# Zur Sporulation von *Ganoderma applanatum* (Flacher Lackporling) - Aerodynamische Tricks

**K. Weber, C. Mattheck**

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Institut für Materialforschung II
Postfach 3640
D- 76021 Karlsruhe

# Einleitung

Die konsolenförmigen Fruchtkörper von Lackporlingen weisen häufig braunes Sporenpulver nicht nur unterhalb (Abb. 1), sondern auch oberhalb (!) des Fruchtkörpers auf (Abb. 2). Die Sporen selbst werden in den Röhren der Röhrenschicht auf der Fruchtkörperunterseite gebildet und fallen durch die Poren (= offene Röhrenenden auf der Konsolenunterseite) heraus. Die Sporengröße beträgt beim „Flachen Lackporling" (*Ganoderma applanatum* (Pers.: Wallr.) Pat.): Länge ca. 6 – 8 (9) µm und Breite ca. 4,5 – 6 (7) µm [1, 2, 3, 4, 5, 6].

In der Fachliteratur ist zwar bekannt, dass das kakaobraune Sporenpulver *„durch Luftströmungen von den Poren nach oben gewirbelt wird"* [6], aber wie dieses genau von statten gehen soll, wurde unseres Wissens in der Literatur bislang noch nicht detailliert dokumentiert.

Es stellten sich deshalb folgende Fragen: Wie, wann und warum gelangen die Sporen *auf* die Fruchtkörperoberseite?
Kann man den hierbei real existierenden Sporenflug sichtbar machen und einen Nachweis *in vivo* (d. h. am Standort in natürlicher Umgebung) dokumentieren?

# Material und Methode

Mit einer Größe von ca. 8 x 6 µm sind die Sporen des Flachen Lackporlings (*Ganoderma applanatum* (Pers.: Wallr.) Pat.) viel zu klein, um mit bloßem Auge (einzeln) wahrgenommen werden zu können. Setzt jedoch ein Fruchtkörper während einer „Sporulationsphase" eine große Anzahl Sporen zur gleichen Zeit frei, kann dieses „Sporenpulver" oder „Sporenstaub", besonders im Gegenlicht, als „Rauch", „Nebel" oder „Staubwolke" wahrgenommen werden.

Es ist uns gelungen *in vivo*, d. h. vor Ort in freier Natur, am Stammfuß einer Rotbuche (Stubben), einen sporulierenden Fruchtkörper zu filmen, vgl. Abb. 3. Auf diese Weise konnte der Sporenflug bei sehr schwachem Wind und bei leichtem Wind (Windstärke-Bereich: Bft. > 0 bis Bft. ≤ 2, Bft. = Beaufort Windtabelle, nach phänomenologischen Kriterien bestimmt) beobachtet und dokumentiert werden.

# Ergebnis

## A) Windstille (Bft. 0)

Bei absoluter Windstille fallen die reifen Sporen, durch ihre Gewichtskraft nach unten und damit „geradewegs“ aus den stets senkrecht angeordneten Röhren auf der Unterseite des Fruchtkörpers heraus und landen direkt unter dem Fruchtkörper. Sie „bepudern“ die unter dem Fruchtkörper liegenden Oberflächen mit zimt- bzw. kakao-braunem Sporenpulver.
In diesem Falle gibt es nur einen sehr kurzen Flug der Sporen durch die Luft, das heißt, eine Verbreitung der Sporen und damit der potentiellen Nachkommen des Pilzes ist hierbei äußerst gering. Siehe hierzu Abb. 1 und Abb. 8 A.

## B) Sehr schwacher Wind (Bft. > 0 bis Bft. < 1 )

Bei sehr schwachem, seitlichem Wind, bei dem ebenfalls nur ein relativ kurzer Sporenflug über eine nur kurze Distanz zu erwarten wäre, wirbeln überraschender-weise die Sporen (bzw. das Sporenpulver) auf der Wind abgewandten (Lee-)Seite der Hutkonsole hoch, oft weit über den Pilzfruchtkörper hinaus (und auch gegen die vorherrschende Windrichtung), wo sie zum überwiegenden Teil früher oder später von der Luftströmung weiter oben erfasst und weit fort getragen werden können. Ein Teil der Sporen wird dabei auch direkt auf die Hutoberseite gewirbelt, wo sie die Pilz-konsole regelrecht „bepudern“. Siehe hierzu Abb. 4, 6, 7 und Abb. 8 B.

Nur bei sehr schwachem Wind konnten die Sporen aus dem Fruchtkörper auf seine eigene Oberseite gelangen, vgl. Abb. 4, Abb. 6, Abb. 7.

## C) Leichter Wind (Bft. 1 - 2)

Bei leichtem bis etwas stärkerem Wind werden die aus den Röhren fallenden Sporen auf der Unterseite der Fruchtkörper-Konsole in der Regel von der seitlichen Luftströmung erfasst, auf der Lee-Seite (Wind abgewandten Seite) des Fruchtkörpers mehr oder weniger stark nach oben „gesogen“, und sogleich - mit dem Wind - weit fort getragen, vgl. Abb. 5, Abb. 8 C. Dieses Sporenflugverhalten kann auch für kräftigen oder starken Wind (Bft. $\geq$ 2) angenommen werden.
Ein sehr weiter Sporenflug über eine große Distanz hinweg ist hier die Folge, was auch für eine weite Verbreitung der potentiellen Nachkommen des Pilzes sorgen kann.

