

DIPLOMARBEIT / DIPLOMA THESIS

Titel der Diplomarbeit / Title of the Diploma Thesis

„Pollenmorphologische Untersuchungen (LM, REM)
an ausgewählten Gattungen der Fundstelle
Haselbach, Deutschland“

verfasst von / submitted by

Katharina Smejkal

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the
degree of

Magistra der Naturwissenschaften (Mag.rer.nat.)

Wien, 2019 / Vienna, 2019

Studienkennzahl lt. Studienblatt /
degree programme code as it appears on
the student record sheet:

UA 190 445 344

Studienrichtung lt. Studienblatt /
degree programme as it appears on
the student record sheet:

Lehramtsstudium UF Biologie und
Umweltkunde und UF Englisch

Betreut von / Supervisor:

ao. Univ.-Prof Mag. Dr. Reinhard Zetter

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.

Deutsch Wagram, am 18. November 2019

(Katharina Smejkal)

Danksagung

Ein Besonderer Dank gilt ao. Prof. Dr. Reinhard Zetter, da er mir ein spannendes Forschungsthema zur Verfügung stellte, durch welches ich die paläontologische Wissenschaft näher kennen lernen durfte. Außerdem erhielt ich dadurch die Gelegenheit, erstmals selbstständig mit wissenschaftlichen Geräten zu arbeiten. Außerdem möchte ich mich an dieser Stelle dafür bedanken, dass mir Dr. Zetter immer mit Rat und Tat zur Seite stand, wenn ich Hilfe bei der Lösung von Problemen brauchte. Von meiner Seite aus kann ich sagen, dass man sich keinen besseren Betreuer für seine Diplomarbeit wünschen kann.

Außerdem möchte ich mich herzlich bei meiner Familie bedanken, die mich durch die gesamte Ausbildung begleitete, indem sie mir den entsprechenden Rückhalt gab und mich in schwierigen Momenten immer wieder motivierte.

Zu guter Letzt möchte ich mich bei all meinen Studienkolleginnen und Studienkollegen bedanken, die ich im Laufe meines Studiums kennen gelernt habe und die meine Studienzeit bereichert haben.

Zusammenfassung

Ziel der vorliegenden Diplomarbeit ist die pollenmorphologische Untersuchung von fossilen Pollenkörnern der Haselbacher Serie in Deutschland. Das Alter dieser Pollenkörner wird dem Eozän (56 Millionen Jahre bis 33,9 Millionen Jahre vor Christus) zugeordnet. Für die Beschreibung der Pollenkörner wurde die Einzel-Korn Technik nach ZETTER (1989) angewendet. Diese Technik besteht aus einer kombinierten lichtmikroskopischen und rasterelektronenmikroskopischen Untersuchung. Zur Veranschaulichung der Aufnahmen dienen 15 systematisch geordnete Tafeln, deren Bilder über ein digitales Bildbearbeitungsprogramm aufbereitet und vermessen wurden. Es wurden insgesamt 11 verschiedene Familien, wie Cornaceae, Ericaceae, Theaceae und Juglandaceae, beschrieben. Durch diese Beschreibungen kann allerdings nur ein Bruchteil der Formenvielfalt und Florendiversität des Eozäns dargestellt werden. Außerdem können über die Familien Rückschlüsse auf das im Eozän herrschende Klima in Europa gezogen werden.

Abstract

In this thesis a morphological analysis was conducted on fossil pollen from the Haselbach series in Germany, a series dated back to the Eocene (56 million to 33,9 million years before Christ). In order to do the morphological analysis the single-grain technique in accord with ZETTER (1989) was used. This technique combines analysis under the light microscope as well as the scanning electron microscope. The pictures taken during the analysis were edited by an image processing program and then arranged into 15 plates. Moreover, these pictures served as basis for a detailed description and classification of the angiosperm and gymnosperm pollen grains. Especially the pictures of the scanning electron microscope proved useful in the classification, as the light microscopic images are rarely detailed enough to identify the family much less the genus. Altogether there were described 11 families, among which Cornaceae, Ericaceae and Juglandaceae might be the most prominent ones. However, the pollen grains selected only give an account of a very limited segment of the overall diversity of flora present during the Eocene. Through the sample selected inferences can be made about the climate of that time.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	1
2 Die Fundstelle	2
2.1 Die Haselbacher Serie	2
2.2 Das Eozän	2
3 Entstehung von fossilem Pollen	4
3.1 Faktoren der fossilen Erhaltung	4
3.2 Pollenniederschlag	5
4 Aufbereitung des Probenmaterials	6
4.1 Anorganischer Gang	7
4.2 Organischer Gang	8
5 Die Untersuchung der Pollenprobe	9
5.1 Lichtmikroskopische Untersuchung	10
5.2 Rasterelektronische Untersuchung	11
6 Grundlagen der Pollenmorphologie	14
6.1 Pollen versus Sporen	14
6.2 Verbreitungseinheiten der Pollen	16
6.3 Aufbau eines Pollenkornes	16
6.4 Polarität und Symmetrie	17
6.5 Aperturen	17
7 Palynologische Terminologie	18
8 Zusammensetzung der Pollenprobe Haselbach	24
8.1 Bildtafeln	24
8.2 Beschreibung der Pollenkörner	55
8.3 Beschreibung der untersuchten Pflanzenfamilien	64
8.3.1 Pinaceae	65
8.3.2 Caprifoliaceae	67

8.3.3 Cornaceae	70
8.3.4 Ericaceae	74
8.3.5 Icacinaceae	77
8.3.6 Juglandaceae	79
8.3.7 Oleaceae	82
8.3.8 Platanaceae	85
8.3.9 Sapotaceae	87
8.3.10 Symplocaceae	89
8.3.11 Theaceae	92
9 Conclusio	94
10 Abbildungsverzeichnis	95
11 Literaturverzeichnis	97

1 Einleitung

Die vorliegende Diplomarbeit gehört in den Bereich der Palynologie, einem wissenschaftlichen Teilbereich der Botanik, der sich mit lebenden und fossilen Sporen- und Pollengenerationen der Pflanzen in Grundlagenforschung und Anwendungsbereichen beschäftigt.

Das Ziel dieser Arbeit ist die pollenmorphologische Beschreibung ausgewählter Pollenfamilien einer Probe aus dem Haselbach, einer in Deutschland gelegenen Fundstelle. Die Probe stammt aus dem Eozän vor rund 56 Millionen Jahren.

Zu Beginn der Arbeit wird die Fundstelle, aus der die Pollenprobe entnommen worden ist, näher beschrieben, bevor ich auf die Entstehung fossilem Pollen eingehe. Im Anschluss daran wird die Aufbereitung des pollenhaltigen Sedimentes beschrieben, bevor die angewandte Arbeitsmethode näher erläutert wird. Dazu gehört die Anwendung der Einzel-Korn Technik nach ZETTER (1989), die sowohl eine lichtmikroskopische als auch eine rasterelektronische Analyse beinhaltet.

Da für die Bestimmung sowie Beschreibung der Pollenkörner sowohl die Gestalt des Pollenkornes als auch die Anzahl und Lage der Keimstellen relevant sind, wird im Kapitel 6 zunächst auf die Grundlagen der Pollenmorphologie eingegangen, bevor im Kapitel 7 die wichtigsten Fachtermini betreffend dem Aufbau von Pollenkörnern erläutert werden.

