©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Phyton (Horn, Austria)	**Vol. 30**	Fasc. 2	305–311	20. 12. 1990

Wirkung von Haldenstaub auf die optischen Eigenschaften der Blätter von *Erysimum sylvestre*

Von

Helmuth SIEGHARDT*)

Mit 3 Abbildungen

Eingegangen am 1. Februar 1990

Key words: Dust covered leaves, global radiation, optical properties, *Erysimum sylvestre.*

Summary

SIEGHARDT H. 1990. Effects of dust pollution on optical properties of leaves of *Erysimum sylvestre.* – Phyton (Horn, Austria) 30 (2): 305–311, 3 figures. – German with English summary.

Optical properties of artificially dust covered leaves of *Erysimum sylvestre* (CR.) SCOP. from a mining dump in Bleiberg/Carinthia (Austria) were observed. In the wave length range in between 750 and 1350 nm leaves with dust covered adaxial epidermal surface showed a higher absorption rate than clean ones. Otherwise in the visible wave length range (400–700 nm) the absorption degree of global radiation differed unessentially. For increasing absorption degrees of upper epidermis in the near infrared range reflexion and transmission of dusty leaves as well are assumed to be responsible. Reduction of "relative irradiance" and stomatal movement are supposed to be essentially influenced by thickness and colour of the epidermal dust layer.

Zusammenfassung

SIEGHARDT H. 1990. Wirkung von Haldenstaub auf die optischen Eigenschaften der Blätter von *Erysimum sylvestre.* – Phyton (Horn, Austria) 30 (2): 305–311, 3 Abbildungen. – Deutsch mit englischer Zusammenfassung.

Blattproben von *Erysimum sylvestre* (CR.) SCOP. von einer Halde in Bleiberg in Kärnten wurden nach künstlicher Verstaubung hinsichtlich ihrer optischen Eigenschaften untersucht. Dabei zeigte sich, daß im Wellenlängenbereich von 750–1350 nm bei verstaubten Blattoberseiten eine höhere Absorption festzustellen ist, als bei nicht

*) Dr. H. SIEGHARDT, Institut für Pflanzenphysiologie, Universität Wien, Althanstr. 14, A-1091 Wien (Austria).

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

verstaubten Blättern. Der Absorptionsgrad im sichtbaren Bereich der Globalstrahlung (400–700 nm) ist nur unwesentlich verschieden. Für die Erhöhung des Absorptionsgrades im nahen Infrarot sind bei verstaubten Blattoberseiten sowohl die Reflexion als auch die Transmission des Blattes mitverantwortlich. Durch die Dicke der Staubauflage ist eine Verminderung des relativen Lichtgenusses der Pflanze bzw. eine Beeinträchtigung der Funktion der Stomata anzunehmen.

Einleitung

Anthropogene Staubimmissionen (z. B. Industriestäube, Flugasche) haben neben gasförmigen Immissionen eine besondere Bedeutung für Umweltschäden an der Vegetation. Schwermetallhaltige Stäube, wie sie vor allem von Hüttenbetrieben emittiert werden, wirken durch die Toxizität löslicher oder ausgasender Bestandteile auf die physiologischen Eigenschaften der Blätter und der ganzen Pflanze in verschiedener Weise ein. So kann es in Abhängigkeit von der Art und Mächtigkeit solcher Staubschichten auf den Blattorganen zu Depressionen der Photosyntheseleistung, des Wachstums und Ertrages kommen (GODZIK & al. 1977, DÄSSLER 1981, BORKA & SZINTEN 1984).

Untersuchungen über die rein physikalische Wirkung von Staubauflagen auf Blättern sind eher selten. Die meisten dieser Arbeiten befassen sich zudem nur mit der Frage, wieweit Staubauflagen Krusten bilden, oder Staubteilchen durch Verstopfen der Stomata den Wasserhaushalt der ganzen Pflanze beeinflussen können (RICKS & WILLIAMS 1974, MAIER & al. 1979, GODZIK & SASSEN 1979, FLÜCKIGER & al. 1977, CZAJA 1962). Für eine kausalanalytische Interpretation von Staubschäden an der Vegetation ist darüberhinaus die Kenntnis der durch Staubauflagen verursachten Änderung der optischen Eigenschaften der Blätter, insbesondere deren Absorptionseigenschaften der Globalstrahlung von großer Bedeutung (vgl. AUCLAIR 1976, ELLER 1977).

