenze der Zone, wo die Flechten am stärksten belastet sind. Die ersten, kümmerlich entwickelten Thalli der *Hypogymnia physodes* erschienen erstmals in einer Entfernung 1,7 km SW (Kropmáchy), bzw. 1,85 km SW (Rudňany) von den Immissionsquellen. Normal entwickelte Lager dieser Flechte wurden erst in einer Entfernung von 4,2 km (Kropmáchy), bzw. 2 km (Rudňany) festgestellt.

Proben von *Hypogymnia physodes* wurden an 16 Standorten entnommen. Der Gehalt an Schwermetallen und Arsen wurde analytisch festgestellt. Eine deutliche Kumulation der einzelnen Elemente wurde auch in grösseren Entfernungen von den Immissionsquellen festgestellt. Merkwürdig ist besonders die hohe Konzentration von Quecksilber in den Lagern von *Hypogymnia physodes* (Der Quecksilbergehalt in Flechten wurde hier zum erstenmal in der Tschecho-Slowakei studiert). Ausführlicher wird über die Ergebnisse an anderer Stelle referiert (Lackovičová & al., im Druck).

b) Physikalisch-chemische Borkenanalysen

In den flechtenarmen Gebieten wurde zur Indikation der Luftschadstoffe auch die Borke der Bäume benutzt. Mittels derer pH-Werte ist es möglich, die durch SO_2 unterschiedlich belasteten Zonen festzustellen. In der Abhängigkeit von den äusseren Bedingungen kann ausser der Azidität auch die Alkalität der Borke steigen. Der letztgenannte Fall wurde in der Umgebung der Magnesitwerke in Jelšava und Lubeník studiert (Pišút 1974, 1978).

Im Industriegebiet um Spišská Nová Ves, Rudňany und Krompachy wurde die Borkenazidität von *Picea abies* und *Pinus sylvestris* an 24 Standorten untersucht. Bei der Fichte schwankten die pH-Werte von 2.50 bis 3.18; bei der Kiefer von 2.49 bis 3.47. Die niedrigsten pH-Werte wurden in Slovinky und Spišský Hrhov etwas höhere bei den Kiefern in Rudňany festgestellt. Die höchsten Werte wiesen die Kiefern in Spišská Nová Ves auf.

Die Azidität der Borke in der weiteren Umgebung der Hüttenbetriebe wird durch die Konzentration der Immissionen erheblich erhöht. Barkman (1958) gibt als natürliche pH-Werte bei der Fichte 3.8-4.5; bei der Kiefer 3.4-3.8 an. Im untersuchten Gebiet ist die Borkenazidität der Fichte deutlich angestiegen, was auch die Ursache des schnelleren Rückgangs der Flechten an dieser Phorophytenart sein könnte.

Es ist interessant, dass die Azidität der Borken in den höheren Lagen im allgemeinen eine steigende Tendenz aufweist. Höchstwahrscheinlich kommt es hier zu einer erhöhten Immissionsbelastung. Dies beweisen z. B. die Ergebnisse aus der Umgebung von Bratislava (Lackovičová 1981). Das Phänomen wurde auch im Gebiet der Zips (Spiš) vermerkt (Tab. 2).

Tab. 2. pH-Werte der Baumborke

Lokalität	Meereshöhe [m]	Ø pH	
		<i>Picea abies</i>	<i>Pinus syl.</i>
Levoča, Kalvária-Gipfel	700	2.54	2.34
Levoča, Kalvária-Bergfuss	540	3.05	2.67
Branisko, Bergkamm	760	2.90	3.06
Branisko, Bergfuss	590	3.16	3.27

Der Schwefelgehalt in der Borke der untersuchten Bäume schwankte von 1000 bis 2800 mg kg^{-1} der Trockenmasse. Eine Korrelation konnte weder mit der Verbreitung der Flechten noch mit der Borkenazidität nachgewiesen werden.

c) Analysen der Assimilationsorgane

Ähnlich wie bei den Flechten, wurde der Gehalt an Schwermetallen und Arsen in den Nadeln von *Picea abies* analysieren. Sehr hohe Konzentrationen sanken - im Unterschied zu den Flechten-rasch in der Abhängigkeit von steigenden Entfernung von den Emittenden (cf. Lackovičová & al., im Druck).