Im Kapitel 8 folgt zunächst eine Präsentation der Bildtafeln der für die Pollenanalyse ausgewählten Pollenkörner. Diese Bildtafeln wurden aus den zu Beginn angefertigten lichtmikroskopischen und rasterelektronenmikroskopischen Aufnahmen erstellt. Danach folgt eine detaillierte Beschreibung des Aufbaus der Pollenkörner, bevor eine Beschreibung der ausgewählten Pollenkörner im Bezug auf Pflanzenfamilie, Systematik, allgemeine Merkmale und Verbreitung erfolgt. Bei Pollen, die einer Gattung zugeordnet werden konnten, wurde auch die betreffende Pflanzengattung näher beschrieben.

Im letzten Kapitel der Arbeit werden die Ergebnisse der pollenmorphologischen Untersuchungen der ausgewählten Pollentypen dargestellt.

2 Die Fundstelle

Die Pollenprobe, die in dieser Diplomarbeit bearbeitet wird, wurde der Haselbacher Schicht entnommen, deren Basis aus dem Eozän stammt.

2.1 Die Haselbacher Serie

Die Haselbacher Serie liegt im Weißelster Becken im deutschen Bundesland Sachsen, in der Nähe von Leipzig. Die Serie erstreckt sich von „Altenburg - Meuselwitz im Süden, bis Mumsdorf im Südwesten, Haselbach - Borna und sogar Rochlitz im Südosten und Osten und Großzossen - Peres - Profen im Norden und Nordwesten“ (MAI & WALTHER, 1978). Die stratigraphische Reichweite der Haselbacher Serie wird generell auf das Untere Oligozän bis zum Mittleren Oligozän beschränkt, allerdings ist die Basisschicht bereits aus dem Eozän (MAI & WALTHER, 1978).

Bei der Haselbacher Serie handelt es sich um die Ablagerungen eines großen Flusses, der sich in ein Seebecken ergoss. Dabei setzten sich große Sandmassen in der Strömungsmitte ab, während sich in den langsamer fließenden Bereichen die feinkörnigen, tonigen Sedimente absetzten. Die Flusslandschaft unterlag kontinuierlichen Veränderungen wie wechselnde Wasserstände, Schuttbankbildungen und Aufbau oder Verschwinden von Sandbänken (MAI & WALTHER, 1978).

Die lokale Flora der Haselbacher Serie ist zeitlich begrenzt und bildet eine deutlich unterscheidbare Vegetation auf Grund der Klimaveränderung. Sie wird daher als Haselbacher Florenkomplex definiert. Die Haselbacher Flora hat eine „sehr enge Beziehung zu obereozänen Floren“ (MAI & WALTHER, 1978), aber auch zu jungtertiären Floren. Es handelt sich dabei um eine Vegetation, in der arktotertiäre und laurophylle Elemente mengenmäßig und die paläosubtropischen Elemente artenzahlmäßig überwiegen (MAI & WALTHER, 1978).

2.2 Das Eozän

Erdgeschichtlich wird das Eozän dem **Känozoikum** (siehe Abb. 1) zugeordnet. Das Känozoikum umfasst den Zeitraum von 66 Millionen Jahren bis heute und schließt an das Mesozoikum, dem Zeitalter der Dinosaurier, an. Das Känozoikum, gekennzeichnet

durch die voranschreitende Ausbreitung der Blütenpflanzen, wird unterteilt in Paläogen, Neogen und Quartär (BOENIGK & WODNIOK, 2014). An der Grenze zwischen Kreide und Paläogen kommt es zu einem drastischen Faunenschnitt. Dabei sterben nicht nur die terrestrischen Dinosaurier, sondern auch die Ammoniten und die aquatischen Dinosaurier aus (WALTER, 2016).

Das **Paläogen** ist charakterisiert von der Bildung einiger Hochgebirge. Zum Einen entstand der Himalaya durch Kollision der Indischen Platte mit der Asiatischen Platte. Zum Anderen wurde durch plattentektonische Bewegungen die Adriatische Mikroplatte auf die Europäische Mikroplatte, unter Auffaltung der Alpen, geschoben. Die Bildung dieser Hochgebirge führte zu verstärkter Erosion, wobei das erodierende Material für einen erhöhten Eintrag an anorganischem Material in die Ozeane sorgte. Die dadurch in Gang gebrachte Kalkausfällung führte zu einem Entzug von Kohlendioxyd aus der Atmosphäre. Langfristig ist dieser Entzug für die Abkühlung des Klimas sowie die Vereisungen des Quartärs mitverantwortlich. Im Paläogen selbst war das Klima jedoch noch warm und feucht (BOENIGK & WODNIOK, 2014). In Mitteleuropa war das Klima sogar tropisch (Lexikon der Biologie, 1999).

Weiters umfasst das Paläogen drei Serien, das Paläozän, das **Eozän** und das Oligozän. Das Eozän, unter anderem bekannt durch die Fossilfunde, die eine sprunghafte Weiterentwicklung der Landsäuger belegen (WALTER, 2016), begann vor 56 Millionen Jahren und dauerte bis 33,9 Millionen Jahre vor Christus. Im Verlauf des Eozäns, trennten sich die drei von Gondwana überbleibenden Südkontinente, Australien, Antarktis und Südamerika, voneinander. Während es an der Paläozän-Eozän-Grenze zu einem Temperaturanstieg von bis zu 6°C gekommen ist, kühlte es im Oligozän stark ab. Denn erst im Oligozän waren die einstigen Kontinente Gondwanas so weit voneinander getrennt, dass sich eine zirkumpolare Meeresströmung bilden konnte. Diese Meeresströmung wird gemeinsam mit dem Abfall in der Kohlenstoffdioxyd-Konzentration für die folgende Abkühlung und Vergletscherung verantwortlich gemacht (BOENIGK & WODNIOK, 2014).

