

Erstaunliche Schönheit, verblüffende Vielfalt: Pollen

MICHAEL HESSE | SILVIA ULRICH

Fragt man Menschen, was ihnen zum Begriff „Pollen“ einfällt, so antworten die meisten: „Heuschnupfen“ oder „Die Pollen werden aber auch jedes Jahr aggressiver“. Pollenkörner sind jedoch weit mehr als nur Allergieauslöser. So vielfältig die Pflanzen, so vielgestaltig ist ihr Pollen – häufig von bizarrer Schönheit, die sich dem Betrachter jedoch erst im Elektronenmikroskop erschließt.

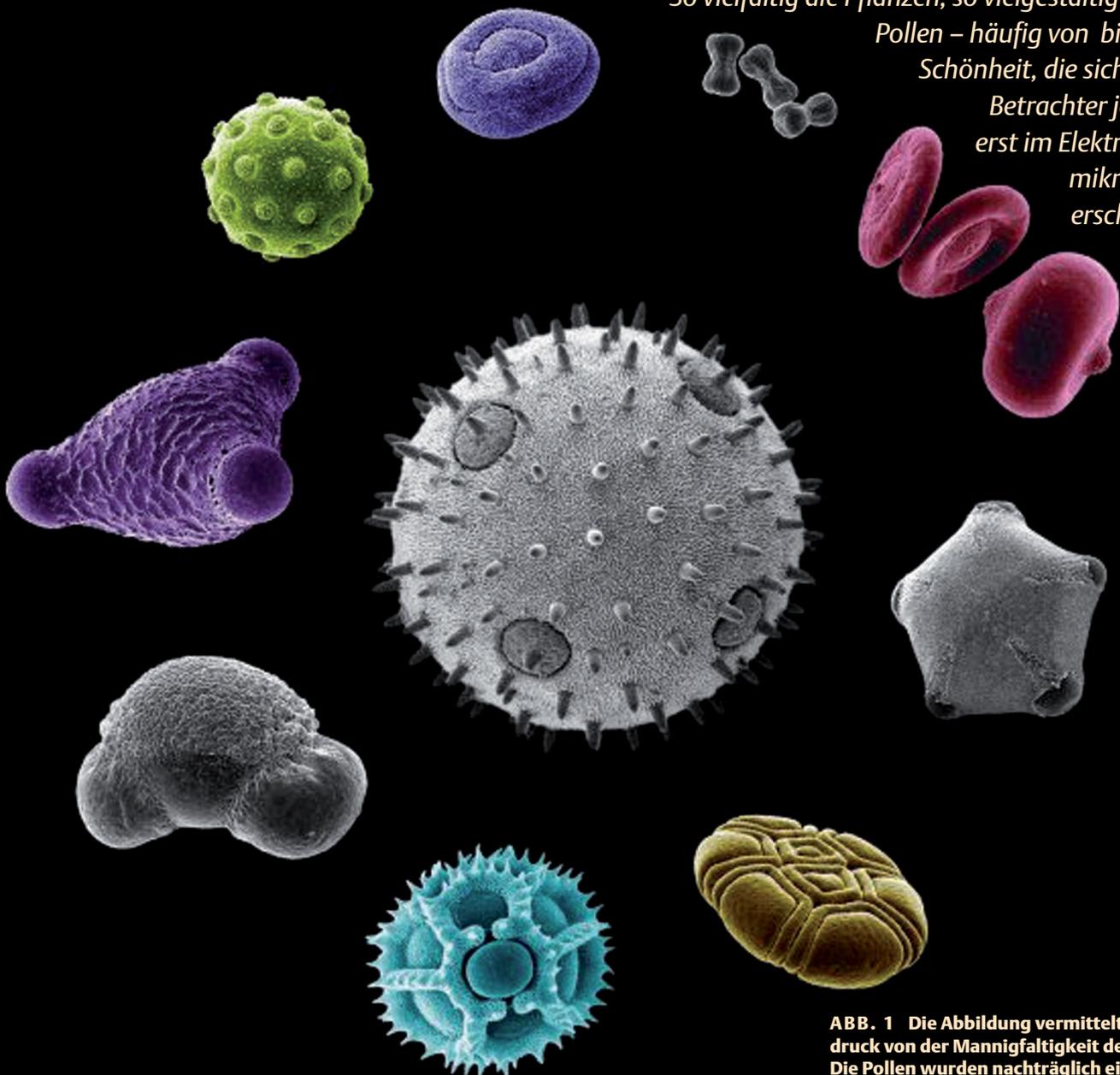


ABB. 1 Die Abbildung vermittelt einen Eindruck von der Mannigfaltigkeit des Pollens. Die Pollen wurden nachträglich eingefärbt.

Die Palynologie, die Wissenschaft vom Pollen, erforscht die Vielfalt und den anatomischen Aufbau sowie die Entstehungsprinzipien und Übertragungsmechanismen von Pollen. Sie dient als Grundlage für viele weitere Bereiche der Wissenschaft, wie beispielsweise Geologie, Klimatologie, Geochronologie, Paläontologie, medizinische Allergieforschung und Forensik.

Für Schlagzeilen sorgt der Pollen so mancher Bäume, Sträucher oder Gräser, der bei empfindlichen Personen allergene Reaktionen verschiedener Art (insbesondere einen so genannten „Heuschnupfen“) auslöst: In unseren Breiten sind die Pollen der Hasel, der Birke, verschiedener Gräser und des so genannten Traubenkrautes (*Ambrosia*) für allergische Reaktionen verantwortlich. Die äußere Form des Pollens spielt aber – wie heute bekannt ist – für die Allergie keine Rolle, verantwortlich sind Substanzen, die sich insbesondere an und in der Pollenwand (der Pollenoberfläche) befinden.

Der Pollen oder Blütenstaub ist die meist mehrlazige Masse, die in den Antheren der Samenpflanzen gebildet wird. Es heißt übrigens in der Ein- und Mehrzahl tatsächlich „der Pollen“ oder man sagt „das Pollenkorn“ und „die Pollenkörner“. Der Pollen ist Entstehungsort und Transportbehälter des männlichen Erbgutes. Er entsteht nach der Meiose in Tetraden, das ist eine Verbreitungseinheit aus vier Pollenkörnern (Sporen). Bei der Meiose teilt sich eine diploide Zelle durch zwei aufeinanderfolgende Teilungen in die vier haploiden Zellen. Jede dieser vier haploiden Zellen besitzt jeweils die Hälfte des ursprünglichen Chromosomensatzes.

