

Pollenanalyse und Vegetationsgeschichte

von Prof. Dr. Herbert Straka, Kiel

2., erweiterte und verbesserte Auflage

Mit 41 Abbildungen



Die Neue Brehm-Bücherei

A. Ziemsen Verlag · Wittenberg Lutherstadt · 1970

Inhaltsübersicht

1. Der Blütenstaub, sein Aussehen und Aufbau, seine Bildung und Funktion. Die Sporen	7
2. Vom Pollenregen und der Erhaltung des Blütenstaubs in den Mooren	16
3. Moore und Seen als Archive der Vegetationsgeschichte	18
Gewinnung und Aufbereitung des Torfes oder der Mudde	18
Zählung der Pollenkörner	22
Das Pollendiagramm	23
4. Die Geschichte des Pflanzenkleides im Untereichsfeld und im Harz	24
Vegetationsstufen des Harzes	24
Das Pollendiagramm vom Luttersee und seine Pollenzonen	25
Wie weit kann man die gefundenen Pollenkörner bestimmen?	28
Wie verhält sich das Pollenspektrum zur Zusammensetzung der Vegetation?	30
Was bedeuten die Nichtbaumpollenwerte und die Pollendichte?	34
Die Vegetations- und Waldzeiten	35
Die Klimageschichte	36
Das Pollendiagramm aus dem Oberharz	39
5. Altersbestimmung mit Hilfe der Pollenanalyse	42
5.1. Das Alter von Vulkanausbrüchen	42
Der Laacher See, Entstehung der Maare	42
Das Schalkenmehrener Maar, sein Pollendiagramm	44
Das Alter des Schalkenmehrener Maares	48
5.2. Das absolute Alter der Pollenzonen	49
Die Bändertonchronologie	49
Die Radiokarbonmethode (C 14)	50
Vorgeschichtliche Funde	52
5.3. Das Alter der bisher datierten vulkanischen Maararusbürche	52
Das Pflanzenkleid der Maarumgebung während und nach der vulkanischen Tätigkeit	56
5.4. Die Datierung vorgeschichtlicher Funde und Ereignisse mit Hilfe der Pollenanalyse	58
Der Pflug von Walle	59
Brandrodungen im Pollendiagramm	60
Die Vorgeschichte der Eifel im Pollendiagramm	61

6. Die Wandlung des Pflanzenkleides von Mitteleuropa während und nach der letzten Eiszeit	64
Hocheiszeit	64
Späteiszeit (Allerödzeit, Jüngere Tundrenzeit)	67
Vorwärmezeit	69
Frühe Wärmezeit	70
Mittlere Wärmezeit	71
Späte Wärmezeit	71
Nachwärmezeit	72
7. Wanderungen und Wanderwege der Waldbäume und der Hasel in Mitteleuropa seit der letzten Eiszeit	74
7.1. Pollenniederschlagskarten und Diagrammketten	74
7.2. Die Birken	75
7.3. Die Kiefern	77
7.4. Die Hasel	79
7.5. Die Eichen	80
7.6. Die Ulmen	82
7.7. Die Linden	82
7.8. Die Esche	83
7.9. Weitere Bäume des Eichenmischwaldes	84
7.10. Die Erlen	84
7.11. Die Fichte	85
7.12. Die Tanne	86
7.13. Die Rotbuche	88
7.14. Die Hainbuche	89
7.15. Die Eibe	90
8. Pollenfunde einiger anderer spät- und nacheiszeitlicher Pflanzen	90
9. Die Vegetationsgeschichte in den Kalt- und Warmzeiten des Quartärs	95
10. Die Anwendung der Pollen- und Sporenanalyse in älteren Ablagerungen	100
11. Von anderen Zweigen der Pollenforschung	102
12. Hinweise auf einige wichtige Bücher und Aufsätze zur Erweiterung des Studiums sowie auf die Herkunft der Bilder	104

Vorwort zur zweiten Auflage

Da unser kleines Büchlein offenbar viel Anklang gefunden hat, haben wir es gerne übernommen, eine erweiterte zweite Auflage davon zu bearbeiten. Wir haben die Anregungen einiger Besprechungen und Kritiken, die uns bekannt geworden sind, gerne verwertet und sind allen Kollegen dankbar dafür, daß sie diese gemacht haben. Neu aufgenommen wurden Kapitel über Nichtbaumpollen, über die pollenanalytischen Forschungen aus dem gesamten Quartär, dem Tertiär und älteren Ablagerungen. Auch die Abbildungen wurden vermehrt und zum Teil erneuert. Wir konnten uns dagegen nicht entschließen, auch noch dem Alpengebiet eine ausführlichere Betrachtung zu widmen; sie hätte nichts prinzipiell Neues gebracht und den Umfang des Bandes zu sehr erweitert. Die Literaturhinweise sind nach dem neuesten Stand ergänzt worden. Auf den letzten internationalen Kongressen der Quartärforscher und C14-Wissenschaftler wurde beschlossen, zwei Zeitskalen zu verwenden: B. P. (before present) = vor heute und A. D. bzw. B. C. = v. Chr. bzw. n. Chr. Dieser internationalen Gepflogenheit folgend wurden auch in diesem Band beide Zeitskalen verwendet, vor allen Dingen, da auch „vor heute“ und „v. u. Z.“ leicht zu Irrtümern führen könnte. Dem Verlag sei für das freundliche Entgegenkommen bei der Ausstattung der Neuauflage gedankt.