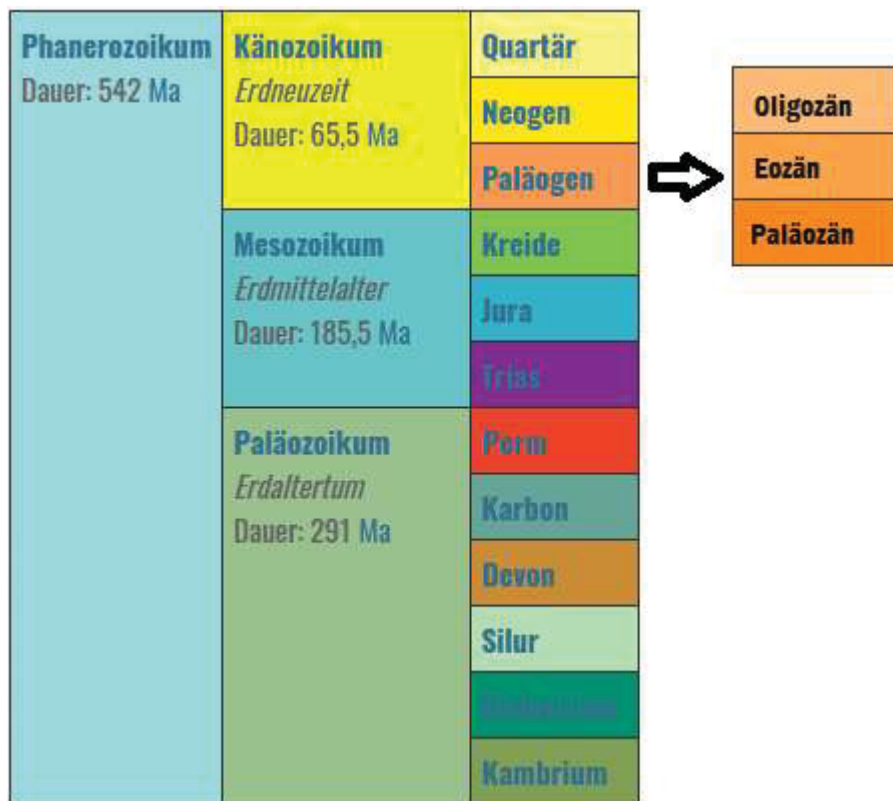


Abbildung 1 Geologische Zeitskala (Biologie Seite, 2019)

3 Entstehung von fossilem Pollen

3.1 Faktoren der fossilen Erhaltung

Damit der Pollen nach der Ablagerung erhalten bleibt und nicht abgebaut wird, müssen einige wichtige Faktoren zusammentreffen.

Normalerweise wird Pollenmaterial, so wie Blätter und anderes pflanzliches Material, zunächst von Wind oder Wasser vertragen und in einer gewissen Entfernung zum Ursprungsort abgelagert. Nach der Ablagerung wird das organische Material in der Regel von Pilzen, Kleinstlebewesen und Mikroorganismen in organische Stoffe und Huminsäuren umgewandelt. Nach der Zersetzung steht das organische Material somit wieder dem Stoffkreislauf der Pflanzen zur Verfügung (JACOMET & KREUZ, 1999). Dabei ist zwischen Fäulnis, Verwesung und Vermoderung zu unterscheiden. Während Verwesung und Vermoderung unter Zutritt von Sauerstoff stattfinden, wird unter Sauerstoffabschluss die Fäulnis eingeleitet (KLAUS, 1986).

Sind Faktoren wie „Temperatur, Feuchtigkeit, Sauerstoff- und Nährstoffgehalt und der pH-Wert des Mediums“ (JACOMET & KREUZ, 1999) verändert, können Pollenkörner sowie andere organische Materialien fossil erhalten bleiben, da der natürliche Abbau verhindert wird. Der wichtigste Faktor für eine fossile Erhaltung ist Sauerstoff, da von diesem die Mikrobentätigkeit und die Zersetzung des organischen Materials abhängt. Um die Sauerstoffzufuhr zu unterbinden, muss das organische Material so rasch wie möglich in Sediment eingebettet werden. Hierbei gilt, dass ein feinkörnigeres Sediment für einen besseren Luftabschluss sorgt. Allerdings ist diese Kombination an Faktoren sehr selten (KLAUS, 1986).

Die Fossilisation wird bei Pollenkörnern durch einen weiteren Faktor begünstigt, denn sie besitzen eine sehr widerstandsfähige Pollenkornwand, die Exine. Diese besteht aus Sporopollenin, einem Stoff, der chemischer Verwitterung sehr gut standhält. Dabei ist jedoch zu beachten, dass die Widerstandsfähigkeit vom Verhältnis zwischen Sporopollenin und Zellulose abhängt. Generell gilt dabei, dass Pollenkörner besser erhalten bleiben, je mehr Sporopollenin sie besitzen (KLAUS, 1986).

Bei Fossilfunden lässt sich zwischen fossilen und subfossilen Erhaltungsformen unterscheiden. Der Unterschied liegt im Alter des Fundes. Ist das gefundene Objekt älter als 10.000 Jahre alt, und stammt somit aus der Zeit vor der Pleistozän-Holozän-Grenze, wird es als Fossil bezeichnet. Ist das Objekt jüngeren Datums, gilt es als subfossil (Biologie Seite, 2019).

3.2 Pollenniederschlag

Die Zusammensetzung des Pollenniederschlages, der fossilisiert, ist allerdings nicht nur von den äußeren Faktoren und dem Substrat, auf welchem die Pollenkörner fallen abhängig, sondern auch von der Entfernung zur Mutterpflanze, sowie der Pflanzengruppe selbst. Denn tierbestäubte Angiospermen produzieren meistens deutlich weniger Pollen als windbestäubte. Der Grund dafür liegt an der gezielten Verfrachtung des Pollens durch die Bestäuber beim Besuch weiterer Blüten der selben Pflanzenart. Daher wird auch deutlich weniger Pollen von tierbestäubten Pflanzen ausgestreut (STRAKA, 1975). Windbestäubte Pflanzen produzieren im Vergleich dazu eine sehr große Anzahl an Pollenkörnern, die durch den Wind vertragen werden und dabei oftmals große Distanzen zurücklegen. Allerdings erreichen nur sehr wenig Pollenkörner

das eigentliche Ziel, die Narbe einer Blüte der selben Art (STRAKA, 1975). Daraus ergibt sich, dass verhältnismäßig deutlich mehr Pollen windbestäubter Pflanzen in Pollenproben gefunden werden, denn dieser wird zwar in größerer Anzahl produziert, erreicht allerdings sein Ziel weniger häufig.

Der Pollenniederschlag lässt sich nach den verschiedenen Entfernungen aus denen er stammt einteilen in (KLAUS, 1986):

1. Der Ortsniederschlag „stellt die Hauptmasse des Pollenniederschlages am Einbettungsort dar“ und stammt von der Vegetation direkt am Standort.
2. Der Umgebungsniederschlag stammt von der umgebenden Vegetation aus einer Entfernung bis 500m.
3. Die Nahflugpollen kommen aus einem Umkreis von 10km.
4. Der Weitflugpollen hat einen Radius von 10km bis 100km.
5. Der Fernflug, den weniger als 1% der Pollenkörner antreten, stammt aus Distanzen von weit über 100km.

Daraus lässt sich erkennen, dass die Anzahl der Pollenkörner mit der Entfernung vom Ausgangspunkt abnimmt (siehe Abb. 2).