Der Pollen wird durch Wind, Tiere, Mensch, Wasser etc. auf den weiblichen Teil – die Narbe – einer Blüte übertragen, wo er auskeimt. Der keimende Pollen (Abbildung 2) bildet einen Pollenschlauch, in ihm werden die beiden Spermazellen durch den Griffel zum Eikern beziehungsweise zu den Synergiden geführt („doppelte Befruchtung“, Entstehung eines Embryos). Die beiden Spermakerne (Abbildung 3) beziehungsweise Spermazellen entstehen nach zwei Mitosen innerhalb des Pollenkorns und stellen die männlichen Gameten dar.

Jede Blütenpflanze bildet ihren eigenen, unverwechselbaren Pollen mit einer spezifischen Kombination

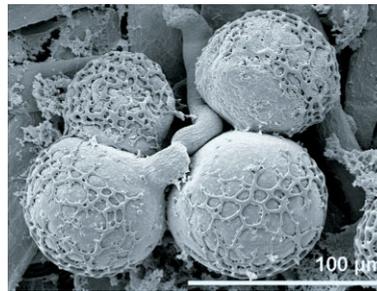


ABB. 2 Keimendes Pollenkorn von *Beschorneria yuccoides* (Beschorneria, Agavaceae).



ABB. 3 Zwei Spermazellen (bzw. Spermakerne) von *Spathicarpa sagittifolia* (Araceae), die mit Karminessigsäure dunkelrot gefärbt wurden. Der Pollen beginnt gerade zu keimen (Pollenschlauchbildung).

von Merkmalen (Fingerabdruck-Qualität). Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass diese spezifische Kombination der Pollenmerkmale in den meisten Fällen einen Rückschluss auf die Mutterpflanze erlaubt (Kompassnadel-Prinzip: In einer Pollenprobe stammt ein Pollen-Typ von einer bestimmten Gattung oder zumindest von

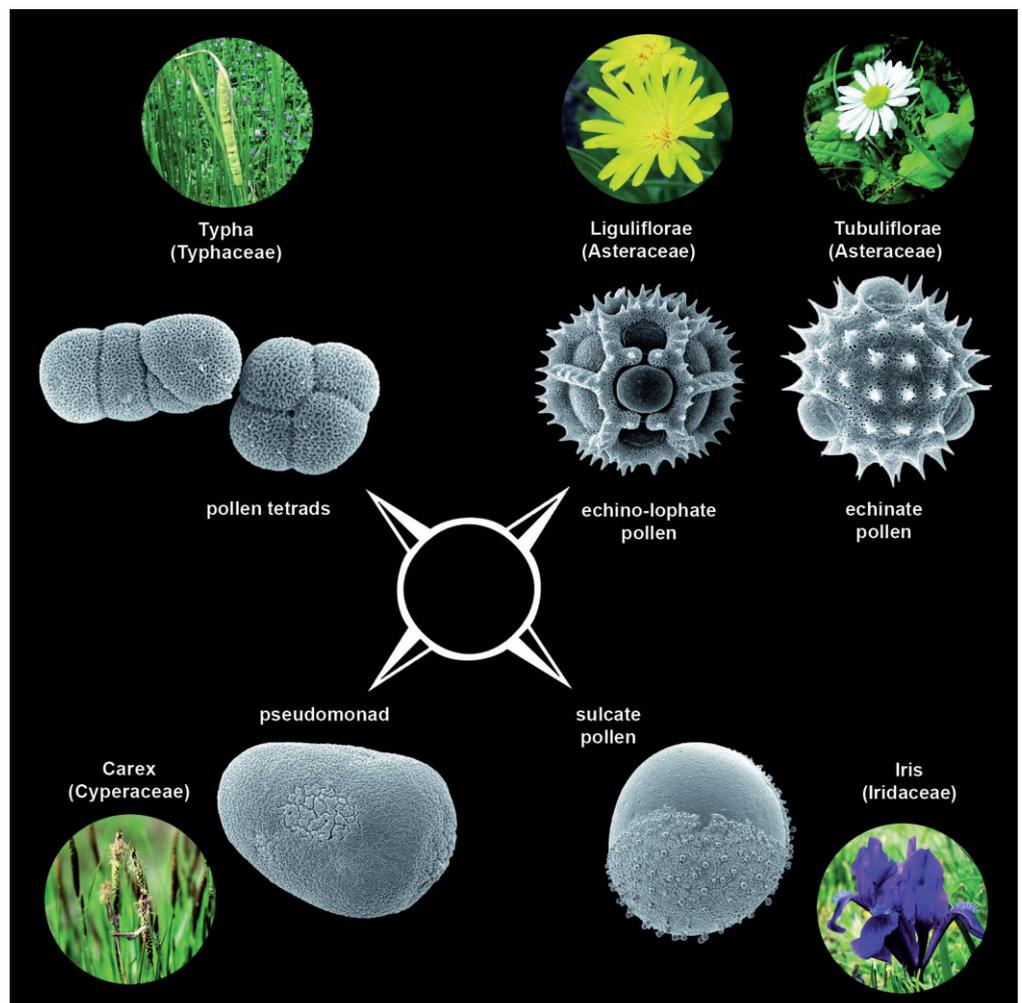


ABB. 4 Prinzip der Pollen-Kompassnadel mit charakteristischen Beispielen für Pollenkörner.