Kiel, im Februar 1969

1. Der Blütenstaub, sein Aussehen und Aufbau, seine Bildung und Funktion. Die Sporen

Noch sehr deutlich erinnere ich mich daran, wie ich in meiner Jugend das erste Mal die Pollenhöschen einer Biene beobachtete. Der gelbe Staub ist zu Klumpen zusammengeballt und an den Schienen der Hinterbeine festgeklebt. So bringt sie diese kostbare, eiweißreiche Nahrung in den Stock. Daß sie beim Einsammeln des Pollens und auch sonst beim Nektarsammeln gleichzeitig den Blütenstaub von einer Blüte zur anderen trägt, ist ihr natürlich nicht bewußt. Und doch ist diese Arbeit für den Fortbestand der Pflanzenarten unbedingt nötig. In dem Pollenkorn werden nämlich die männlichen Geschlechtszellen zum weiblichen Empfangsorgan, zur Narbe gebracht. Die Blüte wird bestäubt. Dann wächst der Pollenschlauch zur Samenanlage, und eine Spermazelle befruchtet dort die Eizelle.

Untersucht man Pollenkörner unter dem Mikroskop — das kann z. B. nötig sein, wenn man die Herkunft eines Honigs bestimmen will —, dann bietet sich ein wunderbares Bild. Je nach der Pflanzenart können sie durchaus verschieden sein. Zwar sind sie klein und messen nur zwischen 2 und 300 μ , durchschnittlich um 20 bis 40 μ (1 μ = $\frac{1}{1000}$ mm), doch sind viele von ihnen wirkliche Wunderwerke der Natur im kleinen. Oft sind sie kugelig oder haben die Form eines Rotationsellipsoids; aber es kommen auch recht sonderbare, ausgefallene Formen vor. Um die Strukturen der Wand genauer sehen zu können, löst man den Inhalt des Pollenkornes auf. Das geschieht durch kurzes Kochen in Kalilauge oder in einem Gemisch von 9 Teilen Essigsäureanhydrid und 1 Teil konzentrierter Schwefelsäure (Azetolyse nennt man das zweite Verfahren). Dabei verschwindet der Zellinhalt und die innerste Wandschicht (die Intine), die aus Zellulose und Pektin besteht (Abb. 1). Es bleibt nur die äußere Wand (die Exine) übrig, die zu einem großen Teil aus den besonders widerstandsfähigen Sporopolleninen aufgebaut wird. Sie gehören zu den Terpenen; ihr chemischer Aufbau ist nicht genau bekannt. Das Sporopollenin der Waldkiefer hat z. B. die Summenformel $C_{90}H_{114}O_{24}$.

Unter dem Mikroskop studiert man die einzelnen Pollenarten am besten bei starker Vergrößerung (ca. 800 bis 1200 mal) mit der Ölimmersion (vgl. Abb. 2 bis 6). Der Buchenpollen hat Kugelform. Betrachtet man ihn als kleinen Globus, dann verlaufen von Pol zu Pol in Richtung der Meridiane 3 Furchen in etwa 120° Abstand, die im Äquator je eine runde Pore enthalten. Durch eine dieser Keimporen tritt nach der Bestäubung der Pollenschlauch aus, ehe er den Griffel durchwächst und