Um mehr Kenntnis über die Wirkung von Staubauflagen auf Blättern zu erhalten, wurden im Modellversuch die optischen Eigenschaften der verstaubten Blätter einer Haldenpflanze untersucht.

Material und Methodik

Für die Untersuchungen über die Wirkung von Staubimmissionen auf die spektralen Eigenschaften von Pflanzen wurden Blätter von *Erysimum sylvestre* (CR.) SCOP. aus Bleiberg in Kärnten geworben. Eine genaue Standortsbeschreibung und Charakterisierung des Bodensubstrates findet sich bei SIEGHARDT 1987.

Die Blattproben wurden im Labor mit Hilfe eines Staub-Aerosolgenerators mit gesiebtem Haldenstaub (Partikelgröße ca. 100 μm) künstlich verstaubt. Dadurch konnte eine gleichmäßige Schicht einer definierten Staubmenge auf die Blattorgane aufgebracht werden. Als Kontrolle dienten nicht verstaubte Blätter von *Erysimum*. An den Blättern wurde der diffuse Reflexionsgrad (r) und der diffuse Transmissionsgrad (t) bei Strahlungseinfall auf die Blattoberseite gemessen. Der Absorptionsgrad (a) läßt sich aus der Beziehung $1 = a + r + t$ berechnen. Als Meßeinrichtung stand ein

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Spektroradiometer ISCO und eine integrierende Kugel samt Bestrahlungseinrichtung im Wellenlängenbereich von 400–1350 nm zur Verfügung (siehe ELLER 1972, BRUNNER & ELLER 1977).

Ergebnisse

Die Blattoberseite von *Erysimum sylvestre* ist von zahlreichen Trichomen („Amboßhaare") bedeckt. Die Oberfläche dieser einzelligen, spindelförmigen Haare ist durch Einlagerung kleiner Ca-carbonat- und Ca-oxalat-Kristalle in die äußere Zellwand warzig rauh (Abb. 1). Durch die rauhe

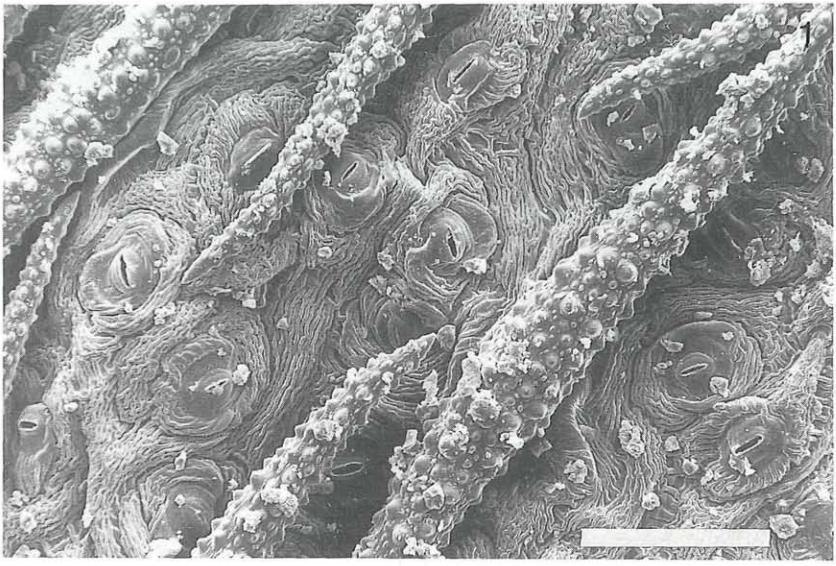

Abb. 1. *Erysimum sylvestre,* Blattoberseite; man beachte die warzigrauhe Oberfläche der Amboßhaare. REM-Aufnahme, Index = 50 μm.

Oberfläche und die große Zahl der Haare pro Flächeneinheit können die Blätter auch als „Feinstaubfalle" angesehen werden, wodurch die spektralen Eigenschaften des Blattes verändert werden (vgl. Abb. 2).

In Abb. 3 sind die spektralen Eigenschaften eines mit Staub bedeckten Blattes von *Erysimum* im Vergleich mit einem sauberen Blatt im Wellenlängenbereich von 350–1350 nm dargestellt. Dabei zeigt sich sowohl im sichtbaren Bereich der Globalstrahlung (400–700 nm) als auch im nahen Infrarot (750–1350 nm) ein grundsätzlich anderes Muster im Verlauf der Strahlungsremission, Transmission und Strahlungsabsorption.