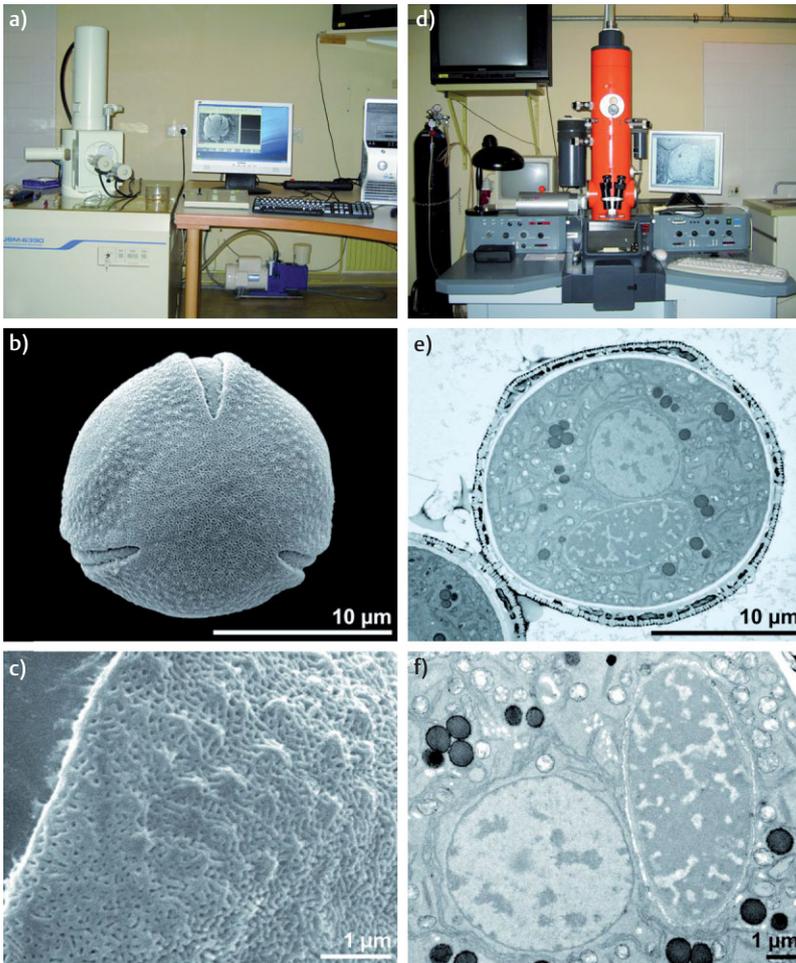


ABB. 5 a) Rasterelektronenmikroskop (REM) und d) Transmissionselektronenmikroskop (TEM) mit jeweiliger Bilddarstellung darunter. Wie man am Beispiel von *Melampyrum* sp. (Wachtelweizen) sehen kann, lassen sich im REM Oberflächen und mit dem TEM die Ultrastruktur des Pollens darstellen. b) Pollenkorn in der Übersicht. c) Pollenwand im Detail. e) ein 70 Nanometer dünner Querschnitt des Pollenkorns im TEM. f) Kerne im Cytoplasma des Pollenkorns. Die dunklen Tröpfchen sind Lipide (Reservestoffe).

einer bestimmten Pflanzenfamilie, Abbildung 4). Dies ist bei Fossilproben von hoher Bedeutung, besonders wenn fossile Großpflanzenteile nicht vorhanden sind, oder auch in der forensischen Palynologie.

Ein ungelöstes Rätsel ist die ungeheure und extrem detailreiche Mannigfaltigkeit der Pollenformen – obwohl ja „nur“ das Erbgut verpackt und transportiert werden muss. Wozu dieser Aufwand, ist die unwillkürliche Frage. Als Erkennungsmerkmal nach der Landung auf der Narbe jedenfalls nicht. Also bloß „*lusus naturae*“, eine Spielerei der Natur? Dies anzunehmen verkennet eine wichtige physiologische Funktion der Pollenwandarchitektur: Die Aufnahme und Speicherung des Pollenkitts – einer klebrigen Substanz, die hauptsächlich aus Lipiden besteht – und der Inkompatibilitätsproteine. Dafür würde jedoch eine einzige Architekturform genügen, aber es gibt eine Unzahl von Abwandlungen.

Ein Blick in die Geschichte

Die Pollenanalyse ist eine vergleichsweise junge Wissenschaft. Nehemiah Grew beschrieb 1662 als erster in „*Anatomy of Plants*“ die Formkonstanz des Pollens innerhalb derselben Art und ist damit Begründer der Pollenmorphologie. Das Vorhandensein einer Apertur, einer Keimstelle, wurde mit Hilfe des Mikroskops erstmals 1675 von Marcello Malpighi beschrieben. Wenige Jahre später (1694) erkannte Rudolph Camerarius die Funktion der Pollenkörner: die Bestäubung der Blüte und damit die Befruchtung der Samenanlage. Neue, bessere Mikroskope brachten im 19. Jahrhundert erhebliche Fortschritte. Carl Julius Fritzsche benannte 1832 [6] die beiden Wandschichten der Pollenkörner als „Intine“ bzw. „Exine“ und beschrieb das Sporopollenin, ein komplexes Makromolekül (siehe unten), als enorm widerstandsfähige Wandsubstanz.

Die Pollenmorphologie als wichtige Hilfswissenschaft der Systematik ist seit dem Standardwerk von Adolph Engler und Karl Prantl [3] fest etabliert. Die ersten Mikrofotografien von Pollenkörnern wurden erst im 20. Jahrhundert (vermutlich 1905) gemacht. Gunnar Erdtman, die zentrale Forscherpersönlichkeit des 20. Jahrhunderts in unserem Fach, publizierte als erster [4] 1952 eine weltweite Übersicht über die Pollen- und Sporenmorphologie mit exakten Beschreibungen, Zeichnungen, Mikrofotos und ersten elektronenmikroskopischen Abbildungen. Ab etwa 1960 dominierte die Lichtmikroskopie die pollenmorphologischen Publikationen, bis etwa ab 1980 das Elektronenmikroskop in der Dokumentation gleichsam Pflicht wurde (Abbildung 5).

Pollenwand – Struktur und Skulptur

Pollenkörner besitzen eine widerstandsfähige Wand, die hier Sporoderm genannt wird (Abbildung 6). Das Sporoderm besteht aus zwei Schicht-Komplexen: der äußeren Exine und der inneren Intine. Während die überwiegend aus Zellulose bestehende Intine meist unstrukturiert ist, zeigt die Exine meist einen prononcierten Schichtbau: häufig wird ein „Dach“ (tectum) von „Säulen“ (columellae) getragen, die wiederum auf einer „Fußschicht“ (foot layer) stehen. Darunter findet sich ein „Estrich“, die Endexine, die wiederum der Intine aufliegt. Der Formbildungsprozess ist sehr kompliziert und hier im Detail nicht darstellbar, eine aktuelle Übersicht findet sich in [2].