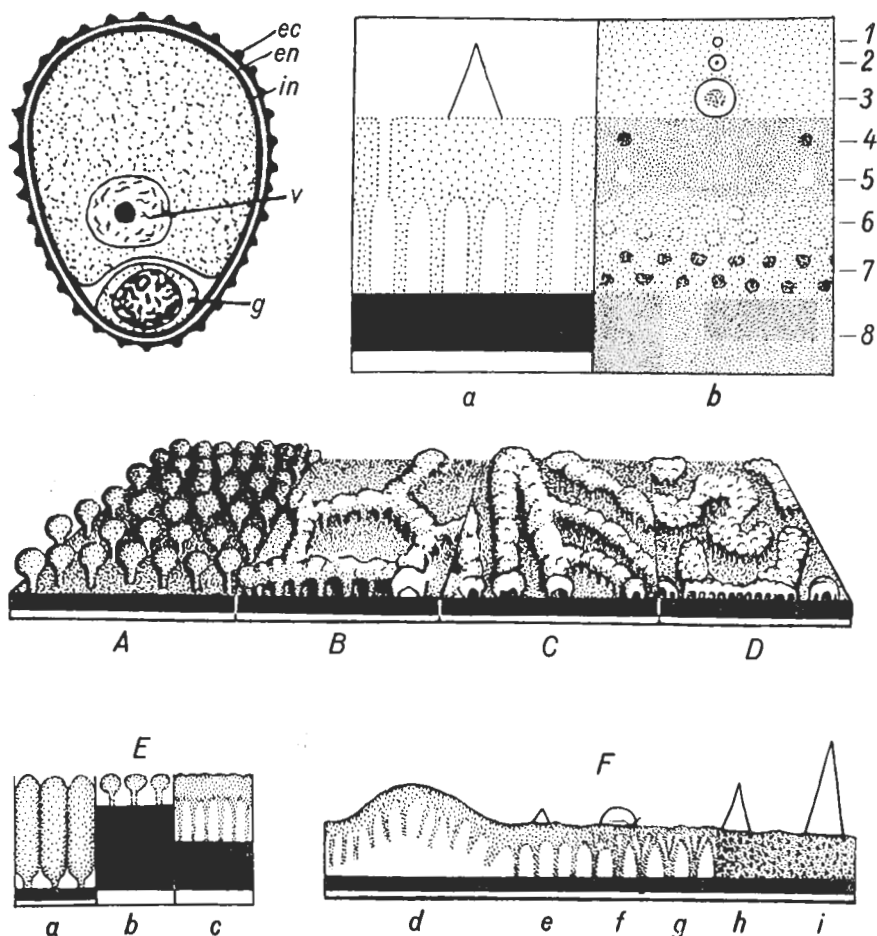


Abb. 1. Bau des Pollenkorns und seiner Wandung. Oben links: Pollenkorn der Lilie, durchschnitten. v = vegetative Zelle, g = generative Zelle, ec = Ektexine (Sextine und äußere Schicht der Nexine), en = Endexine (innere Schicht der Nexine), zusammen die äußere Haut der Pollenwandung = Exine bildend, in = Intine (innere Haut der Wandung). Oben Mitte und rechts: Bau der Exine. a: Querschnitt mit den skulpturierten äußeren (Sextine) und den nicht skulpturierten (schwarz und weiß gezeichneten) inneren Schichten (Nexine). b: Verschiedene Muster bei acht verschiedenen hohen, aufeinanderfolgenden Einstellungen des Mikroskop-Objektivs, die sich aus den jeweiligen optischen Schnitten von a ergeben (LO-Analyse = Lux-Obcuritas-Analyse = Helligkeit-Dunkelheit-Untersuchung). Mittlerer und unterer Streifen: Verschiedene Muster und Schichtung der Exine. A: Trommelschlägerartige Elemente (Pila), B: netziges Muster, C: gestreift, D: ornat, E: verschiedene Dicke und F: verschiedene Arten von Skulpturen des skulpturierten äußeren Teils der Exine (Sextine).

die männliche Geschlechtszelle an ihr Ziel bringt. Der Eichenpollen hat die Form eines kleinen Rotationsellipsoids mit drei Falten. Die gleiche Form hat der Blütenstaub der Weide, doch sind die Felder zwischen den Furchen von einem netzartigen Muster bedeckt. Viel zarter ist der Eschenpollen, dessen Polachse etwas kürzer ist als der Äquatordurchmesser. Etwas stärker abgeflacht ist der Birkenpollen, der jedoch drei Poren aufweist, deren Ränder schnabelartig vorgezogen sind. Der Blütenstaub der Hasel ist noch flacher, ähnelt aber sonst dem der Birke. Die Hainbuche hat ebenfalls flache, aber größere, zartere Pollenkörner mit 4 bis 5 Poren. Ebenfalls 5 Poren hat der Ulmenpollen, dessen Oberfläche sich durch eine eigentümliche unregelmäßige Felderung auszeichnet. Den schönsten Blütenstaub unter den einheimischen Waldbäumen

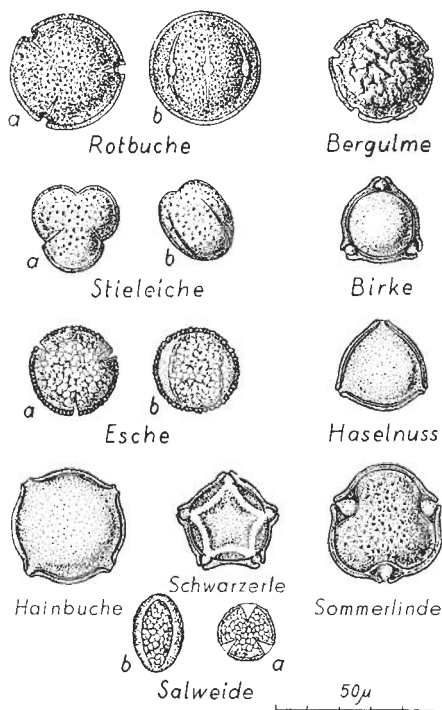


Abb. 2. Pollenkörner verschiedener Laubbäume und -sträucher unter dem Mikroskop. ($1 \mu = 1/1000 \text{ mm.}$) Rotbuche = *Fagus silvatica*, Bergulme = *Ulmus scabra*, Stieleiche = *Quercus robur*, Birke = *Betula*, Esche = *Fraxinus excelsior*, Haselnuß = *Corylus avellana*, Hainbuche = *Carpinus betulus*, Schwarzerle = *Alnus glutinosa*, Sommerlinde = *Tilia platyphyllos*, Salweide = *Salix caprea*. (a = Polansicht, b = Äquatoransicht.)

hat wohl die Linde. Die dunkle Oberfläche ist fein punktiert. Das Muster setzt vor dem Rand aus. Drei Poren werden von hakigen Fortsätzen umgeben. Der Erlenpollen zeichnet sich durch helle Bogengänge aus, die zum Teil ineinander verschlungen von Pore zu Pore führen. 4–5 ist die normale Anzahl der Keimporen.