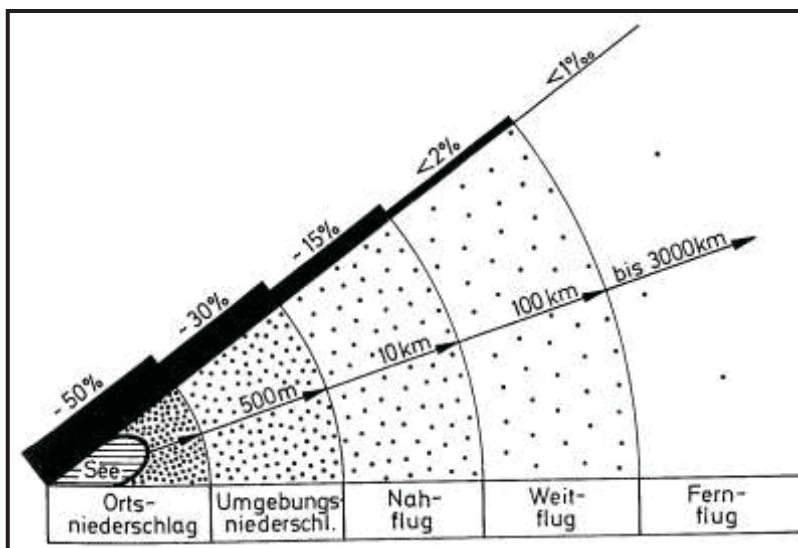


Abbildung 2 Pollenniederschlag (KLAUS, 1986)

4 Aufbereitung des Probenmaterials

Um eine Analyse einer Pollenprobe vornehmen zu können, muss zunächst einmal das Bodenmaterial aufbereitet werden, da der Pollen in einer mineralischen Schicht

eingebettet sind. Hierzu wird die Methode nach Erdtmann angewendet, die aus einem Organischen und einem Anorganischen Gang besteht (nach HALBRITTER et. al., 2018).

4. 1 Anorganischer Gang

Erster Schritt: Man zerkleinert das Gestein mit einem Porzellan-Mörser und Pistill, wodurch ein feines Pulver entsteht.

Zweiter Schritt: Man testet die Probe auf Kalk, dazu träufelt man einige Tropfen Salzsäure auf das entstandene Pulver.

Wenn es bei Kontakt zur Schaumbildung kommt, ist Kalk vorhanden und man muss mit Hilfe von Salzsäure den Kalk lösen. → weiter bei **Schritt 3**

Wenn es bei Kontakt nicht zur Schaumbildung kommt, ist kein Kalk vorhanden und man kann gleich zu **Schritt 4** weitergehen.

Dritter Schritt: Man löst die Karbonate, unter anderem auch Kalk, mit Hilfe von Salzsäure aus der Probe. Dazu gießt man, um ein Übersäumen zu verhindern, immer wieder kleine Mengen an Salzsäure zur Probe, solange bis es zu keiner Reaktion mehr kommt. Anschließend wird die Lösung so lange auf einer Wärmequelle gekocht, bis diese auch unter Hitze nicht mehr schäumt. Nachdem die Lösung abgekühlt und das organische Material zu Boden gesunken ist, wird der Überstand abpipettiert und verworfen.

Vierter Schritt: Man löst die Silikate mit Hilfe von Flusssäure aus der Gesteinsprobe, dazu gibt es zwei Möglichkeiten:

- a) Der warme Weg dauert 15 Minuten. Dazu wird das Pulver in ein Metallgefäß, wie zum Beispiel eine Kupferschüssel, überführt. Unter Schutzkleidung werden ca. 250ml Flusssäure beigemengt. Anschließend wird die Lösung auf einer Wärmequelle, die unter einem Dunstabzug angebracht ist, ca. 10min lang gekocht.
- b) Der kalte Weg dauert bis zu 5 Tage. Das Pulver wird in ein stabiles Gefäß überführt und mit Flusssäure versetzt. In regelmäßigen Abständen wird die Lösung durch Rühren umgewälzt.

Fünfter Schritt: Die heiße Flusssäure-Lösung (nach 4.a.) wird in ein großes mit Wasser gefülltes Gefäß mit einem Fassungsvermögen von mindestens 4l geleert. Die nun hauptsächlich organische Probe wird dadurch abgekühlt und sinkt langsam zu Boden. Dieser Vorgang dauert rund 1 Stunde. Der Überstand wird abdekantiert und verworfen.

Sechster Schritt: Um die Bildung von Flussspat zu vermeiden, wird die Probe in konzentrierter Salzsäure gekocht. Anschließend lässt man die Lösung ruhen, sodass sich das organische Material absetzen kann. Der Überstand wird abdekantiert.

4. 2 Organischer Gang

Erster Schritt: Man bringt ein Wasserbad unter einem Dunstabzug zum Kochen um die chemische Reaktion, der in den folgenden Schritten zubereiteten Lösung, zu erhöhen.

Zweiter Schritt: Die Probe wird von einem Becherglas in ein Zentrifugenglas überführt, sodass sich in der Epruvette 1 bis 2 cm der Probe befinden.

Dritter Schritt: Für die Chlorierung wird zunächst eine konzentrierte kaltgesättigte Lösung von Natriumchlorat erstellt. Dazu wird kristallines Natriumchlorat mit kaltem Wasser aufgegossen. Die Lösung gilt als gesättigt, wenn sich keine weiteren Kristalle mehr auflösen. Einige Milliliter der so erzeugten Lösung werden in die Epruvette mit der Probe gegossen. Anschließend wird die Epruvette mit Eisessig aufgefüllt. Zum Schluss werden 4-5 Tropfen konzentrierte Salzsäure hineingeträufelt. Mit einem Glasstab werden die Substanzen vermischt, bevor die Epruvette in das Wasserbad gestellt wird. Die Lösung wird für 5 Minuten gekocht und dabei immer wieder umgerührt. Durch die Chlorierung wird die Probe von fremdem organischen Material gereinigt. Während die Pollen-Exine stabil genug ist, lösen sich Pilze, Holz sowie Cuticulareste auf. Dadurch wird das organische Material um die Hälfte verringert.

Vierter Schritt:

Anschließend wird die Lösung zentrifugiert und der Überstand abdekantiert.

Fünfter Schritt:

Um eine Ausbleichung der Probe zu verhindern, wird diese mit destilliertem Wasser ausgewaschen. Dazu wird mit Hilfe einer Spritzflasche Wasser in die Epruvette

gefüllt, die Probe durchmischt, zentrifugiert und im Anschluss der Überstand abdekantiert. Dieser Vorgang wird 3 Mal wiederholt.

Sechster Schritt:

Als Vorbereitung auf den nächsten Schritt wird die Probe ein Mal mit konzentrierter Essigsäure ausgewaschen.

Siebenter Schritt:

Für die Acetylierung stellt man ein Gemisch aus 9 Teilen Essigsäureanhydrid und 1 Teil Schwefelsäure her. Durch die Vermischung kommt es zu einer exothermen Reaktion. Dies bedeutet, dass die Eprovette heiß wird und somit eine Holzklammer zum Halten der Eprovette verwendet werden sollte. Nach dem Abklingen der exothermen Reaktion wird die Eprovette für ca. 5 Minuten in das Wasserbad gestellt. Durch die Acetylierung wird das restliche organische Material entfernt und die Pollenkörner färben sich braun, bleichen jedoch nach einiger Zeit wieder aus.

Achter Schritt:

Nach dem Wasserbad wird die Probe für 1 bis 2 Minuten zentrifugiert und im Anschluss daran abdekantiert. Es folgen einmaliges Auswaschen mit Eisessig sowie dreimaliges Auswaschen mit destilliertem Wasser. Zwischen diesen Waschgängen erfolgen Zentrifugierung sowie Abdekantierung. Nach dem letzten Waschgang wird die Eprovette verkehrt herum hinstellt, damit das Wasser abrinnen kann und die Probe trocknet.