Verstaubte Blätter haben eine erhöhte Remission im sichtbaren Spektralbereich der Globalstrahlung, während im nahen Infrarot die Rückstrahlung deutlich niedriger ist als beim sauberen Blatt. Generell erniedrigt ist dagegen die Lichtdurchlässigkeit bei verstaubten Blättern. Im Infrarot

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

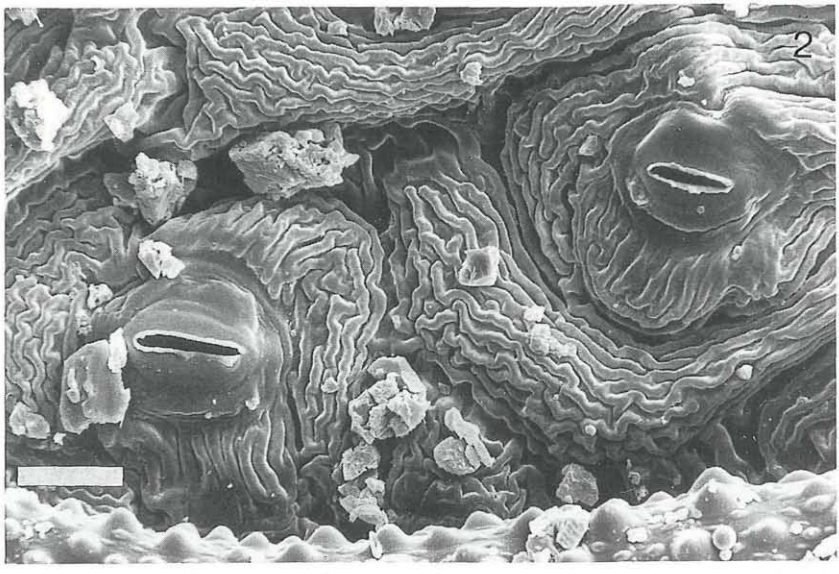

Abb. 2. *Erysimum sylvestre;* obere Epidermis mit Stomata und kleinen Staubpartikeln. REM-Aufnahme, Index = 10 μm.

konnte ein um 30% reduzierter Transmissionsgrad festgestellt werden. Möglicherweise spielen dabei die Farbe und die Dicke der Staubauflage eine große Rolle. Die Absorption der Globalstrahlung im Bereich von 750–1350 nm Wellenlänge ist bei den verstaubten Blättern deutlich vergrößert. Die helle Farbe des Haldenstaubes reduziert einerseits die Strahlungsabsorption im sichtbaren Bereich infolge einer erhöhten Reflexion, andererseits ist die Absorption im Infrarotbereich auf Grund der geringeren Reflexion und Transmission stark erhöht. Für den Bereich von 400–1350 nm Wellenlänge resultiert daraus eine im Mittel um 15% gesteigerte Absorption der verstaubten Blattfläche, verglichen mit dem sauberen Blatt.

Diskussion

Um den Einfluß von Haldenstaub auf die Strahlungsverhältnisse eines Blattes abschätzen zu können, wurden jene Spektralbereiche der Globalstrahlung mitberücksichtigt, die für die Photosynthese und damit für die Nettoproduktion pflanzlicher Biomasse von Bedeutung sind. Im sichtbaren Bereich (400–700 nm Wellenlänge) wird die Absorption in erster Linie durch die Blattpigmente bestimmt und ist bei vitalen Blättern relativ hoch (BILLINGS & MORRIS 1951) (vgl. Abb. 3). Für Wellenlängen ab 750–1350 nm ist der Absorptionsgrad im allgemeinen tief; die Pflanze vermeidet dadurch eine hohe Strahlungsabsorption der infraroten Anteile der Globalstrahlung und damit eine Überhitzung der Blattorgane.

