

Verantwortung für die Zukunft



**Klima- und Umweltforschung
an der Universität Bonn**

JB p. 86 - 89
REM p. 120 - 122

Prof. Dr. W. Barthlott

Verantwortung für die Zukunft



1992

**Klima- und Umweltforschung
an der Universität Bonn**

Die Selbstreinigungsfähigkeit pflanzlicher Oberflächen durch Epicuticularwachse:

- Ihre ökologische Bedeutung als Abwehrstrategie gegen Pathogene
- Ihre Störung durch Umwelteinflüsse
- Möglichkeiten technischer Anwendung

Prof. Dr. Wilhelm Barthlott

Botanisches Institut und Botanischer Garten der Universität Bonn

Zusammenfassung:

Pflanzliche Oberflächen (z.B. Blätter) sind häufig durch mikroskopische epicuticulare Wachausscheidungen für Wasser unbenetzbar. Es wurde nachgewiesen, daß abperlende Regentropfen partikuläre Depositionen, deren Adhäsion an die Oberfläche ebenfalls verringert ist, quantitativ entfernen. Dieser bislang übersehene Selbstreinigungsmechanismus ("Lotos-Effekt") kann durch Umwelteinflüsse wie "Saurer Regen" oder Tenside nachhaltig gestört werden. Eine Übertragung dieser Eigenschaften auf künstliche Oberflächen könnte für die Produktion von Lacken oder Folien von großer Bedeutung sein. Die Arbeiten werden vom Bundesminister für Forschung und Technologie gefördert und z.T. in Zusammenarbeit mit dem Institut für Obstbau durchgeführt.

Die pflanzlichen Oberflächen weisen eine Vielzahl unterschiedlicher Strukturen auf, von denen einige, z.B. Haare, schon mit bloßem Auge erkennbar sind. Auch Wachse lassen sich zum Teil mitunter leicht erkennen, z.B. als leicht abwischbarer "Reif" auf Pflaumen oder Weintrauben. Zur Untersuchung dieser Strukturen wird heute vorwiegend das Raster-Elektronen-Mikroskop eingesetzt, das in einem weiten Vergrößerungsbereich scheinbar dreidimensionale Bilder liefert (Übersichten bei Cutler, Alvin & Price 1982, Juniper & Jeffree 1983 sowie Martin & Juniper 1970). Wachse sind ein Bestandteil der Cuticula, die als Grenze zwischen Pflanze und Umwelt wichtige Funktionen übernimmt. Die Cuticula stellt ein Gemisch chemischer Substanzen dar, wobei das Cutin, ein äußerst stabiler, hochpolymerer Fettsäureester das Grundgerüst bildet (Holloway 1982, Kollattukudy 1980). Darin eingelagert sind verschiedene andere Substanzen, darunter

Wachse, die die Cuticula für Wasser praktisch undurchlässig machen (Schönherr 1982).

Epicuticulare, d.h. auf die Cuticula aufgelagerte Wachse spielen bei der Regulation der Sonneneinstrahlung und der Oberflächentemperatur eine wichtige Rolle (Eller 1979, Schulze et al. 1980) und machen viele Organe für Wasser unbenetzbar. Die Unbenetzbarkeit erreichen Pflanzen durch eine Kombination von hydrophoben Eigenschaften wachsartiger Substanzen und einer mikroskopischen Rauigkeit der Oberfläche. So lassen sich Kontaktwinkel (Randwinkel ausliegender Wassertropfen) bis zu 170° messen (Holloway 1970), siehe Abb. 1a, 1b.

Die ökologische Funktion unbenetzbarer Oberflächen

Die ökologische Funktion der Unbenetzbarkeit ist bis heute weitgehend übersehen, stellt aber möglicherweise die wichtigste Funktion epicuticularer Wachse dar. Sie

ist Grundlage eines Selbstreinigungsmechanismus, der besonders gut bei der Lotusblume (*Nelumbo nucifera*) zu beobachten ist (s. Abb. 3, 4) und von uns als "Lotus-Effekt" bezeichnet wird (Barthlott & Ehler 1977, Barthlott 1990).

Bei jedem Regenguß werden kontaminierende Partikel von den Oberflächen abgewaschen, so daß sie nacher auch mikroskopisch vollkommen sauber sind. Die Effektivität dieses Systems zeigte sich im Vergleich benetzbarer und unbenetzbarer Pflanzen, die künstlich kontaminiert und beregnet wurden (s. Tab.1).