## D) Starker Wind

Es kann angenommen werden, dass das Sporenflugverhalten bei starkem Wind (Bft. >> 2) im Wesentlichen dem bei „leichtem bis stärkeren Wind“ (vgl. C) entspricht. Die Sporen gelangen aus den Röhren, werden mehr oder weniger stark nach oben „gesogen“ und mit dem Wind weit fort getragen.
Hinzu kommt: Das Sporenpulver, das bei sehr schwachem Wind auf die Konsolenoberseite gewirbelt wurde und dort auf der Kruste haften blieb, befindet sich gewissermaßen in einem „Sporenzwischenlager“. Bei starkem Wind können die der Hutkruste anhaftenden Sporen nach und nach wieder abgetragen werden.
Die konzentrisch gefurchte und unregelmäßig wulstige bis höckrige, z. T. auch außerordentlich runzelige Oberseite eines Lackporlingsfruchtkörpers ist gerade zum Zwecke der Sporen-Zwischenlagerung eine sehr effektive „Vorrichtung“. Es gibt besonders viele Vertiefungen, Mulden und Furchen, in denen sich die Sporen ablagern können. Angesichts dieser funktionellen Betrachtungsweise ergeben die eigenartigen wulstig-höckrigen Oberseiten bei „Flachen“- und „Wulstigen Lackporlingen“ [7] eine besondere Sinnhaftigkeit.

**Abb. 1:** Lackporlingsfruchtkörper (Flacher Lackporling) am Stammfuß einer Rotbuche. Die konsolenförmigen Fruchtkörper erscheinen vornehmlich zwischen den Wurzelanläufen und häufig in nur geringem Abstand zum Boden. Nicht selten werden die Fruchtkörper durch Unterbewuchs oder Efeu teilweise verdeckt, vgl. hierzu Abb. 2. Das Bild zeigt reichlich braunes Sporenpulver unter den Fruchtkörperkonsolen.

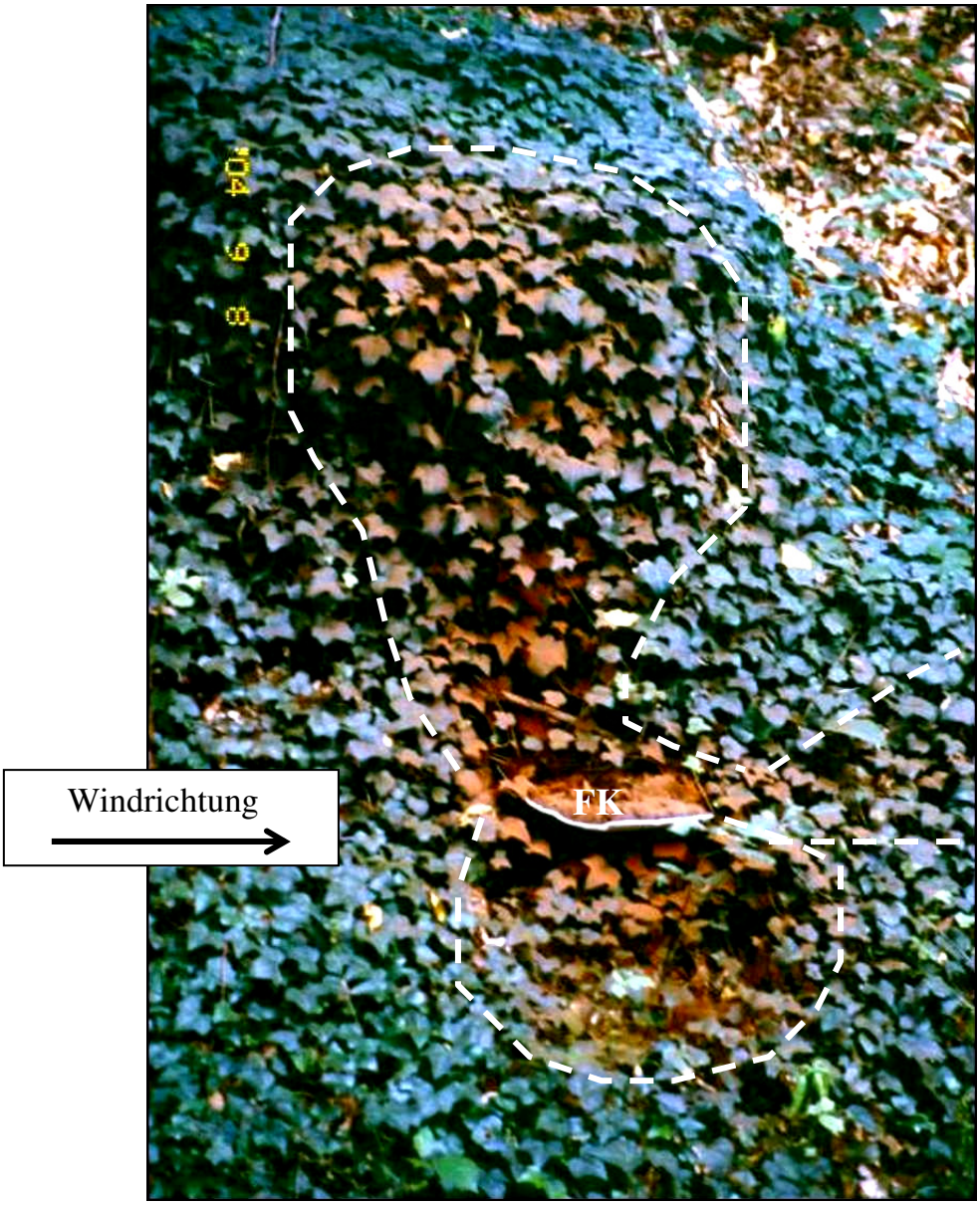



**Abb. 2:** Sporulierender Fruchtkörper eines Lackporlings am Stammfuß einer Rotbuche (Stuppen) mit Efeubewuchs. Dieser Fruchtkörper (FK) zeigte eine Sporenpulver-verteilung (mit gestrichelter Linie umrandeter Bereich) weit über seine Hutoberseite hinaus. Wie, bzw. auf welche Art und Weise kann dieses *in vivo* geschehen?

**Abb. 3:** Flacher Lackporling am Stammfuß einer Rotbuche (Stubben). Einer der abgebildeten Fruchtkörper (mit * markiert) konnte bei der Sporulation gefilmt und fotografiert werden.