Neunter Schritt:

Man versetzt die Probe mit Glycerin, durchmischt den abgesetzten Pollen mit dem Glycerin und überführt alles in ein kleines Röhrchen zur Aufbewahrung. Dadurch wird der gewonnenen Pollen stabilisiert und sind nun bereit für die Pollenuntersuchung.

5 Die Untersuchung der Pollenprobe

Nachdem die Probe aus der Fundstelle Haselbach chemisch gereinigt worden war, konnte sie weiter untersucht werden. Dafür wurden drei Ausstrichpräparate des Pollenmaterials auf Objektträgern angefertigt. Nachdem diese beschriftet worden waren, um eine Verwechslung mit den ausgewählten Pollenkörnern auszuschließen, konnten

die Präparate unter einem Lichtmikroskop mit Kreutztisch durchsucht werden. Ziel der Durchsuchung war es, diverse Pollentypen sowie spezielle Pflanzenfamilien zu finden. Dabei war außerdem darauf zu achten, dass die gesammelten Pollenkörner in einem guten Erhaltungszustand waren. Der bei der Durchsicht der Pollenabstriche an Hand dieser Kriterien ausgewählte Pollen wurden mit Hilfe eines „Nasenhaarmanipulators“, einer Präpariernadel mit einem daran befestigten nasalen Haar, entnommen und in einen Glycerintropfen auf einem anderen Objektträger transferiert (siehe Abb. 3). Die auf diese Weise gesammelten Pollen wurden im Anschluss gemäß der Einzel Korn Technik nach ZETTER (1989) untersucht. Diese Untersuchung beinhaltet sowohl eine lichtmikroskopische (LM) als auch eine rasterelektronenmikroskopische (REM) Untersuchung. Im Folgenden werden nun die einzelnen Schritte näher beschrieben werden.



**Abbildung 3 Glycerinfläschchen (links),
Probenfläschchen (rechts),
Pollenabstriche, Nasenhaarmanipulator**

5 . 1 Lichtmikroskopische Untersuchung

Die lichtmikroskopische Untersuchung wurde mit einer LM Nikon Eclipse (siehe Abb. 4) durchgeführt. Mit diesem Gerät wurden die Pollenkörner einzeln mit der Vergrößerung des 60er-Objektives fotografiert. Die lichtmikroskopischen Aufnahmen wurden jedoch ohne Deckglas durchgeführt, da der Pollen weiterhin zugänglich bleiben musste, um ihn bei Bedarf auch umdrehen zu können. Dabei war es wichtig, darauf zu achten, dass die Pollenkörner vollständig mit Glycerin bedeckt waren, jedoch nicht zu tief im Glycerin lagen, da nur so eine gute Qualität der Fotos gewährleistet werden konnte. Um das Pollenkorn an eine für die Aufnahmen geeignete Stelle zu manövrieren,

wurde auch hier der Nasenhaarmanipulator verwendet. Erst nachdem die lichtmikroskopischen Aufnahmen der Pollenkörner abgeschlossen waren, konnte mit den Vorbereitungen für die REM-Untersuchung begonnen werden. Allerdings musste zuerst sichergestellt werden, dass genügend lichtmikroskopische Aufnahmen der Pollenkörner vorhanden waren, da der nächste Arbeitsschritt ein irreversibler war.



Abbildung 4 LM Nikon Eclipse

5. 2 Rasterelektronenmikroskopische Untersuchung

Damit die Pollenkörner rasterelektronenmikroskopisch untersucht werden konnten, mussten sie zunächst mit Gold ummantelt werden. Hierzu wurde der Pollen zunächst auf spezielle REM-Aluminium-Tischchen übertragen, die davor mit Ethanol gereinigt worden waren, um mögliche Verunreinigungen zu entfernen. Zusätzlich wurden sie mit Hilfe einer Nadel beschriftet sowie nummeriert, um sicherstellen zu können, dass es zu keinen Verwechslungen kommt. Kleine Gruppen an Pollenkörnern wurden unter einem Auflichtmikroskop immer gemeinsam in einen Tropfen Alkohol auf dem Tischchen überführt (siehe Abb. 5). Nun diente der Alkohol dazu, die anhaftenden Glycerinreste von den Pollenkörnern zu entfernen. Die so bestückten Tischchen wurden für den Transport in einem speziell dafür vorgesehenen Aufbewahrungsbehälter gegeben. Außerdem bot diese Box Schutz vor Staub und Fremdpollen.

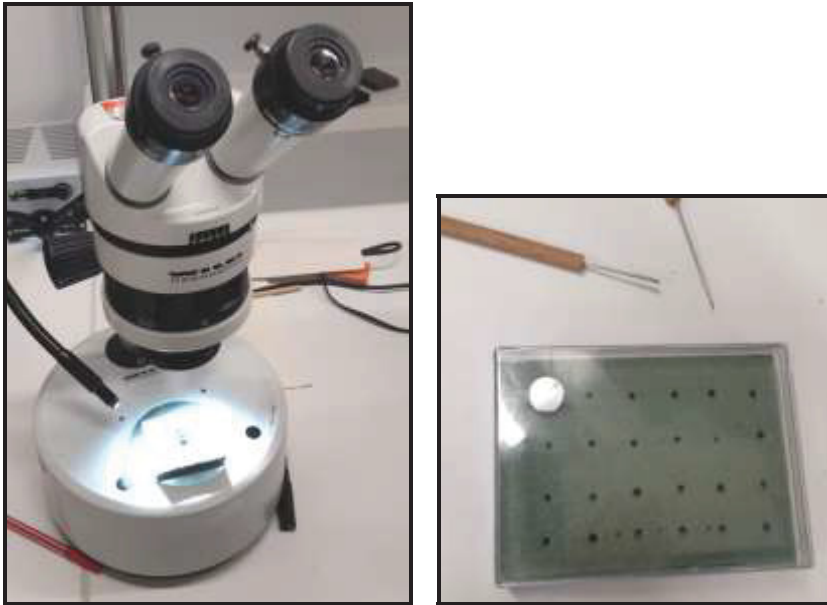


Abbildung 5 Auflichtmikroskop (links) und Aufbewahrungsbehälter mit Tischchen (rechts)

Im nächsten Arbeitsschritt wurden die Tischchen in den Sputter Coater SC500 überführt (Abb. 6), in welchem der Pollen mit Gold besputtert wurde. Bei diesem Vorgang wurde eine sehr feine Goldschicht auf die Oberfläche der Pollenkörner unter Vakuum aufgetragen. Dieser Vorgang wurde acht Mal wiederholt, damit die Goldschicht nicht nur gleichmäßig, sondern auch dick genug wurde, damit störungsfreie rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen entstehen konnten. Denn ein Rasterelektronenmikroskop beschießt die Proben in Vakuum rasterförmig mit Elektronen. Dabei werden sekundäre Elektronen der Probe frei, die von einem Detektor aufgefangen und in ein Bild übersetzt werden.