Einen anderen Typ des Blütenstaubes finden wir bei unseren Nadelhölzern. Ein leicht gebogenes fast trapezförmiges Mittelstück, das die lebenden Zellen enthält, wird von zwei Luftsäcken flankiert. Der Pollen aller einheimischen Nadelhölzer ist relativ groß, doch fallen Fichte und Tanne durch besondere Größe auf. An Feinheiten kann man die beiden letzten voneinander gut unterscheiden: Der große Kamm des Tannenpollens einerseits, die dunklere Farbe und die wenig abgesetzten Luftsäcke des Fichtenpollens andererseits sind solche. Die von einem unregelmäßig netzartigen Muster überzogenen Luftsäcke entstehen übrigens dadurch, daß sich die Sexine von der Nexine in diesem Bereich ablöst.

Aus dem eben Berichteten und den Abbildungen 2 und 3 geht hervor, daß man die Pollenkörner der waldbildenden Baum-Gattungen unter dem Mikroskop wohl voneinander unterscheiden kann. In manchen Fällen gelingt es auch, die Arten einer Gattung voneinander zu trennen. Dabei müssen vielfach die Feinheiten der Wandstruktur genauer beobachtet werden. Durch elektronenmikroskopische Untersuchungen bei sehr starken Vergrößerungen ist man über den Aufbau der Exine heute recht genau unterrichtet (Abb. 1). Sie besteht aus mehreren Schichten.

Die beiden inneren Schichten, welche gleichmäßig aufgebaut — also nicht skulptiert — sind, heißen Nexine. Sie unterscheiden sich voneinander durch den Grad der Anfärbbarkeit mit bestimmten Farbstoffen, die innerste (in Abb. weiß gezeichnet) ist schwächer anfärbbar.

Die äußeren Schichten heißen Sexine; sie sind ebenso stark anfärbbar wie die äußere Nexineschicht. Die Sexine wird meist von trommelschlägerähnlichen Säulchen aufgebaut. Jedes Säulchen besteht aus einem Stäbchen und einem Köpfchen (Abb. 1). Häufig sind aber diese Köpfchen zu einheitlichen Streifen oder einer geschlossenen dachförmigen Fläche verschmolzen, die dann sozusagen auf Trägern stehen. Die Oberfläche dieses Daches kann glatt sein, oder sie ist mit Körnchen, Dornen, Warzen oder Spitzen versehen. Sind die Köpfchen seitlich miteinander verbunden, dann erscheint die Oberfläche des Pollenkornes gestreift oder netzartig (Abb. 1).

Betrachtet man die Pollenexine in verschiedenen hohen Einstellungen im Mikroskop unter der Ölimmersion von oben, dann erscheint je nach dem Aufbau der Exine ein wechselndes Muster heller und dunkler Punkte und Flecke, das man vielfach mit Erfolg zum Bestimmen der Pollenarten heranzieht. Als Beispiel für eine Abfolge solcher Muster diene Abbildung 1, oben rechts.

Die Struktur der Exine muß insbesondere genau beachtet werden, wenn man den Blütenstaub von Sträuchern und Kräutern unserer Flora er-

kennen und bestimmen will. Bei der großen wichtigen Familie der Gräser jedoch kann man meist nicht bis zur Gattung bestimmen. Ihr Blütenstaub (Abb. 3) zeigt sehr einheitlichen Aufbau: Ein rundes kugeliges oder längliches Pollenkorn mit einer deutlich umwallten Pore. Lediglich die Getreide-Arten können mit einiger Sicherheit bestimmt werden. Ihre Pollenkörner sind (nach der Azetolyse, s. S. 7) zumeist über $37\ \mu$ groß und haben auch besondere Wandstrukturen (Abb. 4, Mitte). Mit Hilfe der Phasenkontrastoptik gelingt heute auch die Bestimmung der Ge-

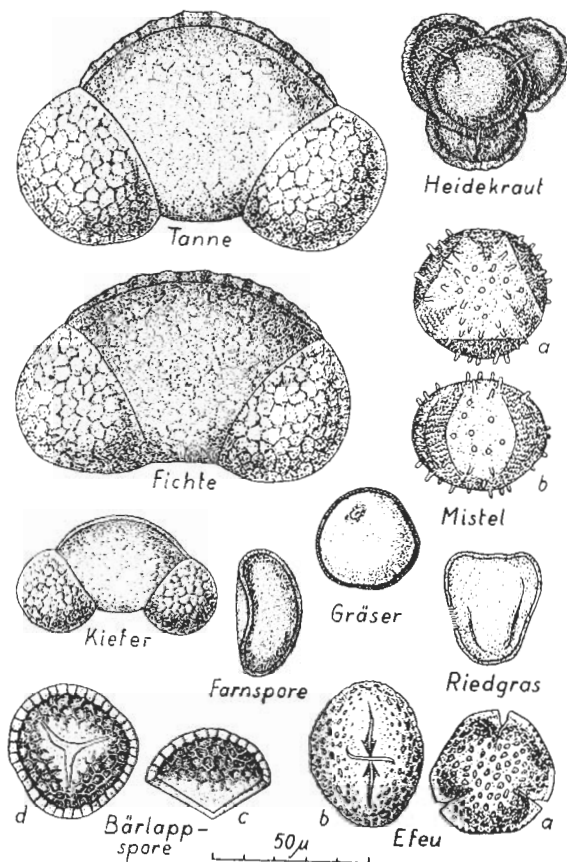


Abb. 3. Pollenkörner von Nadelhölzern, Sträuchern und Kräutern sowie zwei Sporentypen unter dem Mikroskop. ($\mu = 1/1000\text{ mm.}$) Tanne = *Abies alba*, Heidekraut = *Calluna vulgaris*, Fichte = *Picea abies*, Mistel = *Viscum album*, Kiefer = *Pinus*, Farnspore = *Polypodiaceae*, Gräser = *Gramineae* (*Poaceae*), Riedgras = *Carex*, Bärlappspore = *Lycopodium*, Efeu = *Hedera helix*. (a = Pol-, b = Äquatoransicht, c und d entsprechende Ansichten.)