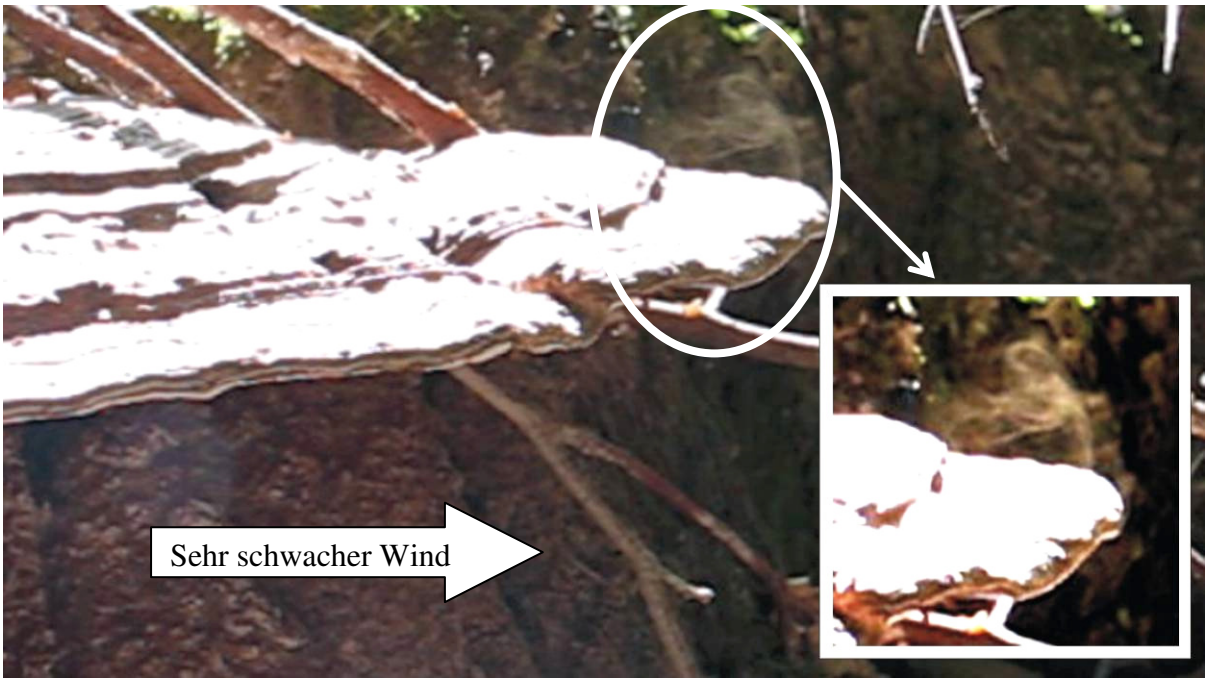



**Abb. 4:** Nur bei sehr schwachem, seitlichem Wind kam es zu einer Sporenstaub-ablagerung auf der Oberseite des Fruchtkörpers. Sporenstaub als Rauch/Nebel auf der Lee-Seite über dem Fruchtkörper zu erkennen, vgl. Detailbild.