Das Fluor gehört im untersuchten Gebiet nicht zu den Hauptkomponenten hiesiger Immissionen. Dem entspricht auch der Gehalt in den Blättern von *Fagus sylvatica* und *Picea abies* (Tab. 3). Die Werte waren nur unwesentlich höher als die natürlichen Gehalte von 2-20 mg kg^{-1} (sensu Garber 1968).

Tab. 3. Der F-Gehalt in den Assimilationsorganen der Bäume (Buche, Fichte) in $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$

Baumart	Rudňany	Krompachy
<i>Fagus sylvatica</i>	7.6-11.7	5.1-7.7
<i>Picea abies</i>	11.2-24.6	4.7-10.0

Die Bioindikations- und besonders die Flechtenbioindikationsforschung um Spišská Nová Ves, Rudňany und Krompachy bestätigte also eine Belastung der Umwelt in viel grösserem Masse, als von den Behörden noch heute angenommen wird. In der Gegenwart dehnt sich die am stärksten belastete Zone auf einer Fläche von ungefähr 360 km^2 aus.

LITERATUR

- Babušík I., Schlosser L., Ronchetti L. & Szabó G. (1984): Výskum znečistenia ovzdušia vybraných oblastí SSR. - 56 p., ms. [Výskumná správa depon. in: Kniznica SHMÚ, Bratislava]
- Barkman J.J. (1969): Phytosociology and ecology of cryptogamic epiphytes. - 628 p., Assen, ed. Van Gorcum and Comp. N.V.
- Garber K. (1968): Über den Fluorgehalt der Pflanzen. - Fluor- Wirkungen. Forschungsberichte der Deutschen Forschungsgemeinschaft 14: 42-48.
- Härtel O. & Grill D. (1972): Die Leitfähigkeit von Fichtenborken-Extrakten als empfindlicher Indikator für Luftverunreinigungen. - J. Forest. Pathology 2: 205-215.
- Holub Z. (1983): Určenie fluóru v rastlinách difúznou metódou. Biológia, Bratislava, 28: 3-9.
- Kalchbrenner (1865): Jelenés Szepes megében 1863. évben tett természetudományi utazásról [Bericht über eine naturwissenschaftliche Reise durch das Szepescher Comitatus im J. 1863]. - Term.-Tudom. Közlem., Budapest, 3: 99-125.
- Lackovičová A. (1981): Epifytické lišajníky a čistota ovzdušia v južnej časti Malých Karpát. - ms., 187 p. [Kand. diz. pr. depon. in: Kniznica ÚE SAV, Bratislava]
- Lackovičová A., Martiny E., Pišút I. & Streško (im Druck): Content of some elements of Hypogymnia physodes and pine needles in industry area of Rudňany and Krompachy (NE Slovakia). - Ekológia ČSFR.
- Pišút I. (1962): Bemerkungen zur Wirkung der Exhalationsprodukte auf die Flechtenvegetation in der Umgebung von Rudňany (Nordostslowakei). - Biológia, Bratislava, 17: 481-494.
- Pišút I. (1974): Einflüsse der Magnesiumimmissionen im Bereich zweier Magnesitwerke (Südostslowakei) auf die epiphytische Flechtenflora. - Preslia, Praha, 46: 259-263.
- Pišút I. (1978): Die epiphytische Flechtenvegetation in der Umgebung zweier Magnesitwerke im Tal Muránska dolina (Südostslowakei). - Acta Rer. Natur. Mus. Nat. Slov., Bratislava, 24: 23-30.
- Pišút I. (1984): Die epiphytische Flechtenflora in der Umgebung der Ortschaft Rudňany (Nordostslowakei). - Acta Rer. Natur. Mus. Slov., Bratislava, 30: 27-37.
- Suza J. (1949): Lišejníky Slovenského Rudohoff. - Acta Acad. Sci. Nat. Mor., Brno, 21(6): 1-20.
- Suza J. (1951): Lišejníky Braniska (Slovensko). - Acta Acad. Sci. Nat. Mor., Brno, 23(7): 175-190.