Der Hauptbestandteil der Exine ist das Sporopollenin, ein stabiles, ungemein widerstandsfähiges natürliches Biopolymer, dessen Struktur und Summenformel bis heute nicht aufgeklärt sind [1].

Widerstandsfähigkeit

Welche drastischen Behandlungen („Misshandlungen“) hält Pollen aus? Sehr viele! Vor allem die Pollenwand ist üblicherweise sehr stabil. Sie übersteht diverse Säure-

oder Laugenbehandlungen beim Färben für das Lichtmikroskop bis zur Acetolyse (= mehrminütiges Kochen in einer Mischung aus Schwefelsäure und Essigsäureanhydrid), die das Sporopollenin der Exine übrig lässt und sozusagen einer künstlichen Fossilisierung gleichkommt (Abbildung 7) [5]. Fossilisierung geschieht unter Sauerstoffabschluss im Boden und lässt die Strukturen über viele Jahrmillionen so gut wie unverändert. Die Strukturen der Pollenwand halten auch die Präparationsschritte mit aufwändiger Aldehyd- und Schwermetallfixierung für die Transmissions-Elektronenmikroskopie, das Einbetten in Kunststoff und die Herstellung ultradünner Schnitte aus [7].

Harmomegathischer Effekt

Trotz ihrer mechanischen und chemischen Stabilität zeigen Pollenkörner eine funktionell bedingte einzigartige Reaktion auf Umweltfaktoren, insbesondere auf den schwankenden Wassergehalt des Pollens (trocken beziehungsweise turgeszent). Dieser so genannte harmomegathische Effekt – ein Mechanismus regelmäßiger Einfaltungen – führt zu variabler äußerer Form, denn er beeinflusst Größe und Umriss. Der harmomegathische Effekt (Abbildung 8) ist für die Lebensfähigkeit des Pollens und den ungefährdeten Transport der männlichen Gameten (über-)lebenswichtig. Die Pollenwand ist also keineswegs starr, sondern auf Druck überraschend flexibel – ganz im Gegensatz etwa zu Diatomeen (Kieselalgen), deren Kieselsäurepanzer gänzlich starr, aber brüchig ist und keinesfalls Druck reversibel nachgibt [10].

Pollenmorphologie und ihre Terminologie

Um Merkmale vergleichen und kategorisieren zu können, braucht es eine gemeinsame Sprache bzw. ein gemeinsames Verständnis von Fachbegriffen. Die Gesamtheit dieser Konventionen zur Merkmalsbeschreibung – die Terminologie – stellt seit jeher in den beschreibenden Wissenschaften eine unverzichtbare Grundlage dar. In „Pollen Terminology. An illustrated Handbook“ [9] ist eine Vereinfachung und Sammlung aller wichtiger Terms für die Palynologie zu finden. Die Begriffe sind mit licht- und elektronenmikroskopischen Bildern dokumentiert.

Jedes Pollenkorn kann durch eine Serie von nomenklatorisch eindeutigen Begriffen und Angaben beschrieben werden. Dazu gehören Angaben über Unterscheidungsmerkmale der Pollenformen: Aperturen (Lage, Form, Anzahl, etc.), Skulpturierung bzw. Ornamentierung (Reticulum, Echini, etc.), Umriss bzw. Form (langgestreckt, kugelig, platt, tonnenförmig, etc.) oder Größe (Größenklassen, Abbildung 9).

Gerade für eine nachvollziehbare Beschreibung und Dokumentation der fast unüberschaubaren Vielfalt der Pollen ist solch eine exakte und eindeutige Terminologie ein absolutes Muss. Die pollenbeschreibenden

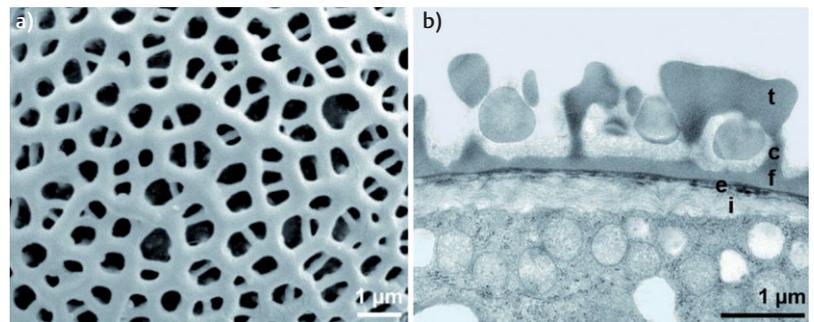


ABB. 6 Aufbau der Pollenwand im REM und TEM. a) *Mentha arvensis* (Lamiaceae) REM, Pollenoberfläche im Detail. b) Pollenkorn von *Mentha arvensis* im TEM, Detail der Pollenwand im Querschnitt (t = tectum, c = columellae, p = Pollenkitt, f = foot layer, e = Endexine, i = Intine).

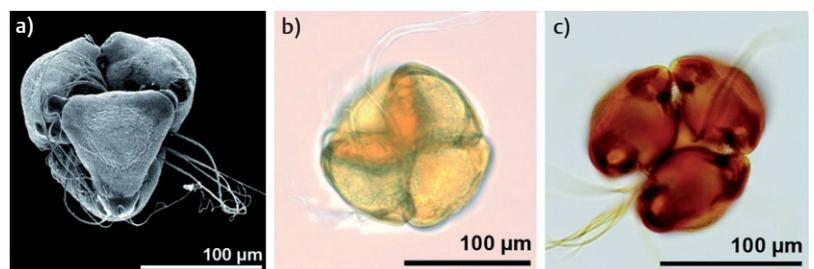


ABB. 7 Diese Tetrade mit vier Pollenkörnern und Viscinfäden von *Epilobium hirsutum* (Onograceae) zeigt die Widerstandsfähigkeit des Pollens. a) Tetrade vor der Acetolyse (REM), b) Tetrade vor der Acetolyse in Glycerin (LM), c) Tetrade nach der Acetolyse (LM).