Für die Pflanzen, die zu jeder Zeit durch den Befall mit Pathogenen (Pilze, Bakterien) bedroht sind, bedeutet das einen fast perfekten Schutz vor Infektionen.

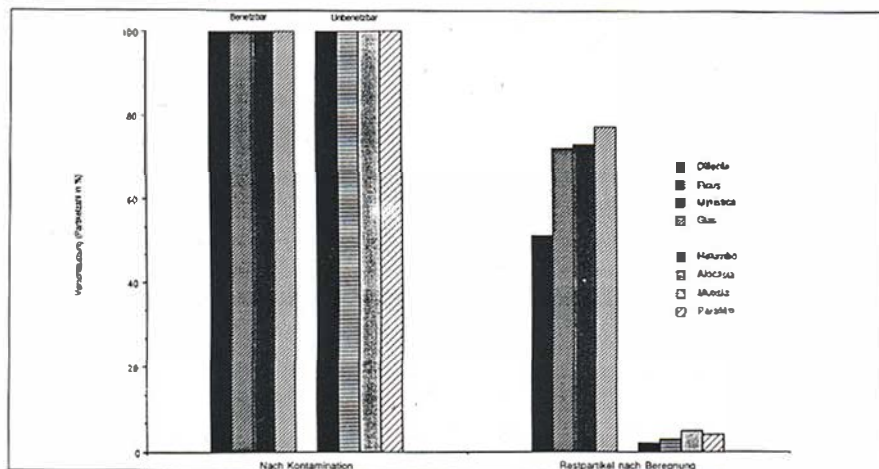
Die Störung der Selbstreinigungsfähigkeit durch Umwelteinflüsse

Pflanzen sind heute einer großen Zahl anthropogen erzeugter Stoffe ausgesetzt, die über die Luft oder im Regen auf die Pflanzen

gelangen. In der Diskussion über die neuartigen Waldschäden wären vor allem SO_2 und NO_x als Verursacher des "Sauren Regens" zu nennen. Sie können, ebenso wie partikuläre Depositionen, zu einer beschleunigten Degradation der epicuticula ren Wachsschicht führen. Unbenetzbare Pflanzen könnten dadurch ihre wichtigste Einrichtung zur Abwehr von Pathogenen verlieren.

Im Bereich der Landwirtschaft ist die geringe Benetzbarkeit vieler Pflanzen ebenfalls von großer Bedeutung. Sie verhindert die Aufnahme von Pflanzenschutzmitteln aus wässrigen Lösungen. Aus diesem Grund werden den Wirkstoffen Netzmittel (Tenside) beigemischt, die die Oberflächenspannung der Gemische herabsetzen, so daß sie auch bewachsene Pflanzen benetzen können. Die Tenside ihrerseits können Veränderungen der Wachsschicht verursachen, die über längere Zeit anhalten und eine mehrfache Wiederbenetzung ermöglichen (Noga et al 1987, Wolter et al. 1988). An den ver-

Tab. 1: Selbstreinigungsvermögen benetzbarer und unbenetzbarer Blätter nach künstlicher Kontamination und Beregnung.



änderten Flächen bleibt nicht nur Wasser haften, sondern es werden auch Schmutzpartikel zurückgehalten, die normalerweise abgewaschen werden. Sind darunter auch Pathogene, so könnten derart veränderte Flächen der Ausgangspunkt für eine Infektion der Pflanzen sein.

Möglichkeiten technischer Anwendung des "Lotos-Effektes"

Mit unbenetzbaren Pflanzenoberflächen hat die Natur ein System zur Selbstreinigung entwickelt, das eine hohe angewandte Komponente enthält. Gelänge es, die Struktur und Chemie des Lotosblattes auf künstliche Stoffe zu übertragen, so stünde der Herstellung unverschmutzbarer Lacküberzüge oder Folien nichts im Wege.

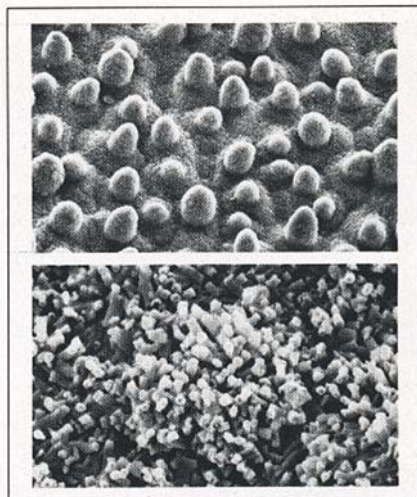


Abb.1: a: Raster-Elektronenmikroskopische Aufnahme der Lotosblatt-Oberfläche (Vergr. 775 $\times$). b: Detail der Oberflächenwache der Lotosblume (Vergr. 16800 $\times$).