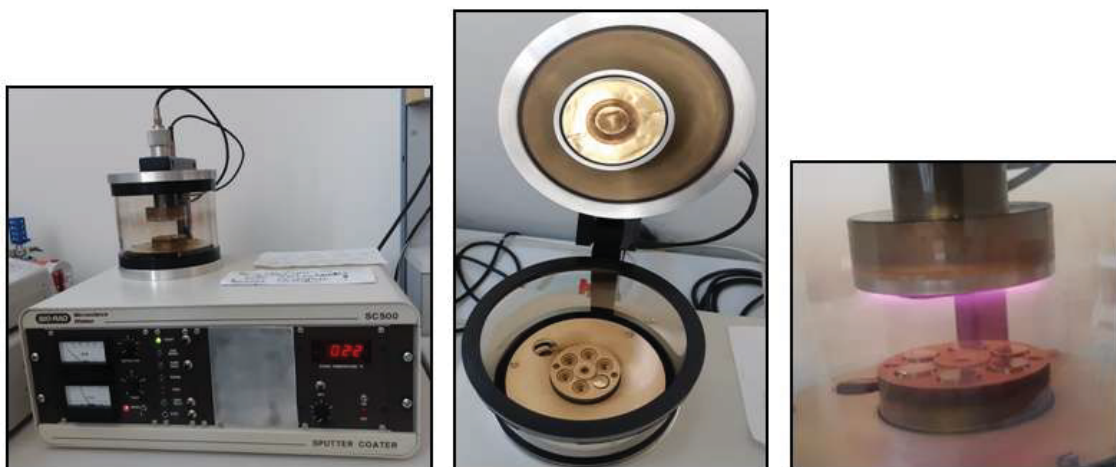


Abbildung 6 Sputter Coat SC500 (links), Aufsicht auf den Behälter (mitte), Elektronenbeschuss (rechts)

Anschließend wurden die nun vergoldeten Aluminium-Tischchen wieder in die Transportbox überführt und einzeln dem REM, einem JEOL JSM 6400 Scanning Electron Microscope (siehe Abb. 7), zugeführt. Dazu wurde die Probe auf einem Schleusenstab befestigt und damit vor der Probenkammer in Position gebracht. Nachdem der Zuführgang unter Vakuum gesetzt worden war, konnte die Schleuse zur Probenkammer geöffnet und die Probe in der dafür vorgesehenen Probetischhalterung platziert werden. Der Schleusenstab wurde danach entfernt und die Schleuse wieder geschlossen, um ein Hochvakuum erzeugen zu können. Über einen mit dem REM verbundenen Computer und mit Hilfe des Programmes SemAfore konnten die benötigten Bilder erstellt und gespeichert werden.



Abbildung 7 JSM 6400 Scanning Electrone Microscope

Die bei der Lichtmikroskopie sowie der Rasterelektronenmikroskopie erhaltenen digitalen Bilder wurden zunächst nach Pollenfamilien sortiert und im Anschluss daran mit einem Bildbearbeitungsprogramm bearbeitet. Mit Hilfe des Programmes GIMP 2 wurde bei den Bildern des LM ein weißer und bei den Bildern des REM ein schwarzer Hintergrund hinzugefügt. Außerdem wurden Kontrast und Helligkeit der Bilder so verändert, dass die Oberflächenstruktur der Pollenkörner so deutlich als möglich zu sehen war. Nach diesem letzten Schritt konnten die Bilder für die Pollentafeln (siehe 8.1) der vorliegenden Diplomarbeit verwendet werden.

6 Grundlagen der Pollenmorphologie

Pollenkörner können auf Grund der Größe, der Form, der Anzahl der Keimstellen und der Skulpturierung der Exine bestimmt und beschrieben werden. Im folgenden Kapitel werden die dafür notwendigen Grundlagen der Pollenmorphologie näher erläutert.

6.1 Pollen versus Sporen

Da für die Pollenanalyse nur Pollen, nicht aber Sporen, nötig waren, musste zunächst geklärt werden, worin der Unterschied liegt. Obwohl es große Unterschiede in ihrer Funktion gibt, entstehen Sporen und Pollen durch Zellteilung und besitzen nur einen einfachen Chromosomensatz. Außerdem benötigen sowohl Pollen als auch Sporen die Ausbreitung um sich fortpflanzen und vermehren zu können. Durch diese Analogien werden beide in der Disziplin der Palynologie behandelt (MOORE, WEBB & COLLINSON, 1991).

Während Pollenkörner von Spermatophytina, den Samenpflanzen, gebildet werden, werden Sporen von Kryptogamen, den Verborgenenblüher, produziert (MOORE, WEBB & COLLINSON, 1991).

Die Samenpflanzen bestehen aus zwei großen Gruppen, den Angiospermen (Bedecktsamern) und den Gymnospermen (Nacktsamern). Viele dieser Pflanzenarten bilden zweihäusige Blüten aus, wobei sowohl männliche als auch weibliche Fortpflanzungsorgane ausgebildet werden (siehe Abb. 8). Die männlichen Fortpflanzungsorgane sind die Staubblätter, bestehend aus Staubfaden und Staubbeutel. Jeder Staubbeutel enthält vier Pollensäcke, in denen die Pollenkörner gebildet werden (STUPPY, KESSELER & HARLEY, 2010). Der Pollen muss durch einen Vektor, wie zum Beispiel Wind oder Tiere, zu einer weiblichen Blüte der selben Art transportiert werden, da er die Fähigkeit am Boden zu keimen verloren hat. Wenn der Pollen auf der Narbe einer passenden Blüte landet, bildet der Pollen einen schlauchförmigen Fortsatz aus, der die Oberfläche der Narbe durchdringt, und durch den Griffel bis zum Fruchtknoten vordringt. Dort muss der Pollen zur Befruchtung in den Embryosack eindringen. Nach der Befruchtung entstehen Samen, die wiederum nach ihrer Reifung von einem Vektor an eine zum Auskeimen geeignete Stelle transportiert werden müssen (STUPPY, KESSELER & HARLEY, 2010).

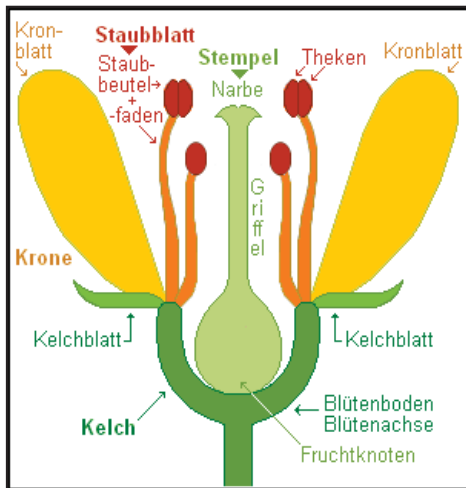


Abbildung 8 Zwitterige Blüte eines Bedecktsamers (MARTIN, 2000)

Zu den Kryptogamen, die auch als niedere Pflanzen bezeichnet werden, gehören unter anderem Farnpflanzen, Bryophyten, Algen und Pilze (MOORE, WEBB & COLLINSON, 1991). Sie vermehren sich ohne vorher Blüten zu bilden. Kryptogamen besitzen sowohl eine haploide als auch eine diploide Generation und betreiben einen Generationswechsel (siehe Abb. 9). Die haploiden Sporen keimen auf feuchter Erde und der haploide Gametophyt, das Prothallium, entsteht (STUPPY, KESSELER & HARLEY, 2010). Auf diesem entstehen sowohl männliche Organe, Antheridien, als auch weibliche Organe, Archegonien, mit haploiden Keimzellen. Mit Wasser als Vektor kann eine Befruchtung stattfinden. Keimt der nun diploide Sporophyt aus, entsteht eine diploide Sporen bildende Pflanze.