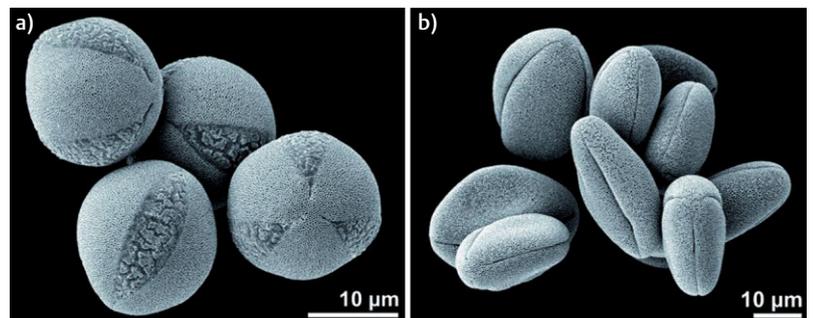


ABB. 8 Beispiel für den harmomegathischen Effekt am Beispiel des Pollens von *Lamiastrum* sp. (Lamiaceae). a) Hydratisierter Pollen, kugelig und mit drei colpaten Keimöffnungen. b) Pollen trocken. Die Form verändert sich je nach Hydratisierungszustand, Keimöffnungstyp und Anzahl. Bei Wasserverlust falten sich die Keimöffnungen bei dieser Gattung nach innen ein.

Begriffe haben als Fremdworte ganz überwiegend eine lateinische Wurzel. Lateinische Formulierungen sind seit jeher vorbildlich kurz und prägnant. Die Sprache der Naturwissenschaften ist aber heute Englisch. Deswegen orientieren sich alle pollenbeschreibenden Begriffe an der anglo-amerikanischen Rechtschreibung.

Ornamentierung

Pollenkörner sind oft hochgradig symmetrisch und in ihrer Ornamentierung (Skulpturierung der Pollenober-

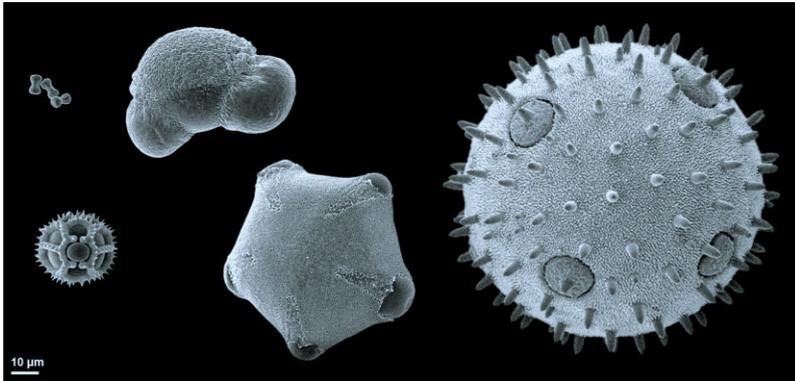


ABB. 9 Beispiele für Größenklassen (von links nach rechts): *Myosotis palustris* (Sumpf-Vergissmeinnicht), sehr klein (< 10 µm); *Leontodon saxatilis* (Hundslattich), medium (26–50 µm); *Pinus mugo* (Latsche), *Viola arvensis* (Acker-Stiefmütterchen), large (51–100 µm); *Cucurbita pepo* (Gartenkürbis), very large (> 100 µm).

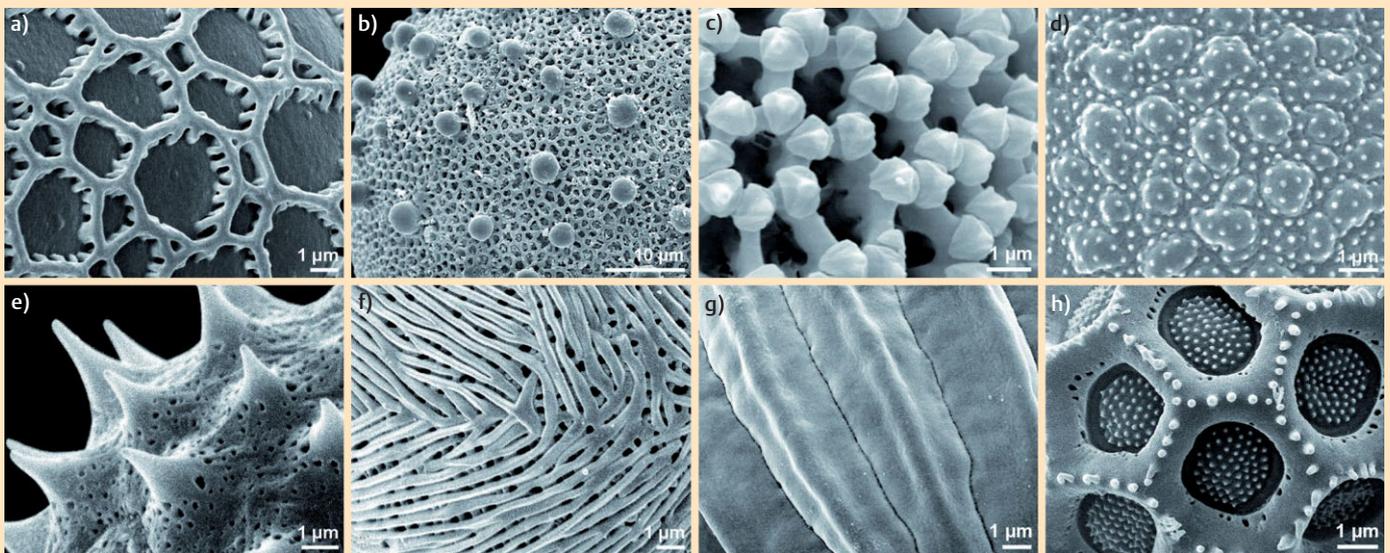
fläche) ästhetisch oft ungemein attraktiv (Abbildung 10). Zwischen der Pollenornamentierung und der Art der Bestäubung besteht ein eindeutiger Zusammenhang. Windblütige Pflanzen (Pollen transport erfolgt durch den Wind) haben einen glatten oder nur wenig skulpturierten Pollen, dagegen ist der Pollen tierblüt-

ger Pflanzen (Pollen transport durch Insekten, manchmal auch Vögel oder sogar Säugetiere) auffallend stark ornamentiert. Wichtige Details der Wandstruktur und insbesondere der Oberflächenskulptur können nur durch elektronenmikroskopische Abbildungen erkannt werden.