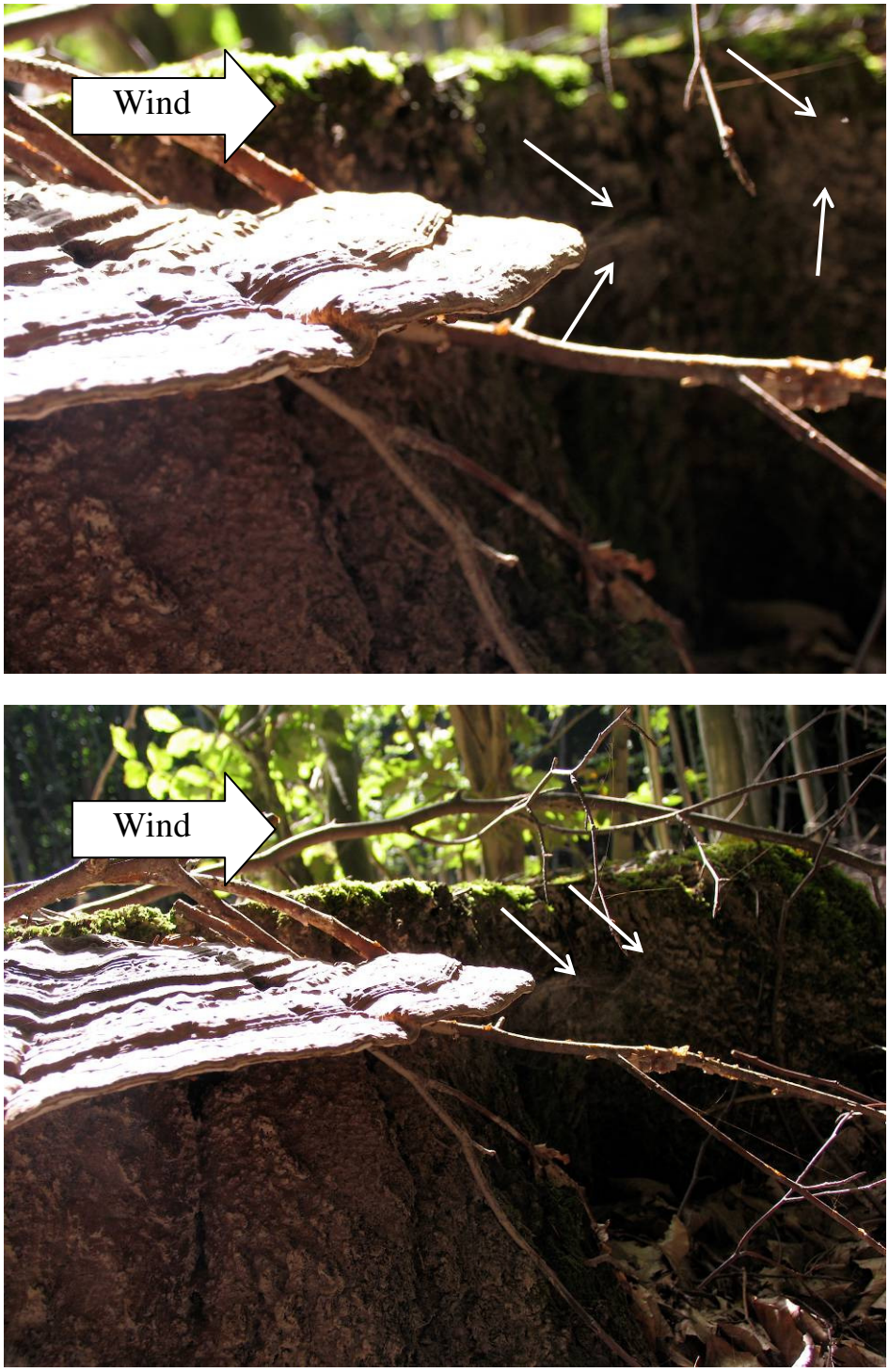



**Abb. 5:** Lackporlingsfruchtkörper (Flacher Lackporling) während einer Sporulationsphase. Schwacher, seitlicher Wind. Sporenpulver als feiner Schleier/Nebel auf der Lee-Seite der Pilzkonsole (Pfeile) zu erkennen. Das Sporenpulver wurde nach oben, in höhere Luftschichten „gesogen“, wo es der Wind (Luftströmung) weit forttragen konnte und damit dem Pilz, bzw. seinen Sporen eine möglichst weite Verbreitung bescherte.

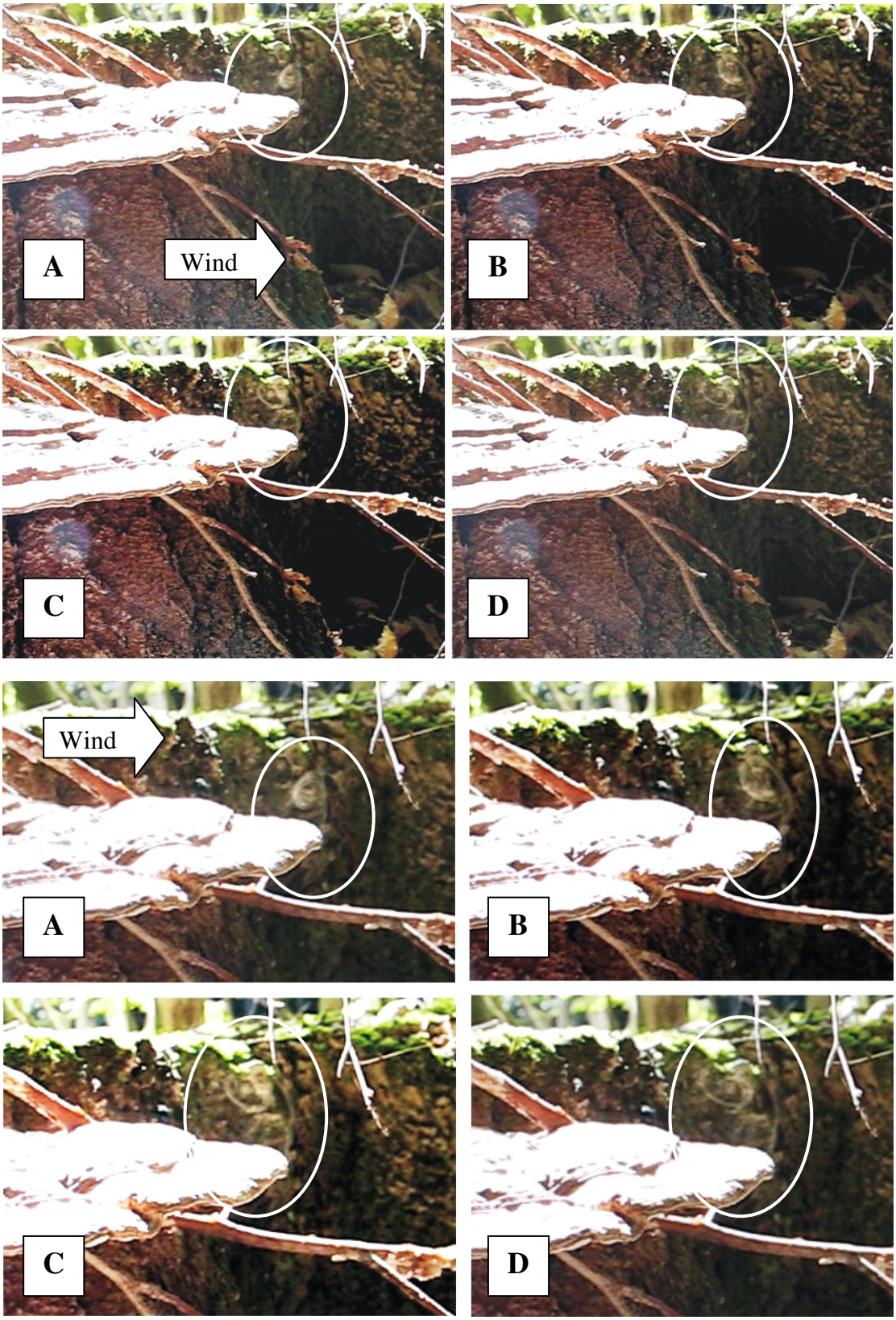



**Abb. 6:** Lackporlingsfruchtkörper (Flacher Lackporling) während einer Sporulationsphase. Sehr schwacher, seitlicher Wind (von links). Sporenpulver als feiner Schleier/ Nebel auf der Lee-Seite der Pilzkonsole (eingekreist) als Wirbel zu erkennen. Das Sporenpulver wird nach oben gewirbelt (Lee-Wirbel eingekreist). Nur bei sehr schwachem Wind kam es auch zur Sporenstaubablagerung auf der Oberseite des Fruchtkörpers. Filmausschnitt: Sequenz von A nach D. Untere Sequenzdarstellung: Bild-Vergrößerung und Kontrast erhöht.