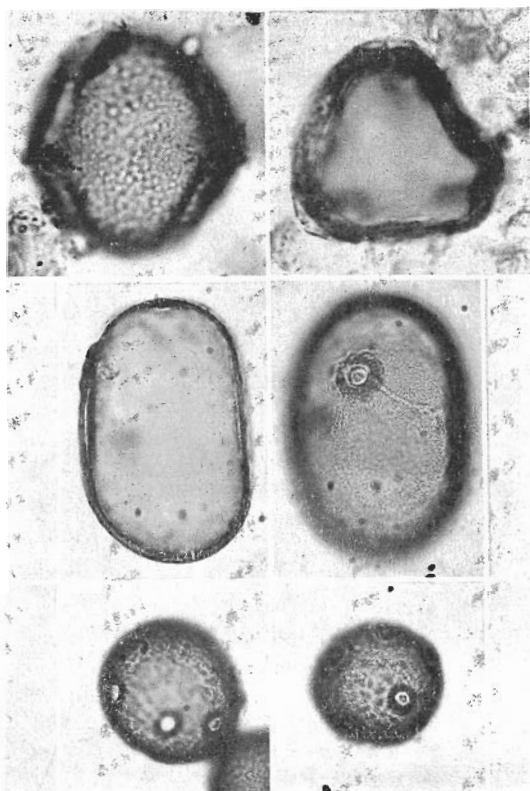


Abb. 4. Obere Reihe: Ein fossiles Pollenkorn des Schwedischen Hartriegels (*Cornus suecica*) aus späteiszeitlichen Ablagerungen des Strohnner Maarchens (Vulkaneifel). Links „Äquatoransicht“, rechts „Polansicht“, wobei das Pollenkorn als Globus und die Falten als „Meridiane“ betrachtet werden. Das dreifaltige, mit netziger Oberfläche versehene Pollenkorn ist etwa $20\ \mu$ groß. ($1\ \mu = 1/1000\ \text{mm}$.) Mittlere Reihe: Rezentens Roggenpollenkorn (*Secale cereale*). Links: Keimspore seitlich getroffen, rechts in der Aufsicht, hier auch die feine netzige Struktur der Pollenexine sichtbar. (600mal vergrößert.) Untere Reihe: rezenter Pollen des Spitzwegerichs (*Plantago lanceolata*), zwei verschiedene Ansichten, jeweils nur eine gewisse Anzahl der Keimsporen sichtbar. (600mal vergrößert.)

treidegattungen Roggen, Weizen, Gerste und Hafer. Der Blütenstaub der Riedgräser (Abb. 3) ist unregelmäßig walzlich geformt, von zarter Struktur und ohne eigentliche Keimpore. Statt dessen sind dünnere Stellen in der Wand vorhanden. Die Pollenkörner der Heidegewächse (*Ericaceae*) bleiben nach den Teilungen aus der Pollenmutterzelle als Vierlinge (Tetraden) beisammen und werden so verbreitet (Abb. 5, Mitte und unten links und Abb. 3, oben rechts).

Hier mögen einige Zeilen darüber eingeschoben werden, wie der Blütenstaub in den Staubbeuteln gebildet wird. Die inneren Schichten des Staubbeutels, das sogenannte Archespor, erzeugen durch viele Teilungen die Pollenmutterzellen. Aus diesen erst werden durch zwei kurz aufeinander folgende Zellteilungen immer je vier Pollenkörner gebildet, von denen jedes mit einer festen Hülle versehen wird. Zumeist trennen sie sich voneinander und liegen vor dem Aufspringen der Staubbeutel einzeln in den Pollensäcken. Bei einigen Familien bleiben — wie eben erwähnt — die vier Schwesterpollenkörner beisammen. Vereinzelt kommt es vor, daß 16 Blütenstaubkörner oder gar der ganze Inhalt des