Referenzen:

- Barthlott, W. (1990): Scanning electron microscopy of the epidermal surface in plants. In: The Scanning EM in taxonomy and functional morphology (ed. D. Claugher) pp. 69-94, Systematics Associations Special Volume, Clarendon Press, Oxford
- Barthlott, W. und Ehler N. (1977): Rasterelektronenmikroskopie der Epidermis-Oberfläche von Spermatophyten. Tropische und Subtropische Pflanzenwelt Vol. 19, F. Steiner Verlag, Wiesbaden
- Cutler, D.F., Alvin, K.L. und Price, C.E. (eds.) (1982): The plant cuticle. Academic Press, London.
- Eller, B.M. (1979): Die strahlungsökologische Bedeutung von Epidermisauflagen. Flora, 168: 146-192
- Holloway, P.J. (1970): Surface factors affecting the wetting of leaves. Pesticide. Science, 1: 156-163.
- Holloway, P.J. (1982): The chemical constitution of plant cuticles. In: The plant cuticle (ed. D.F. Cutler, K.L. Alvin und C.E. Price) pp. 45-85. Academic Press, London.
- Juniper, B.E. und Jeffree, C.E. (1983): Plant surfaces. Edward Arnold, London.
- Kolattukudy, P.E. (1980): Cutin, suberin and waxes. In: The Biochemistry of Plants (ed. P.K. Stumpf), Vol. 4, pp. 571-645. Academic Press, London.
- Martin, J.T. und Juniper, B.E. (1970): The cuticles of plants. Edward Arnold, London.
- Noga, G.J., Knoche, M., Wolter, M. und Barthlott, W. (1987): Changes in leaf micromorphology induced by surfactant application. Angewandte Botanik 61: 521-528.
- Schönherr, J. (1982): Resistance of plant surfaces to water loss: transport properties of cutin, suberin and associated lipids. In: Encyclopedia of plant physiology (ed. O.L. Lange, P.S. Nobel, C.B. Osmond und H. Ziegler), New Series, Vol. 12B, Physiological plant ecology, pp. 153-179, Springer-Verlag, Berlin
- Schulze, E.D., Eller, B.M., Thomas, D.A., Willert, D.J. und Brinckmann, E. (1980): Leaf temperature of energy balance of *Welwitschia mirabilis*, Oecologia, 44: 258-262
- Wolter, M., Barthlott, W., Knoche, M. und Noga, G.J. (1988): Concentration effects and regeneration of epicuticular waxes after treatment with Triton X-100 surfactant. Angewandte Botanik 62: 53-62.

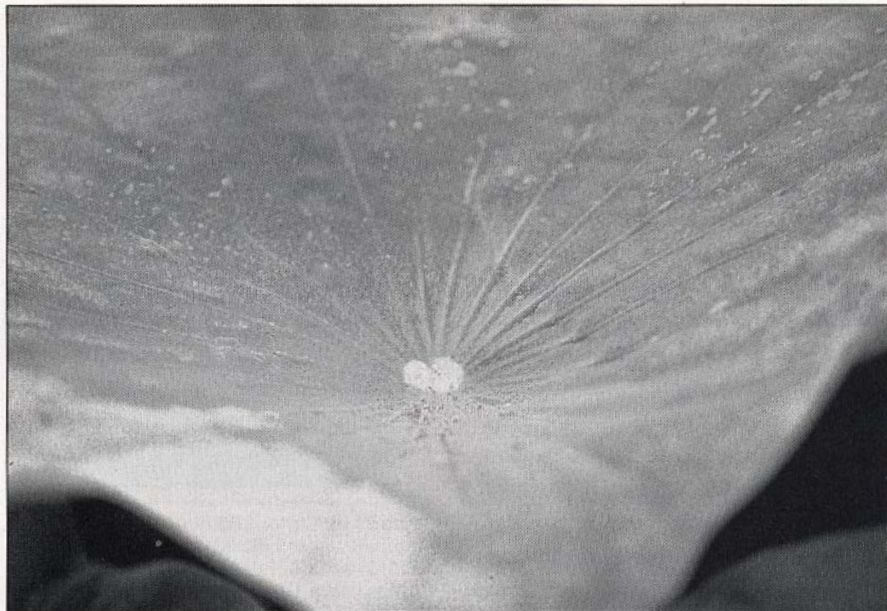


Abb.2: Ein Blatt der Lotosblume (*Nelumbo nucifera*) kontaminiert mit einem roten Farbstoff.