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

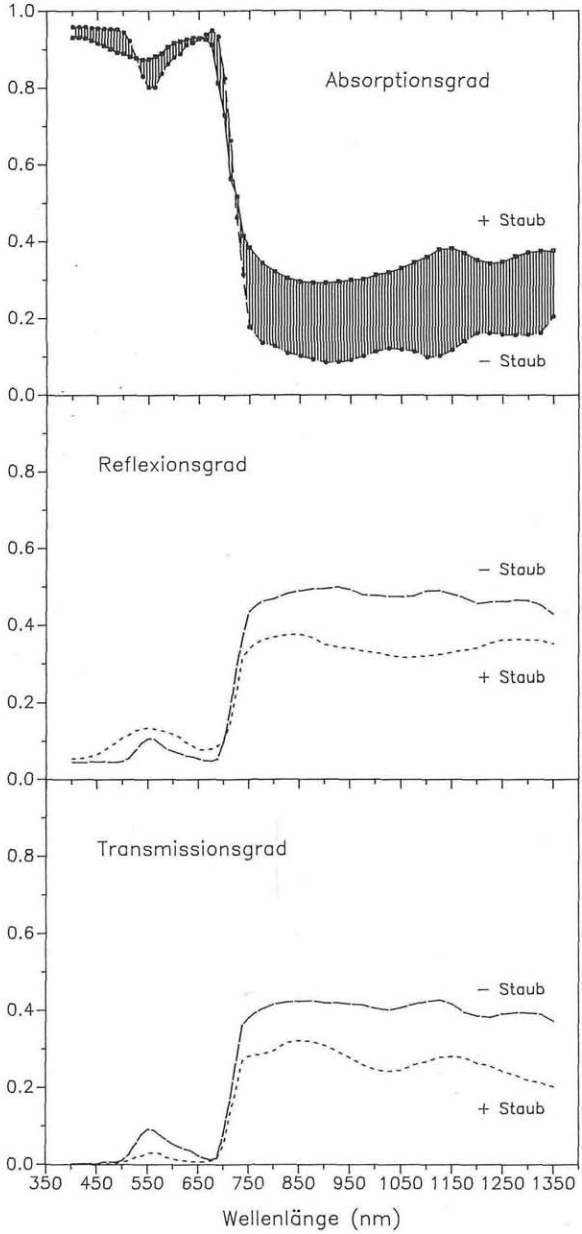

Abb. 3. Änderungen der spektralen Eigenschaften der Blattoberseite von *Erysimum sylvestre* durch Staub.

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Wie die Meßergebnisse gezeigt haben, erhöht sich im nahen Infrarot der Globalstrahlung die Absorption bei gleichzeitiger Reduktion des Reflexionsgrades und der Lichtdurchlässigkeit. Als eine der Ursachen dürfte die Lichtstreuung durch den hellen Staubbelag und die damit verbundene größere Absorption der diffusen Strahlung in der Epidermis und den Trichomen bzw. den darunterliegenden Schichten des Blattmesophylls mitverantwortlich sein (vgl. ELLER 1979). Von ökophysiologischer Bedeutung ist zweifellos das Ausmaß an zusätzlich absorbierter Strahlungsenergie durch den Staubbelag, weil dadurch das System Blatt und Staub stärker erwärmt wird als dies bei einem sauberen Blatt der Fall ist. Ferner muß beachtet werden, daß eine zusätzliche Erwärmung des Blattes dadurch hervorgerufen werden kann, daß durch verstopfte Stomata die Transpiration und damit die Kühlung des Blattes herabgesetzt wird (WOLPERT 1962, FLÜCKIGER & al. 1977). Durch vergleichende Messungen an verschmutzten und gereinigten Blättern konnte ELLER 1977 eine um 2° höhere Temperatur des verstaubten Laubblattes über die Lufttemperatur, im Vergleich mit dem sauberen Blatt, feststellen. Eine erhöhte Blattemperatur muß aber für die Pflanze nicht zwangsläufig negativ sein. Es kann sehr wohl durch die Staubschichte bzw. durch die verursachte Temperaturerhöhung die Nettophotosynthese gesteigert werden, vor allem dann, wenn beim sauberen Blatt die Blattemperatur unter dem Optimum der Photosynthese liegt und durch die Staubschichte der Lichtgenuß der Pflanze nicht herabgesetzt ist bzw. durch verstopfte Stomata der Gasaustausch nicht behindert wird. Als Reaktion des Blattes auf erhöhte Temperaturen konnte in neuerer Zeit die Akkumulation der Aminosäure Prolin im Blattgewebe festgestellt werden (VORA & BHATNAGAR 1987).

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß Epidermisauflagen aus Stäuben die Absorption der Globalstrahlung gegenüber dem sauberen Blatt erhöhen, wobei diese Erhöhung in erster Linie im Bereich des nahen Infrarot (für Wellenlängen über 750 nm) erfolgt. Ferner kann davon ausgegangen werden, daß die Reflexion und Transmission im Infrarotbereich sehr stark von der Dicke und der Farbe der Staubauflage und von der Oberflächenstruktur der unter der Staubschichte liegenden Epidermis mit den Trichomen abhängig ist. Weiteren Untersuchungen muß es vorbehalten bleiben zu prüfen, ob toxische Lösungsprodukte von Stäuben durch die Cuticula/Zellwand bzw. durch die Stomata in das Blatt gelangen und zu einer Schädigung des Assimilationsgewebes führen.