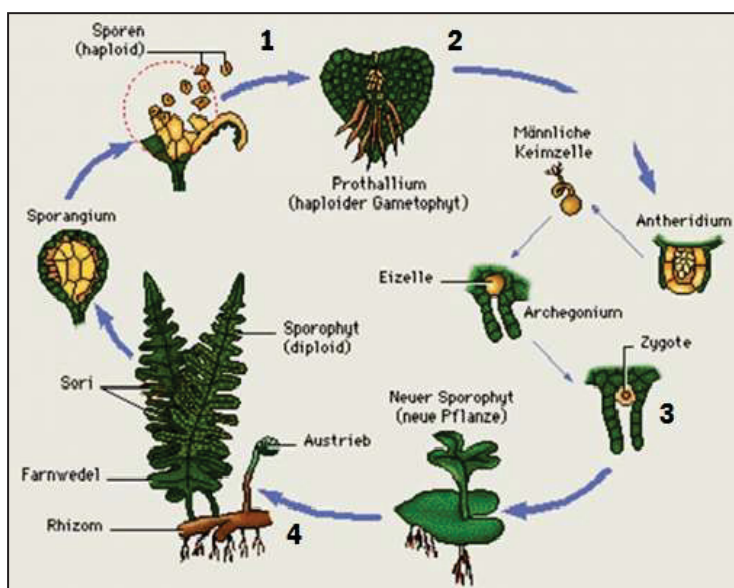


Abbildung 9 Zyklus der Kryptogamen: 1 Sporen, 2 Gametophyt, 3 Befruchtung, 4 Sporen tragende Pflanze (ZANNA, 2015)

6.2 Verbreitungseinheiten der Pollen

Die Verbreitungseinheiten des Pollens können sehr unterschiedlich gestaltet sein, denn nicht jede Pflanzenart verstreut ihren Pollen als individuelle Körner. Einzelne Pollenkörner entstehen dadurch, dass sich die Produkte nach der Meiose, der Reduktionsteilung, vollständig trennen. Falls diese Trennung nicht vollständig erfolgt, entstehen Dyaden, Tetraden oder Polyaden. Eine Dyade ist eine Einheiten aus zwei Pollenkörnern, eine Tetrade besteht aus vier Pollenkörnern und eine Polyade aus mehr als vier Pollenkörnern (HALBRITTER et. al., 2018).

6.3 Aufbau eines Pollenkornes

Jedes Pollenkorn wird in drei Komponenten eingeteilt, den lebenden Zellinhalt, die Intine und die Exine (KLAUS, 1986). Die letzten beiden können verdickt sein und diverse Strukturen aufweisen (HALBRITTER et. al., 2018). Im Zentrum des Pollenkornes ist der Zellinhalt, bestehend aus Zellkern, Reservestoffen, Cytoplasma, und Einschlüssen. Die innerste Hülle um den Zellinhalt stellt die Intine dar, welche aus abwechselnden Schichten aus Pektin und Zellulose besteht. Der lebende Zellinhalt, sowie die Intine sind bei der Fossilisation nicht erhaltungsfähig. Die Exine, die äußerste Schicht des Pollenkorns, ist bedingt durch die Substanz Sporopollenin sehr widerstandsfähig, vielfach geschichtet und besteht aus einem kompliziert gebauten Kammersystem. Man unterscheidet hier zwischen Skulptur, „an der Oberfläche angesetzte Ornamente“ (KLAUS, 1986), und der Struktur, dem inneren Wandaufbau. Direkt auf der Intine liegt die unterste Schicht der Exine, die Nexine, darüber die Sexine, die die meisten Strukturelemente bildet. Die basale Schicht der Sexine ist das Pedium. Darüber liegt ein von Säulchen oder Muri getragenes Kammersystem. Oftmals verdicken sich die Säulchen, sogenannte Columellae, am oberen Ende so stark, dass sie ein Tectum, eine Membran, bilden. Dieses bildet den Abschluss nach außen. Außerdem können sich die Columellae auch seitlich zu einem, netzförmigen Muster, dem Reticulum, zusammenschließen. An der Oberfläche der Exine oder dem Tectum befindet sich die Skulptur der Pollenkörner, bestehend aus Verzierungen wie Warzen, Dornen oder Keulenköpfchen (KLAUS, 1986).

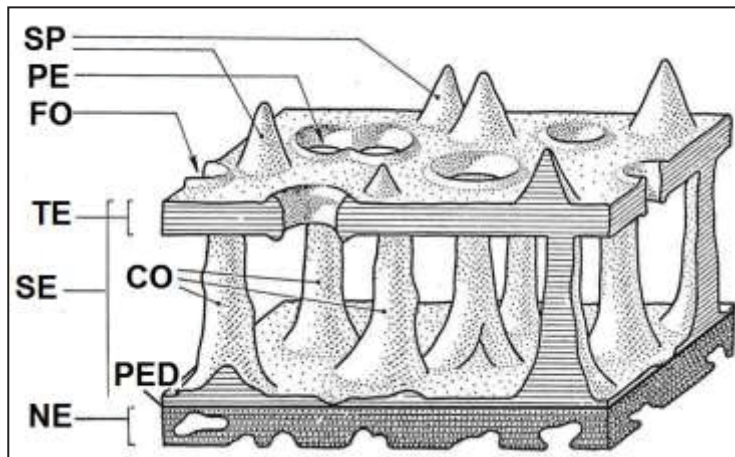


Abbildung 10 Schema des Wandaufbaus eines Pollenkorns bestehend aus:
 SP = Spinae; PE = Perforation; FO = Fovea; TE = Tectum; SE = Sexine;
 NE = Nexine; CO = Columella; PED = Pedium = Fußschicht (KLAUS, 1986)

6.4 Polarität und Symmetrie

Bei Pollenkörnern gibt es zwei Symmetrieebenen, die relevant für die Bestimmung sind, die Polachse und die Äquatorialebene. Die Polachse gibt die Länge zwischen den beiden Polen des Pollenkorns an, während die Äquatorialebene das Pollenkorn in eine proximale und eine distale Hälfte teilt. Daraus ergibt sich auch ein weiterer wichtiger Bestandteil der Pollenbestimmung, die Pollenform. Bei isodiametrischem beziehungsweise sphärodialem Pollen sind die Polachse und Äquatorialebene gleich lang. Im Gegensatz dazu besitzt prolater Pollen eine Polachse, die länger ist, als ihre Äquatorialebene, und oblater Pollen eine Polachse, die kürzer als die Äquatorialebene ist (HALBRITTER et. al., 2018).