Aperturen (Keimstellen)

Eine Apertur ist ein Bereich der Pollenwand, der sich in seiner Morphologie und Struktur signifikant von den übrigen Teilen des Pollenkorns unterscheidet und der als Keimstelle für einen Pollenschlauch dient. Wichtig zur Beschreibung ist die Anzahl, Form und Lage der Aperturen. Wie bei der Ornamentierung gibt es auch hier eine große Vielfalt (Abbildung 11): Es gibt eine bis mehrere Aperturen, kreisförmige Poren, langgestreckte Schlitze bzw. Kombinationen von Poren und Schlitzen. Sehr oft liegen die Aperturen am Äquator, oft am distalen Pol (nie am proximalen! [8]) oder sind gleichmäßig über die Pollenoberfläche verteilt. Die Polarität eines Pollenkorns wird bestimmt durch die räumliche Orientierung (Anordnung) der Mikrosporen in der Tetrade. Die Polachse einer jeden Mikrospore verläuft vom distalen Pol zum Zentrum der Tetrade hin, also zum proximalen

ABB. 10 | MANNIGFALTIGKEIT DER ORNAMENTIERUNG

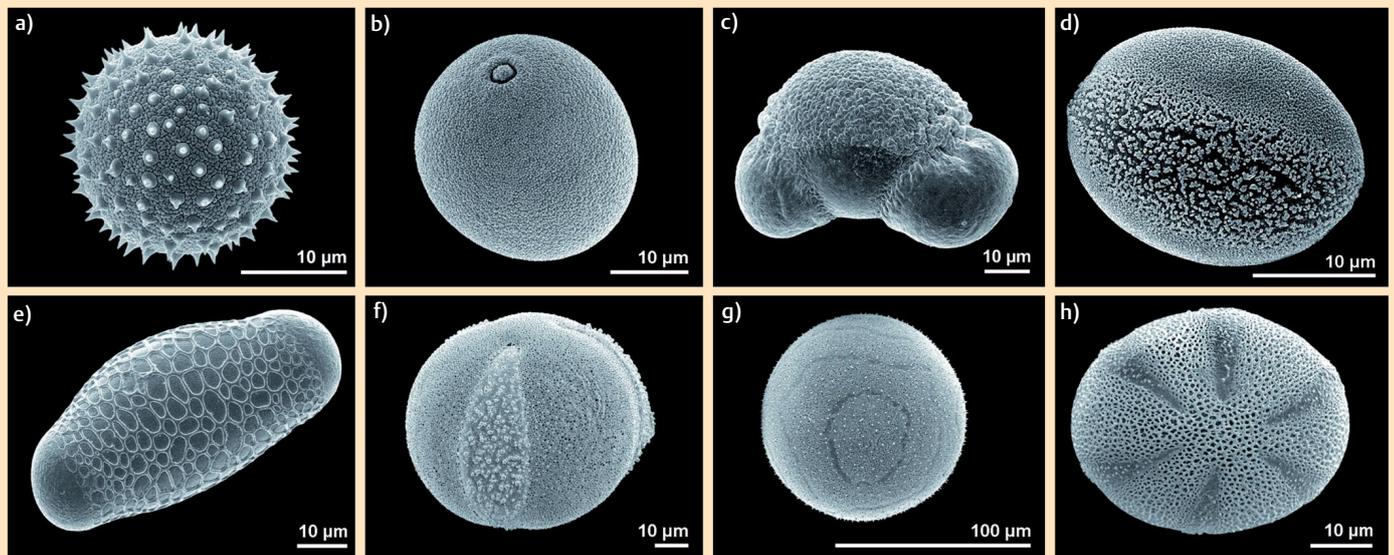


a) *Billbergia seidelii* – reticulate. **b)** *Cephalopentandra ecirrhosa* – gemmate, reticulate. **c)** *Daphne giraldii* (Chinesischer Seidelbast) – reticulate, microechinate. **d)** *Plantago major* (Breit-Wegerich) – verrucate, microechinate. **e)** *Bellis perennis* (Gänseblümchen) – echinate, perforate. **f)** *Centaureum pulchellum* (Kleines Tausendgüldenkraut) – striate, perforate. **g)** *Ephedra distachya* (Meerträubel) – plicate, psilate. **h)** *Pfaffia tuberosa* – lophate, microechinate.

Bedeutung der beschreibenden englischen Begriffe:
 echinate: spitzes Element, länger und/oder breiter als 1 µm.
 gemmate: kugeliges Exine-Element, größer als 1 µm im Durchmesser.
 lophate: netzartiges Muster, geformt von Exine-Elementen (muri), mit großen fensterförmigen Flächen.
 micro-: Präfix (Vorsilbe) für klein; Objekte kleiner als 1 µm.
 perforate: Pollenwand mit Löchern kleiner als 1 µm im Durchmesser.

plicate: ringsum verlaufende, parallel angeordnete rippenartige Falten.
 psilate: Pollenwand mit glatter Oberfläche.
 reticulate: netzartiges Muster, geformt von Exine-Elementen (muri), bei dem die Lumina breiter als 1 µm sind.
 striate: längliche Exine-Elemente, getrennt durch Furchen, überwiegend parallel angeordnet.
 verrucate: warzenartige Elemente, breiter und höher als 1 µm.

ABB. 11 | VIELFALT DER KEIMÖFFNUNGEN UND BEISPIELE (PFLANZE – APERTURTYP)



a) *Pinellia ternata* (Pinellie) – inaperturate. b) *Dactylis glomerata* (Wiesen-Knäuelgras) – ulcerate. c) *Pinus mugo* (Latsche) – leptoma. d) *Galanthus nivalis* (Schneeglöckchen) – sulcate. e) *Quesnelia lateralis* (Quesnelia) – porate (di-porate). f) *Convolvulus arvensis* (Acker-Winde) – colpate (tri-colpate). g) *Crocus speciosus* – colpate, spiraperturate. h) *Melissa officinalis* (Zitronen-Melisse) – colpate (hexa-colpate).