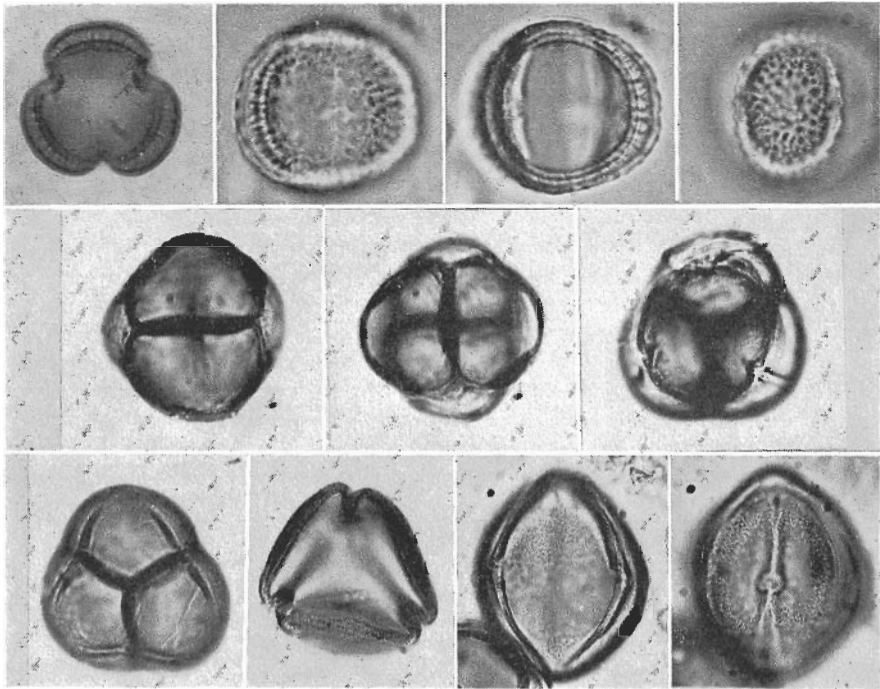


Abb. 5. Obere Reihe: Rezente Pollenkörner vom Steppenbeifuß (*Artemisia pontica*); drei verschiedene Äquatoransichten, links außen „Polansicht“. Der Pollen ist drei-por-faltig mit warziger Oberfläche. Typisch sind die drei „Halbmonde“ in der Polansicht. Mittlere und untere Reihe, links außen: Pollenvierling (Tetrade) der Heidelbeere (*Vaccinium myrtillus*); verschiedene Ansichten bei hoher und tiefer Einstellung des Objektivs. Untere Reihe, Mitte links und rechts, rechts außen: Pollenkörner vom Sonnenröschen (*Helianthemum canum*), drei-por-faltig mit körniger Oberfläche, rechts außen: „Äquatoransicht“ auf eine Furche mit Keimpore. (Alle 600mal vergrößert.)

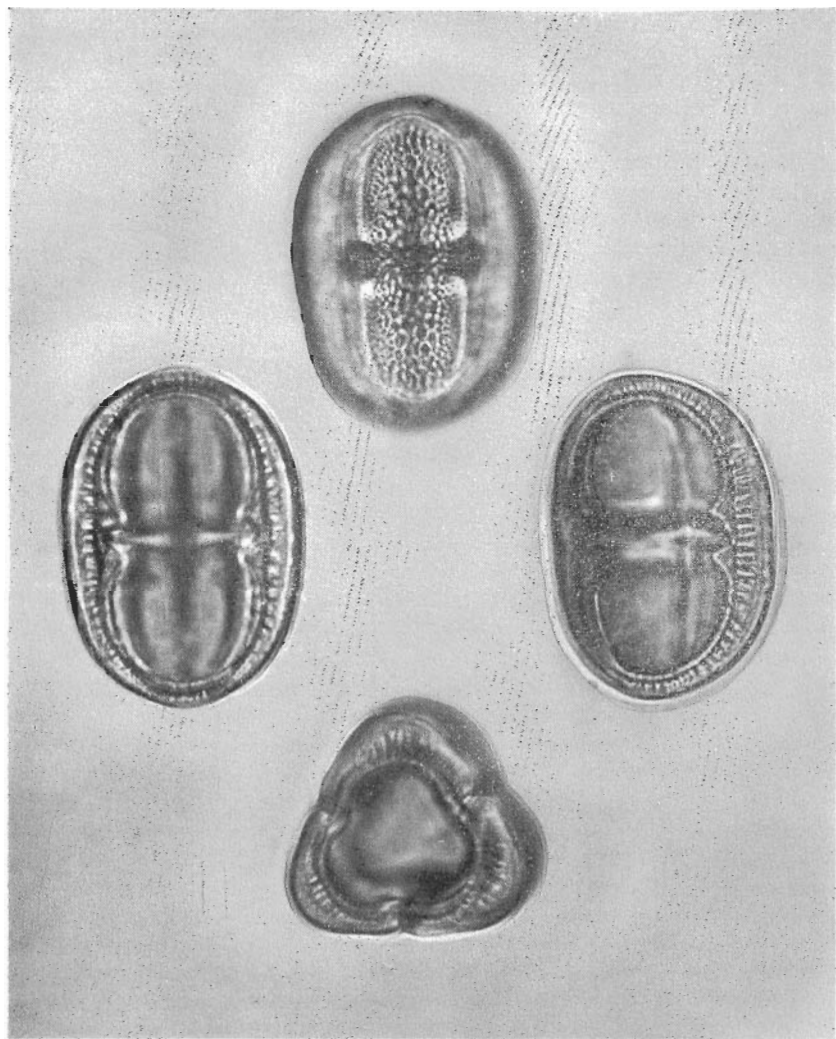


Abb. 6. Reiztes Pollenkorn der Kornblume (*Centaurea cyanus*). Oben: „Äquatoransicht“, Aufsicht auf die Fläche zwischen zwei Falten. Mitte links: dasselbe wie oben, aber tiefere Einstellung („optischer Schnitt“); Mitte rechts: dasselbe wie links, aber ein wenig um die Polachse nach rechts gedreht; Begrenzung der Äquatorgürtelfalte durch zwei Leisten sichtbar. Unten: „Polansicht“, die drei Falten in der Mitte der Dreieckseiten des Umrisses eingesenkt. Größe der Polachse etwa 40 μ .