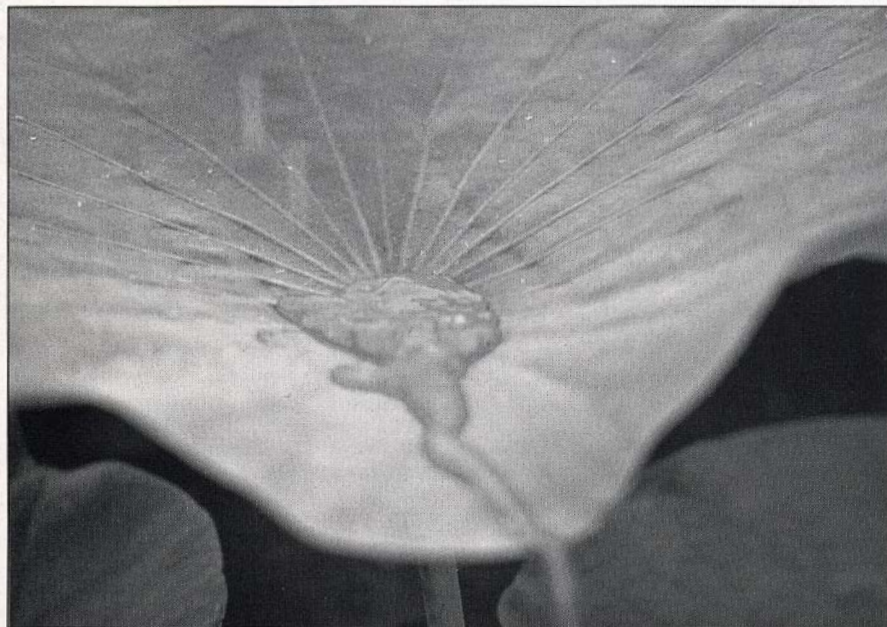
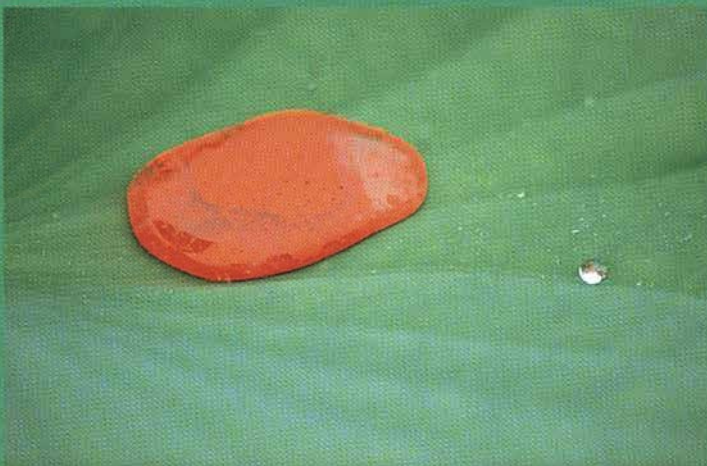


Abb.3: Der Farbstoff wird durch einen Regenschauer in wenigen Sekunden abgewaschen und mit dem abperlenden Wasser vom Blatt entfernt.



*Bilder auf
dem Einband:*

**Selbstreinigung
eines Lotos-Blattes.**



Durch eine dünne
Wachsschicht auf der
Blattoberfläche kön-
nen Verschmutzungen
(hier roter Farbstoff)
beim nächsten Regen-
schauer abgewaschen
werden.

Durch Umwelt-
einflüsse wie „Saurer
Regen“ oder Tenside
kann dieser Effekt
nachhaltig gestört
werden.



Andererseits könnte
eine Übertragung
dieser Eigenschaften
auf künstliche
Oberflächen für die
Produktion von
Lacken und Folien
von großer
Bedeutung sein.

Siehe Beitrag B22:
*„Die Selbstreinigung
pflanzlicher Ober-
flächen durch
Epicuticularwachse“
von W. Barthlott.*