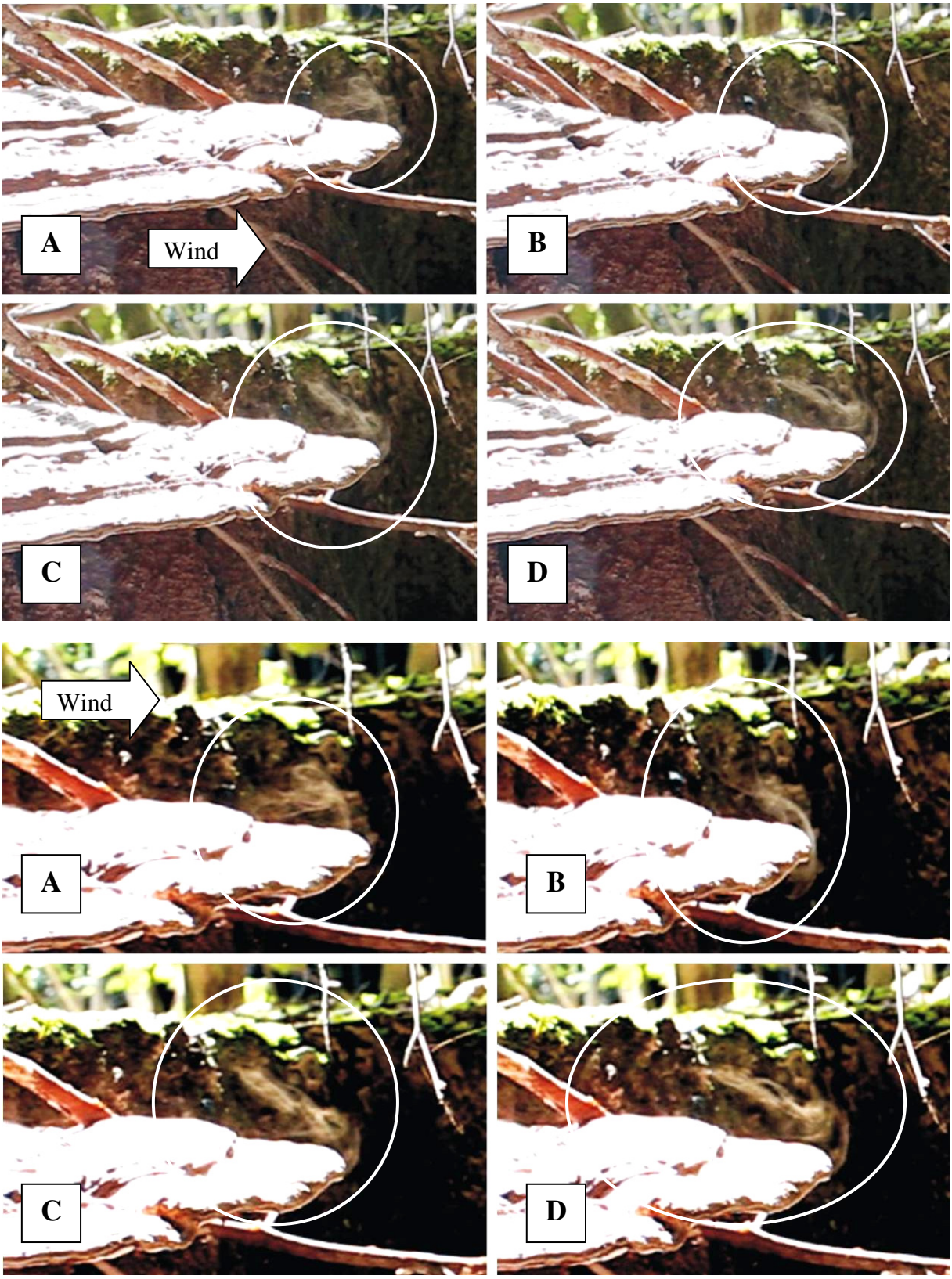



**Abb. 7:** Flacher Lackporling während einer Sporulationsphase. Sehr schwacher, seitlicher Wind (von links). Sporenpulver als feiner Schleier/ Nebel auf der Lee-Seite der Pilzkonsole (eingekreist) als Wirbel zu erkennen. Das Sporenpulver wird nach oben, auf die Konsole (!) gewirbelt (eingekreist). Nur bei sehr schwachem Wind kam es zur Sporenstaubablagerung auf der Oberseite des Fruchtkörpers. Filmausschnitt: Sequenz von A nach D. Untere Sequenzdarstellung: Vergrößerung und Kontrast erhöht.

## „Aerodynamische Tricks“:

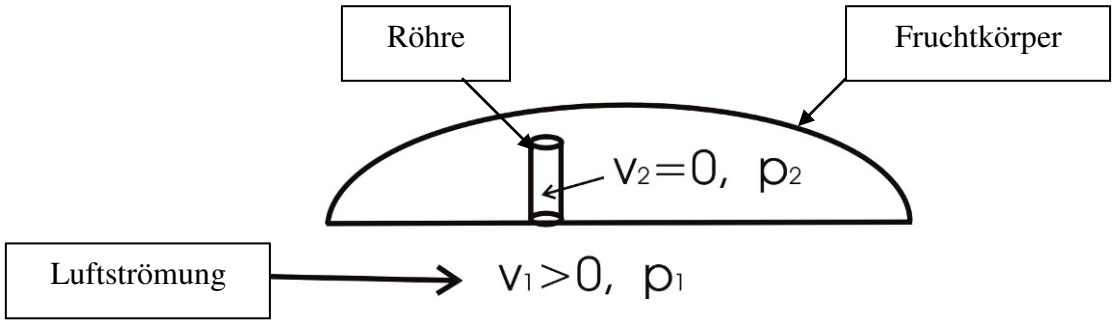
Streicht der Wind mit der Geschwindigkeit $v_1$ über die Porenfläche der Fruchtkörperunterseite, entsteht vor den Poren, d. h. vor den Röhrenöffnungen, ein Unterdruck (da die Luft in den Röhren still steht $v_2 = 0$, ist $p_1 < p_2$ , vgl. Gleichung: I). Dieser Unterdruck „saugt“ dann regelrecht die reifen Sporen aus den Röhren heraus.