Danksagung

Mein Dank gilt dem Institut für Angewandte Physik der TU-Wien für Hilfestellung beim Einsatz der Meßapparatur. Dem Institut für Zoologie (Abteilung Feinstruktur) der Universität Wien danke ich für die Ermöglichung der REM-Untersuchungen. Die Arbeit wurde aus Mitteln des Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung (Projekt P6390) gefördert.

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Literatur

AUCLAIR D. 1976. Effects of dust on photosynthesis I. – Effects of cement and coal dust on photosynthesis of spruce. – Ann. Sci. forest 33: 247–255.

BILLINGS W. D. & MORRIS R. J. 1951. Reflection of visible and infrared radiation from leaves of different ecological groups. – Amer. J. Bot. 38: 327–331.

BORKA G. & SZINTEN C. 1984. Wirkung von Metallstäuben aus einem Eisenerzaufbereitungswerk auf Wachstum, Entwicklung, einige physiologische Vorgänge und den Ertrag von Buschbohnen „in situ" und unter kontrollierten Bedingungen. – Hercynia N. F. 21: 67–72.

BRUNNER U. & ELLER B. M. 1977. Spectral properties of juvenile and adult leaves of *Piper betle* L. and their ecological significance. – Physiol. Plant. 41: 22–24.

CZAJA A. T. 1962. Über das Problem der Zementstaubwirkung auf Pflanzen. – Staub 22: 228–232.

DÄSSLER H. G. 1981. Einfluß von Luftverunreinigungen auf die Vegetation. – G. Fischer Jena.

ELLER B. M. 1972. Messung spektraler Eigenschaften von Blättern im Felde. – Verh. Schweiz. Nat. Ges. 152: 142–145.

— 1977. Beeinflussung der Energiebilanz von Blättern durch Straßenstaub. – Angew. Botanik 51: 9–15.

— 1979. Die strahlungsökologische Bedeutung von Epidermisauflagen. – Flora 168: 146–192.

FLÜCKIGER W., FLÜCKIGER-KELLER H., OERTLI J. J. & GUGGENHEIM R. 1977. Verschmutzung von Blatt- und Nadelproben im Nahbereich einer Autobahn und deren Einfluß auf den stomatären Diffusionswiderstand. – Eur. J. For. Path. 7: 358–364.

GODZIK S., BLIDY J., BYSTYDZIENSKI W. & CISEK B. 1977. The contamination of leaves and fruits by industrial pollutants. – Fruit Science Report 4: 39–48.

— & SASSEN M. M. A. 1979. An attempt to determine the tissue contamination of *Quercus robur* L. and *Pinus silvestris* L. foliage by particulates from zinc and lead smelters. – Environ. Pollut. 18: 97–106.

MAIER R., ALTGAYER M., PUNZ W., RAMMER C., SCHINNINGER R., SIEGHARDT H., SLAD H. & WINTER C. 1979. Wasserhaushalt und Produktivität staubbelasteter Pflanzen in der Umgebung einer Zementfabrik in Kärnten. – Carinthia II. 169./89.: 167–193.

RICKS G. R. & WILLIAMS R. J. 1974. Effects of atmospheric pollution on deciduous woodland. – Environ. Pollut. 6: 87–109.

SIEGHARDT H. 1987. Schwermetall- und Nährelementgehalte von Pflanzen und Bodenproben schwermetallhaltiger Halden im Raum Bleiberg in Kärnten (Österreich) I. Krautige Pflanzen. – Z. Pflanzenernähr. Bodenk. 150: 129–134.

VORA A. B. & BHATNAGAR A. R. 1987. Comparative study of dust fall on the leaves in high pollution and low pollution areas of Ahmedabad IV – altered proline contents of leaves. – Pollution Res. 5: 153–157.

WOLPERT A. 1962. Heat transfer analysis of factors affecting plant leaf temperature. – Plant Physiol. 37: 113–120.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Phyton, Annales Rei Botanicae, Horn

Jahr/Year: 1990

Band/Volume: 30_2

Autor(en)/Author(s): Sieghardt Helmuth

Artikel/Article: Wirkung von Haldenstaub auf die optischen Eigenschaften der Blätter von Erysimum sylvestre. 305-311