Staubbeutel — wie z. B. bei den Orchideen — beim Öffnen zusammenkleben.

Keihen wir nach dieser Abschweifung wieder zu dem Heidekrautpollen zurück (Abb. 3). Bei ihm ist die Oberfläche fein-wabig strukturiert, während der Blütenstaub der Heidel- und Preiselbeere sowie anderer *Vaccinium*-Arten eine fast glatte Wandung aufweist (Abb. 5, Mitte und unten links). Dreifaltigen Pollen findet man beim Efeu (Abb. 3). Das netzartige Muster ist grob, in den Falten sieht man undeutliche Keimporen und oft einen Streifen, der einem liegenden „S“ ähnelt. Der Blütenstaub der Mistel ist ein abgeflachtes Rotationsellipsoid mit drei Falten. Auf den Flächen zwischen diesen entdeckt man unregelmäßig verteilte hohe Warzen.

Bisher war nur von den Pollenkörnern der Blütenpflanzen die Rede. Blütenlose Pflanzen haben selbstverständlich keinen Blütenstaub. Jedoch findet man z. B. an der Unterseite der Farnblätter oder in den gelben „Ähren“ des Bärlapps oder aber in den braunen „Zapfen“ des Schachtelhalms in kleinen Behältern einen mikroskopisch feinen Staub. Unter dem Mikroskop zeigt er wie der Blütenstaub eine bestimmte Gestalt, und seine Wandungen haben einen ähnlichen Aufbau wie die Wand des Pollenkornes. Aber seine Funktionen sind anders als die des Pollens. Die Sporen — so nennt man diese Staubkörner — enthalten gewöhnlich nur eine Zelle und wachsen, nachdem sie ausgestreut wurden, zum Vorkeim aus, auf welchem sich die männlichen und weiblichen Organe entwickeln. Erst aus der Eizelle in den letzten entwickelt sich nach der Befruchtung die Farnpflanze. Bei den Moosen verläuft die Entwicklung anders, doch können wir darauf hier nicht eingehen.

Interessant für uns ist aber, daß bei den höchst entwickelten Farnpflanzen männliche und weibliche Sporen verschiedener Größe vorkommen. Die ersten, die sogenannten Mikrosporen, können bei manchen *Selaginella*-Arten sogar die (männlichen) Spermazellen schon auf der Mutterpflanze ausbilden und dann übertragen. Und dieser Vorgang gibt uns die Möglichkeit, die Pollenkörner direkt von den Mikrosporen entwicklungsgeschichtlich abzuleiten. Pollenkörner und Sporen (genauer „Mikrosporen“) sind also, wie man sagt, „homolog“.

Da die Sporen bei den niederen blütenlosen Pflanzen die Ausbreitung übernehmen, ist — vom Standpunkt der Zweckmäßigkeit aus gesehen — ihre derbe und dauerhafte Wandung nützlich und zweckentsprechend. Das Pollenkorn hingegen überträgt nur die männlichen Geschlechtszellen. Sein Inhalt ist normalerweise überaus schnell vergänglich, denn seine Lebensdauer zählt nach Tagen. Nur bei wenigen Pflanzen, wie z. B. der Dattelpalme, soll er mehrere Monate lang bestäubungsfähig bleiben. Hier ist also eine derbe Hülle gar nicht „notwendig“ und sozusagen nur ein Überbleibsel, ein Erbstück aus längstvergangenen Zeiten, geerbt von den Vorfahren, nämlich den blütenlosen Pflanzen. So darf man

vielleicht sehr überspitzt formulieren, daß sie heute nur „dazu dient“, aus einer Fülle der verschiedenartigsten Formen und Skulpturen das Bestimmen derjenigen Pflanze zu ermöglichen, die sie gebildet hat.

Die Farnsporen (Abb. 3) erweisen sich unter dem Mikroskop gewöhnlich als bohnenförmige Gebilde zumeist mit glatter Oberfläche. Winzige Kugeltetraëder sind, außer manchen Farnsporen, die Bärlappsporen. Eine Fläche des Tetraëders ist gekrümmt und bildet ein Stück einer Kugeloberfläche. Vier solcher Kugeltetraëder lassen sich zu einer ganzen Kugel zusammenfügen, die der Sporenmutterzelle entsprechen würde.

Die Wissenschaft, die sich mit den Sporen und Pollen beschäftigt, hat in der letzten Zeit den griechischen Namen „Palynologie“ erhalten. Ins Deutsche übersetzt würde das etwa „Staublehre“ bedeuten; „Pollen- und Sporenforschung“ wäre die angemessene, aber schleppende Übertragung. Über ihre verschiedenen Zweige wollen wir später noch sprechen. Ihre Geschichte geht schon ins vergangene Jahrhundert zurück.

2. Vom Pollenregen und der Erhaltung des Blütenstaubes in den Mooren

Bei der Reife öffnen sich die Behälter, in denen Pollen (die Pollensäcke der Staubgefäße also) oder Sporen (die Sporangien) enthalten sind. Oft werden dabei physikalisch sehr sinnvoll erscheinende Mechanismen in Tätigkeit gesetzt, welche die Kohäsions- und Adhäsionskräfte des Zellwassers für das Öffnen und Ausschleudern der Sporen und Pollenkörner verwenden. Die Faserschicht (das Endothezium) der Staubgefäße und der Bogen (Anulus) des Farnsporangiums sind z. B. der Sitz solcher Mechanismen.