**(I)** ***Bernoullische*** **Gleichung**: $\mathbf{\frac{1}{2} \rho v_1^2 + p_1 = \frac{1}{2} \rho v_2^2 + p_2}$

v = Geschwindigkeit des Mediums (hier: Luft)

p = Druck im Medium

ρ = Dichte des Mediums




Bei: $v_1 > 0$ und $v_2 = 0$ ist $p_1 < p_2$

Der Druck in den Röhren ($p_2$) ist größer, als der Druck außerhalb der Röhren ($p_1$). Je stärker der Wind weht, desto größer ist der Druckunterschied und desto stärker ist die „Sogwirkung“ an den Röhrenöffnungen (Poren).

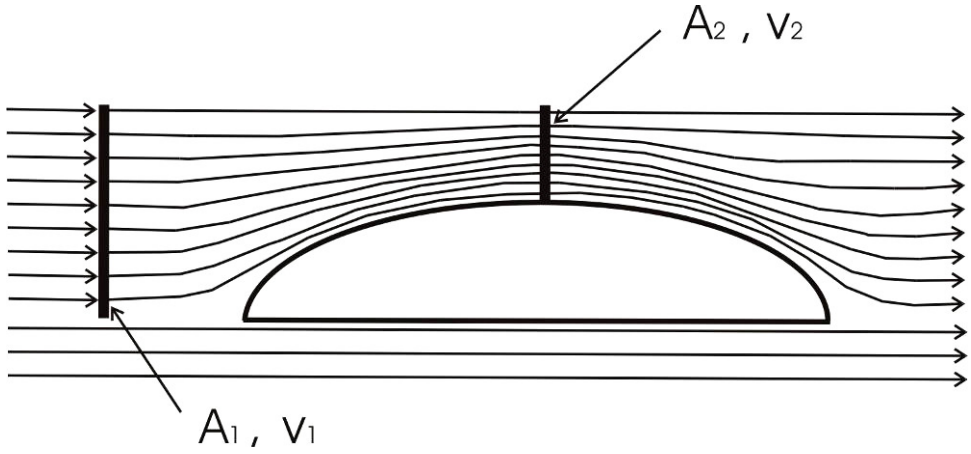
Bei sehr schwachem Wind (Bft. > 0 bis Bft. < 1 ), d. h. bei sehr schwacher, seitlicher Luftströmung, was wohl ein recht häufiger Fall an der Stammbasis zwischen den Wurzelanläufen (z. T. mit Unterbewuchs) sein dürfte, wo die Fruchtkörper von

Lackporlingen üblicherweise vorkommen (vgl. Abb. 1), scheint der Pilzfruchtkörper seine Sporen durch Lee-Wirbel-Bildung regelrecht „hochzuwerfen“ (sogar gegen die Windrichtung), damit sie der Wind in höheren Luftschichten erfassen und weiter weg tragen kann, um auch bei sehr schwachem Wind eine weit reichende Sporenverteilung zu gewährleisten.
Nur bei sehr schwachem Wind kommt es auch zur Sporenstaubablagerung auf der Oberseite des sporulierenden Fruchtkörpers.

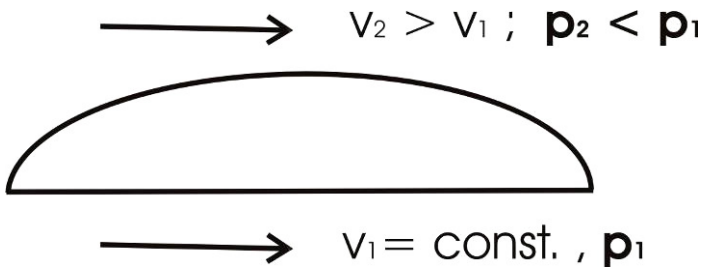
Die Erhaltung der Masse verlangt:

**(II)** ***Kontinuitätsgleichung:*** $\boldsymbol{\rho_1 A_1 v_1 = \rho_2 A_2 v_2}$ bzw. $\boldsymbol{A_1 v_1 = A_2 v_2 = const.}$

v = Geschwindigkeit des Mediums (hier: Luft)
A = Anströmfläche
ρ = Dichte des Mediums