Bedeutung der Begriffe zur Beschreibung der Keimöffnungen:
 colpate: längliche Apertur (Längen/Breiten Verhältnis >2), am Äquator gelegen oder regelmäßig über die gesamte Pollenoberfläche verteilt (tri-colpate; hexa-colpate).
 inaperturate: Pollenkorn ohne eindeutig ausgeprägte Aperturen.
 leptoma: Verdünnung der Pollenwand am distalen Pol (eines Pollenkorns) bei Koniferen, die als Keimstelle fungiert.

porate: mehr oder weniger kreisrunde Apertur, am Äquator gelegen oder regelmäßig über die gesamte Pollenoberfläche verteilt (di-porate, tri-porate).
 spiraperturate: Pollen mit spiralförmigen Aperturen.
 sulcate: längliche, distal gelegene Apertur.
 ulcerate: mehr oder weniger kreisrunde Apertur am distalen Pol.

Pol. Die Äquatorialebene liegt in der Mitte der Mikrospore, senkrecht zur Polachse. Die Äquatorialebene teilt das Pollenkorn bedingt durch die Tetradenlage in eine proximale und eine distale Hälfte.

Kesselfallen in Araceae

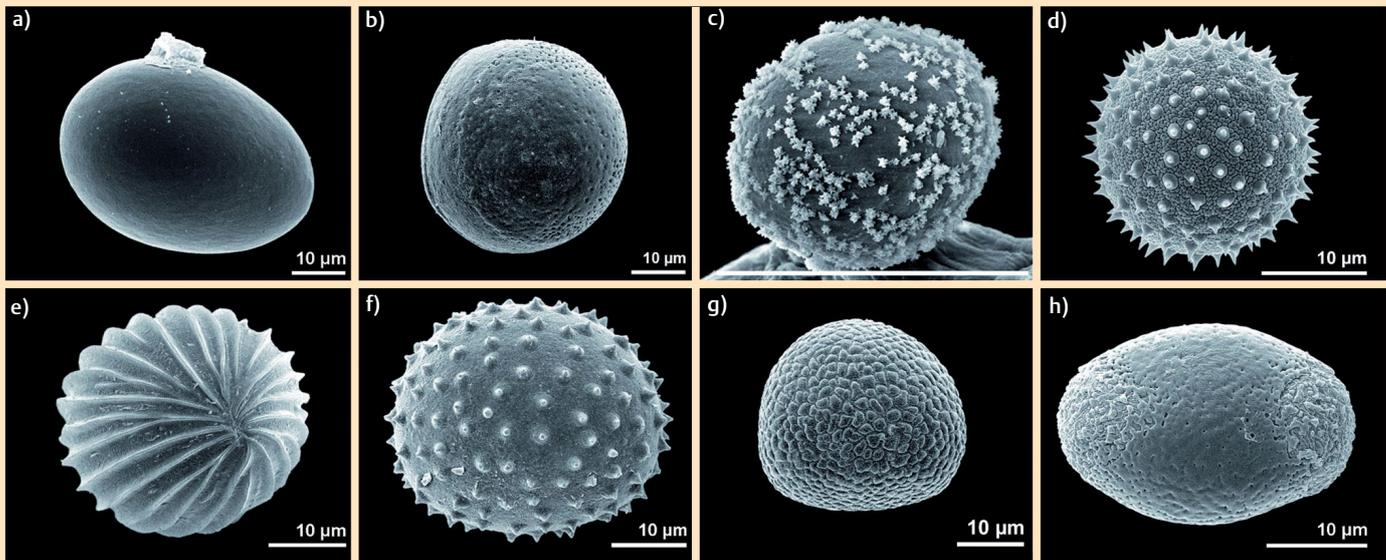
Der Pollen der Araceen, einer weltweit verbreiteten Familie, ist schon seit zehn Jahren ein Forschungsschwerpunkt am Department für Strukturelle und Funktionelle Botanik der Universität Wien. Entwicklungsgeschichtliche, funktionelle und systematische Details der „Kesselfallen“ in den Aronstabgewächsen (Aroideae-Araceae) sind nur unzulänglich bekannt (Abbildung 12). Der Pollen dieser Pflanzen zeichnet sich durch eine einzigartige biochemische Struktur aus, die möglicherweise bei Kesselfallen eine funktionelle Rolle spielt. Seit 2009 wird nun im Rahmen eines FWF-Projekts (Austrian Science Fund) „Evolution und Funktionalisierung der Kesselfallen in Araceae“ intensiv an diesem Forschungsschwerpunkt angeknüpft. Weiterhin sollen mithilfe von morphologischen Untersuchungen der Struktur und Oberflächenbeschaffenheit der Infloreszenzen sowie blütenbiologischen Experimenten im Freiland die Evolution und Diversifikation der Inflo-

reszenzen der Araceae untersucht werden. Im Rahmen des Projekts versucht man Antworten auf die wichtigsten Fragen zu finden: Sind bestimmte Eigenschaften der Kesselfallen für einzelne Gruppen der Aroideae typisch? Wie häufig treten Kesselfallen innerhalb der Aroideae auf und gibt es solche eventuell bei anderen Unterfamilien der Araceae, die bislang nicht „unter Verdacht“ standen? Stehen Polleneigenschaften mit bestimmten Fallenausbildungen in Beziehung? Wie unterschiedlich die Pollentypen der Araceen sind, zeigt Abbildung 13.

Eine Fülle von Informationen über Pollen sind über die weltweit größte palynologische Datenbank PalDat abrufbar. Diese Plattform wurde von Martina Weber und Ralf Buchner am Department für Strukturelle und Funktionelle Botanik der Universität Wien entwickelt.



ABB. 12 Infloreszenz mit Blütenstand und Kesselfalle von *Amorphophallus konjac* (Araceae).



a) *Zantedeschia aethiopica* (Zantedeschie, „Zimmercalla“) – inaperturate, psilate. b) *Zamioculcas zamiifolia* – sulcate, perforate. c) *Schismatoglottis tectorata* – psilate, crystals covering the pollen surface. d) *Pinellia ternata* (Pinellie) – inaperturate, echinate. e) *Pistia stratiotes* (Wassersalat) – inaperturate, plicate. f) *Sauromatum venosum* (Eidechsenwurz) – inaperturate, echinate. g) *Dracunculus vulgaris* (Gemeine Drachenwurz) – inaperturate, verrucate. h) *Calla palustris* (Sumpf-Calla) – di-porate, perforate.