Die Sporen werden durch den Öffnungsmechanismus nur wenige Zentimeter weit in die Umgebung geschleudert. Die Pollenkörner vieler Windblütler werden erst durch Erschütterungen ihrer Behälter z. B. durch den Wind herausbefördert. Dann tragen sie der Wind oder lotrechte Luftströmungen über weite Strecken hin fort. Bei den Insektenblütlern genügt oft die Bewegung des Blütenbesuchers, um den Blütenstaub auszustreuen. Oft ist er klebrig und haftet so am Tierkörper fest, oder seine spitzen oder mehr stumpfen warzigen Fortsätze heften ihn an den Insektenleib, so daß er zur nächsten Blüte transportiert wird. Daß die Bienen den Blütenstaub auch einsammeln, sagten wir schon.

Für unsere folgenden Betrachtungen ist die Windblütigkeit wichtiger. Windblütler erzeugen vielfach mehr Blütenstaub als Insektenblütler. Sie wachsen auch in großen Massenbeständen; viele Waldbäume und die Wiesengräser sind z. B. windblütig. Jeder Windstoß schüttelt zur Blütezeit Unmassen Blütenstaub aus den pendelnden Staubgefäßen der Gräser oder den schaukelnden männlichen Blütenkätzchen der Haselnuß, den männlichen Blütenquasten der Rotbuche u. a. Bäume. Durch wirbelnde Luftbewegungen wird der Blütenstaub der verschiedenen windblütigen

Pflanzen durcheinandergemischt und durch Aufwinde vor allem tagsüber in große Höhen der Erdatmosphäre getragen. Bei Flugzeugaufstiegen fand man, daß bis etwa 2000 bis 3000 m Höhe hinauf der Pollengehalt der Luft ziemlich gleichmäßig zusammengesetzt war. Erst darüber begann eine gewisse Auslese der schwereren fluguntüchtigeren Pollenkörner sich bemerkbar zu machen. Je nach der Größe und Gestalt des Blütenstaubes ist nämlich seine Sinkgeschwindigkeit verschieden.

Selbstverständlich wird durch horizontale Luftströmungen der Pollen auch über gewisse Entfernungen hin fortgetragen. Normalerweise sind das aber nur wenige hundert Meter bis einige Kilometer. Vereinzelte Pollenkörner aber können tausend und mehr Kilometer weit fliegen. Mitten über dem Atlantischen Ozean fing man ein Rotbuchenpollenkorn ein, und über Göttingen fand man im Januar ein vereinzelt Blütenstaubkorn einer mediterranen Kiefernart, das um diese Jahreszeit nur aus Nordafrika gekommen sein konnte.

Während der nächtlichen Windstille sinkt der in der Luft schwebende Pollen langsam zu Boden, oder er kann durch den Regen zur Erde heruntergetragen werden. Im Mai und Juni fallen oft solche Mengen des gelblichen Staubes hernieder, daß nach einem nächtlichen Regen Pfützen, Tümpel und Regentonnen oder Trinkwasser-Zisternen eine dicke gelbe Schicht der schwimmenden Pollenkörner auf ihrer Oberfläche tragen. Der Volksmund spricht dann von „Schwefelregen“. Oft geschieht es, daß beunruhigte Zisternen-Besitzer in unser Institut kommen und einen solchen „Schwefelregen“ fragend vorlegen, damit wir ihn untersuchen.

Auf der Oberfläche von Pfützen und Tümpeln, zumal wenn sie austrocknen, wird die Pollenwandung nach einiger Zeit zerstört, und ähnlich ergeht es ihr fast überall auf dem trockenen Erdboden. Der Inhalt des Pollens ist sowieso nach wenigen Stunden oder Tagen abgestorben. In Teichen oder Seen sinkt der Blütenstaub bald auf den Grund hinab, nachdem er sich mit Wasser vollgesogen hat. In unseren Klimagebieten verlanden aber stehende Gewässer nach und nach, indem auf dem Grund organisches Material — Tier- und Pflanzenleichen sowie Kot — abgelagert und dieser so langsam erhöht wird. Dadurch wird der Blütenstaub — oder besser gesagt, seine leeren Hüllen — begraben, vom Sauerstoff abgeschlossen und konserviert.

Unter Luftabschluß gerät er aber auch, wenn er auf die Oberfläche eines Moores fällt. Das Hochmoor (Abb. 23) bietet die besten Bedingungen, um die Pollenkörner zu konservieren. Es wird von langsam wachsenden Torfmoosen (*Sphagnum*) allmählich aufgebaut, die unten absterben und sich unter Luftabschluß zu Torf zersetzen. Dieser Torf ist ein ideales Einbettungsmittel für den Blütenstaub. In gewisser Beziehung können Seeablagerungen (sog. Mudden) ihn noch besser bewahren. Von den Sauergräsern und anderen höheren Pflanzen gebildete Flachmoore liefern zwar auch Torf, werden aber im Gegensatz zu den regenwassergespeisten Hochmooren vom sauerstoffhaltigen Grundwasser aus