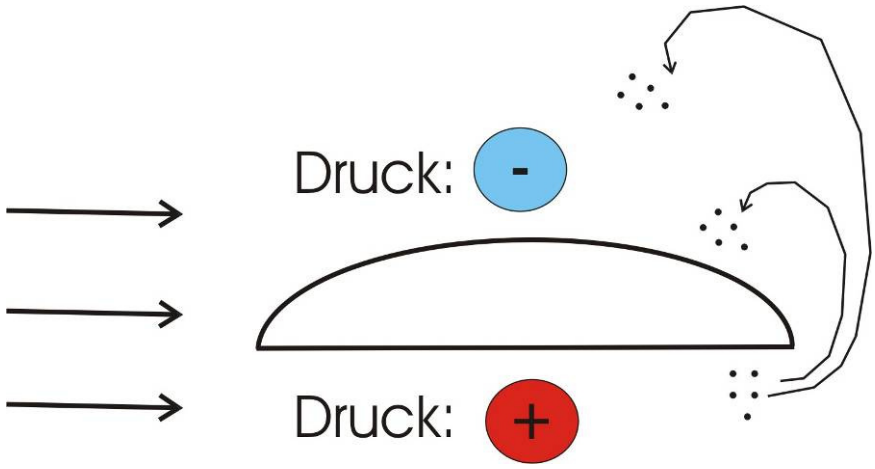



- bezüglich (II): $A_2 < A_1$ und $A_1 v_1 = A_2 v_2$ , d. h. $v_2 > v_1$

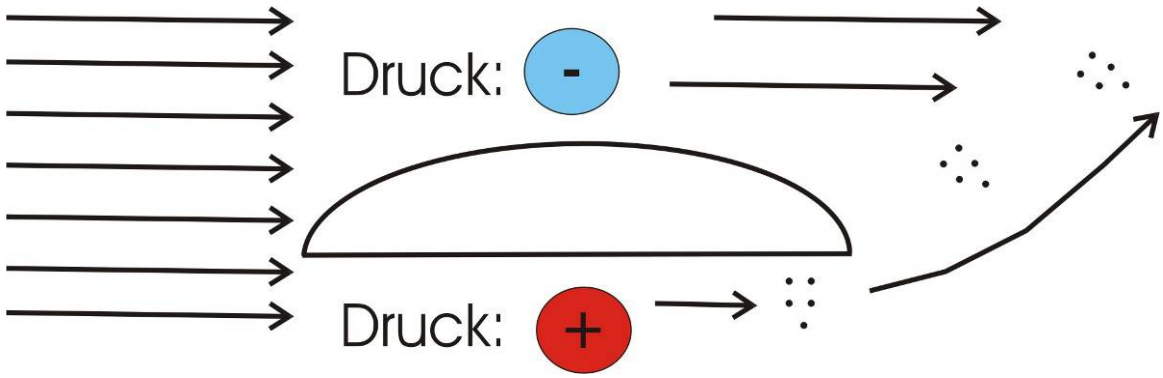



- bezüglich (I): Bei $v_2 > v_1$ ist $p_2 < p_1$ , d. h. Unterdruck oben

Der Unterdruck auf der Oberseite des Fruchtkörpers verursacht einen Sog nach oben. Die Sporen, die aus den Röhren fallen (bzw. auch heraus gesaugt werden können), werden von diesem Sog erfasst und nach oben „gewirbelt“.




Beobachtungen zeigten, dass nur bei sehr schwachem Wind es auch zur Sporenstaubablagerung auf der Oberseite des sporulierenden Fruchtkörpers kam. Wird der Wind stärker, kommen die „Sporenstaubwirbel“ nicht mehr gegen diesen an, und werden einfach mit dem Wind (Luftströmung) weg geweht.




Bei leichtem, seitlichem Wind (Bft. 1 - 2) entsteht auf der Fruchtkörperoberseite ein Unterdruck, welcher die Sporen, die aus den Poren fallen (bzw. auch heraus gesogen werden können) mehr oder weniger weit nach oben „saugt“, die Sporen somit in höhere Luftschichten bringt, wo sie dann von der Luftströmung (Wind) erfasst werden und relativ große Distanzen zurücklegen können.