Zur Erläuterung der beschreibenden Begriffe siehe Abbildung 10 und 11.

Ziel ist, die große Menge an palynologischen Daten aus einer Vielzahl von Pflanzenfamilien öffentlich zugänglich zu machen. Die Datenbank ist kostenlos im Internet zugänglich unter <http://www.paldata.org/> [11].

Zusammenfassung

Bestimmte variable Merkmale der Pollen- und Sporenmorphologie sind diagnostisch (als Bestimmungsmerkmale) verwertbar und damit für die Taxonomie von großer Bedeutung, zumal sie vielfach evolutionäre und phylogenetische Zusammenhänge aufzeigen. Solche Merkmale sind Lage und Form der Aperturen (Keimöffnungen), die Ornamentierung (die Oberflächenskulptur), Variationen im Aufbau des Sporoderms und auch die Dimensionen der Sporen und Pollenkörner.

Die Palynologie (das Studium von Sporen und Pollenkörnern) ist sowohl eine selbstständige Grundlagenwissenschaft als auch eine für viele benachbarte wissenschaftliche Disziplinen wichtige Hilfswissenschaft.

Summary

Pollen: Stunning diversity and amazing beauty

Particular features of pollen and spore morphology are important characteristics of taxonomic ranks, reflecting evolutionary or phylogenetic relationships. Distinguishing characters include apertures (the germination sites), ornamentation patterns (the sculpturing), manifold variation in exine infrastructure, and pollen or spore dimensions.

Palynology serves as a basic science as well as in subdisciplines of applied sciences, for example, aeropalynology, melissopalynology, or forensic palynology, plant systematics, past vegetation, climatology, paleontology, geochronology, biostratigraphy, pollination biology, genetics, or other studies.

Schlagworte

Pollen, Palynologie, Terminologie, PalDat

Literatur

- [1] T. Ariizumi, K. Toryama, Genetic regulation of sporopollenin synthesis and pollen exine development, *Annu. Rev. Plant Biol.* 2011, 62, 437–60.
- [2] S. Blackmore, A. H. Wortley, J. J. Skvarla, N. I. Gabarayeva, J. R. Rowley, Developmental origins of structural diversity in pollen walls of Compositae, *Plant Syst. Evol.* 2010, 284, 17–32.
- [3] A. Engler, K. Prantl, Die natürlichen Pflanzenfamilien. Engelmann, Leipzig, 1893 onwards.
- [4] G. Erdtman, *Pollen Morphology and Plant Taxonomy*. Angiosperms. Almqvist & Wiksell, Stockholm, 1952.
- [5] G. Erdtman, The acetolysis method, *Svensk Bot. Tidskr.* 1960, 54, 561–564
- [6] J. Fritzsche, Über den Pollen, *Mém. Sav. Étrang. Acad. Sci. Pétersbourg* 1837, 3, 549–672.
- [7] M. A. Hayat, *Principles and techniques of electron microscopy. Biological applications.* (3rd ed.) The MacMillan Press Ltd, Houndmills, Basingstoke, Hampshire, London, 1989.
- [8] M. Hesse, H. Halbritter, M. Weber, *Beschorneria yuccoides* and *Asimina triloba* (L.) Dun: Examples for proximal polar germinating pollen in angiosperms, *Grana* 2009, 48, 151–159.

- [9] M. Hesse, H. Halbritter, R. Zetter, M. Weber, R. Buchner, A. Frosch-Radivo, S. Ulrich, *Pollen Terminology. An illustrated Handbook*. Springer, Vienna, 2009.
- [10] E. Katifori, S. Alben, E. Cerda, D. R. Nelson, J. Dumais, *Foldable structures and the natural design of pollen grains*, PNAS 2009, 107, 7635–7639.
- [11] R. Buchner and M. Weber (2000 onwards). PalDat – a palynological database: Descriptions, illustrations, identification, and information retrieval. <http://www.paldata.org/>.

Die Autoren



Michael Hesse, geb. 1943 in Wien, studierte Biologie und Lehramt an der Universität Wien und promovierte 1961. Nach seiner Habilitation 1978 widmete er sich vor allem der Ultrastrukturforschung und baute im Rahmen einer von ihm als Universitätsprofessor geleiteten Forschungsabteilung ein Labor für Elektronenmikroskopie am Institut für Botanik der Universität Wien auf. Seine Arbeitsgruppe erarbeitete über die Jahre eine enorme Datenmenge von Pollenformen, deren Ergebnisse sowohl in PalDat als auch in das 2009 publizierte Standardwerk „Pollen Terminology. An illustrated handbook“ (Springer Verlag) mündete. Er war von 1992 bis 2004 Institutsvorstand und bis zu seiner Pensionierung 2008 Leiter des Departments für Ultrastrukturforschung und Palynologie an der Universität Wien.



Silvia Ulrich, geb. 1975, 1996–2006 Magisterstudium Biologie (Ökologie) an der Universität Wien. Seit 2003 liegt ihr Forschungsschwerpunkt in der Palynologie. Von 2006–2008 arbeitete sie als Technische Assistentin am Department und nebenbei auch für PalDat (Palynologische Datenbank). In dieser Zeit wirkte sie auch an der Entstehung des Buches „Pollen Terminology. An illustrated handbook“ (Springer Verlag) mit. Seit 2009 ist sie wissenschaftliche Mitarbeiterin in einem FWF Project „Evolution of trapping inflorescences in the aroid family“.

Korrespondenz:

Prof. Dr. Michael Hesse
Universität Wien
Department für Strukturelle und Funktionelle
Botanik
A-1030 Wien
E-Mail: michael.hesse@univie.ac.at



*Die Autoren engagieren sich für die Pollendatenbank PalDat und für Autpal, den Verein zur Förderung der palynologischen Forschung in Österreich.
www.paldata.org,
www.autpal.at*