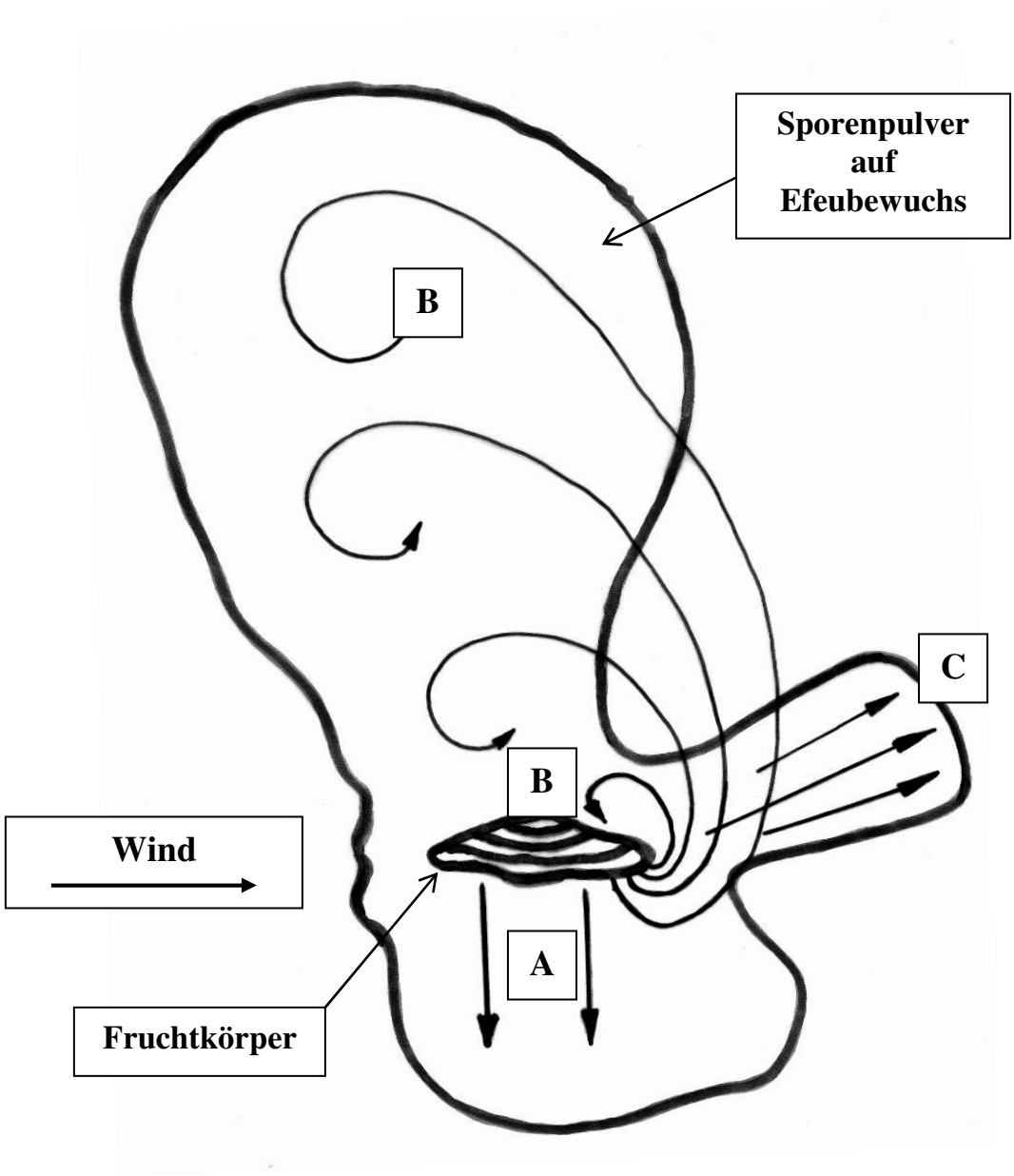
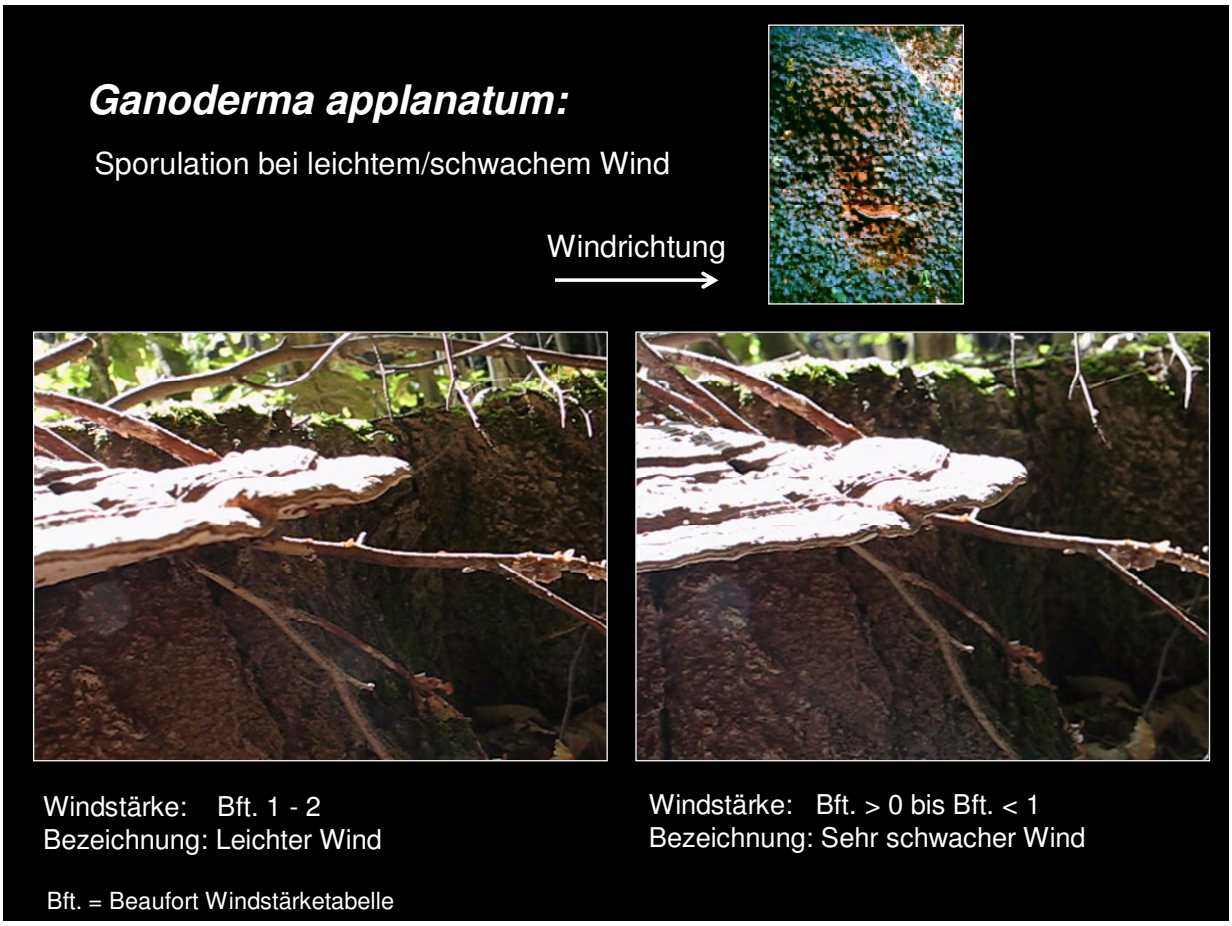



**Abb. 8:** Sporenpulververteilung um den Fruchtkörper (FK) aus Abb. 2 vereint mit dem beobachteten Sporenflugverhalten bei unterschiedlich starkem Wind. **(A) Windstille** (Bft. 0). **(B) Sehr schwacher Wind** (Bft. > 0 bis Bft. < 1 ). **(C) Leichter Wind** (Bft. 1 - 2).

# Anhang

## Film: “Aerodynamische Tricks“ beim Sporenflug



# Literatur

[1] H. Kreisel: Die Phytopathogenen Grosspilze Deutschlands, J. Cramer Verlag 1979.

[2] G. Schlechte: Holzbewohnende Pilze, Jahn & Ernst Verlag Hamburg, 1986.

[3] S. Ryman, I. Holmasen: Pilze, B. Thalacker Verlag Braunschweig, 1992.

[4] J. Breitenbach, F. Kränzlin: Pilze der Schweiz, Band 4, Blätterpilze 2. Teil, Verlag Mycologia Luzern, 1995.

[5] E. Gerhardt: BLV Handbuch Pilze, BLV München Wien Zürich, 1996.

[6] G. J. Krieglsteiner (Hrsg.): Die Großpilze Baden-Württembergs, Band 1, Ulmer Verlag Stuttgart 2000.

[7] K. Weber, C. Mattheck: Taschenbuch der Holzfäulen im Baum, Verlag Forschungszentrum Karlsruhe, 2001.