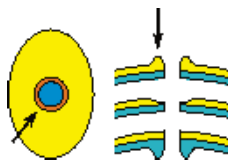
6.5 Aperturen

Aperturen sind Stellen in der Pollenwand der Angiospermen, die sich sowohl morphologisch als auch anatomisch von dieser unterscheiden. Diese dienen vermutlich der Keimung, wobei der Pollenschlauch eine der Aperturen von innen durchstößt. Auch bei Gymnospermen gibt es eine Keimstelle, diese wird allerdings Leptoma genannt. Es gibt Pollenkörner, die keine Aperturen besitzen und daher als inaperturat bezeichnet werden. Bei den Pollenkörnern, die Aperturen besitzen, unterscheidet man zwischen Porus, Colpus und Colporus. Während bei einem Porus die Apertur mehr oder weniger rund ist, ist sie bei einem Colpus länglich. Ein Colporus ist eine zusammengesetzte Apertur aus einem Porus im Inneren und einem Colpus außen (HALBRITTER et. al., 2018).

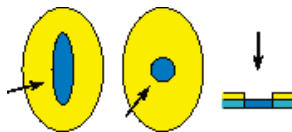
7 Palynologische Terminologie

Da es in der Palynologie keine einheitliche Terminologie gibt, verwenden Autoren teilweise unterschiedliche Begrifflichkeiten für die selben morphologischen Eigenschaften. Daher wird im Folgenden eine Übersicht über die in dieser Arbeit verwendeten Begriffe gegeben, bevor im Kapitel 8 eine Beschreibung der für diese Arbeit ausgewählten Pollenkörner erfolgt. Die dafür verwendeten Fachtermini werden nach HALBRITTER et. al. (2018) wie folgt definiert, während die Abbildungen nach PUNT et.al. (1994) entnommen sind.

Anulus (pl. Anuli; Anus = Ring): Eine Pore umgebender, verdickter Teil der Exine



Apertur (apertus = offen): Öffnung oder dünnere Region der Exine, meistens in einem regelmässigen Muster angeordnet. Dient als Austrittsstelle für den Pollenschlauch



Äquator: imaginäre Linie, die das Pollenkorn zwischen dem proximalen und distalen Pol umfasst

Äquatoransicht: Die Ansicht eines Pollens oder einer Spore, bei welcher die Äquatorebene gegen den Beobachter gerichtet ist

Baculum (pl. baculae): Stäbchen-ähnliche, frei stehende Elemente, die nie spitz zulaufen

Baculat (adj.): Pollenwand mit Baculae, die länger oder breiter sind als 1µm

Bisaccat / Saccat (adj.): Pollen, der einen oder zwei Luftsäcke enthält. Diese Luftsäcke dienen der besseren Verbreitung durch den Wind. (Bsp. *Pinus*, *Picea*, *Abies*)

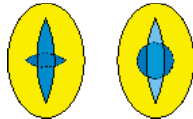


Brevi: kurz

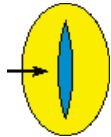
Bridge: die Exine verbindet die Ränder der Apertur

Colpat (adj.): Pollenkorn mit einem oder mehreren Colpi

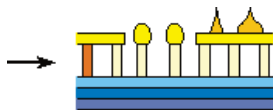
Colporus (pl. Colpori): Beide Öffnungstypen (Colpi und Pori) finden sich in einer Apertur, wobei der Colpus in der äußeren Wand zu finden ist



Colpus (pl. Colpi): eine verlängerte Apertur in der Exine des Pollenkorns, welche eine längliche Form und zugespitzte Enden hat und mindestens doppelt so lang wie breit ist



Columelle (= Säulchen; sing. Columella): Stäbchenförmige Strukturelemente zwischen der Endexine und dem Tectum



Dicolpat (adj.): Beschreibt Pollenkörner, welche zwei Colpi hat

diporat (adj.): zwei Pori aufweisen

Dyade: Allgemeine Bezeichnung für zwei Mikrosporen, welche als eine Verbreitungseinheit vereint sind



Echinae: Freistehende stäbchenförmige Elemente der Exine, welche zugespitzt und länger als 1µm sind

Echinat (adj.; stachelig): Mit Echinae



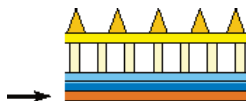
Exine (pl. Exines): Die äussere Schicht der Pollenzellwand. Sie ist vor allem aus Sporopollenin aufgebaut und deshalb äußerst resistent gegen starke Säuren und Laugen



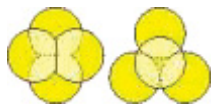
Fossulat (adj.): Pollenwand mit Fossulae

Fossula (pl. Fossulae): unregelmäßig geformte Furchen

Intine: Die innerste der Hauptschichten einer Pollenzellwand. Sie liegt unterhalb der Exine und grenzt das Cytoplasma ab. Die Intine ist hauptsächlich aus Cellulose und Pektin aufgebaut und deshalb nicht Acetolyse-resistent



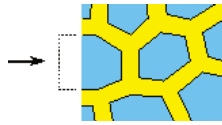
Isodiametrische Tetrade: Eine allgemeine Bezeichnung für Tetraden, in welcher die polare und äquatoriale Achse ungefähr die selbe Größe aufweisen



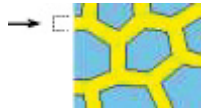
Luftsack: Die relativ großen Pollenkörner vieler Koniferen (beispielsweise *Pinus*, *Picea*, *Abies*) vermindern ihre Sinkgeschwindigkeit in der Luft durch "Luftsäcke". Diese kommen dadurch zustande, dass sich die beiden äußeren Schichten der Exine an zwei Stellen blasenförmig abheben

Leptoma: Am distalen Ende des Pollenkorns einer Konifere befindet sich eine dünnere Stelle in der Pollenwand. Diese hilft wahrscheinlich bei der Keimung

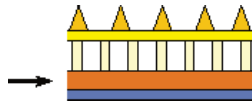
Lumen (= Fenster; pl. Lumina): Lücke oder Raum zwischen den Wänden (Muri) einer reticulaten Oberfläche eines Pollens



Murus (= Wand; pl. Muri): Bezeichnet die Wand, welche bei einer reticulaten, striaten oder rugulaten Oberfläche eines Pollens zwei Lumina voneinander trennt



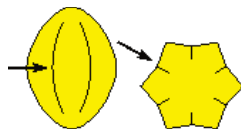
Nexine: Der innere, nicht ausgestaltete Teil der Exine, welcher unterhalb der Sexine gelegen ist



Oblat (adj.): Polachse kürzer als der Durchmesser des Äquators

Perforat (adj.): Pollenwand mit Löchern, die weniger als 1µm Durchmesser haben

Plica (plicare = falten; pl. Plicae): Rippenartig verdickte Falten auf der Pollenexine

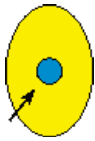


Polansicht: Die Ansicht eines Pollens oder einer Spore, bei welcher die Polebene gegen den Beobachter gerichtet ist



Porat (adj.): Pollenkorn mit einem oder mehreren Pori

Porus (gr. poros = Öffnung; pl. Pori): Öffnung in der Exine eines Pollens, welche meist eine rundliche Form hat

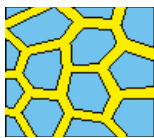


Prolat (adj.): Polachse länger als der Durchmesser des Äquators

Psilat (adj.): Pollenwand mit glatter, unstrukturierter Oberfläche

Reticulat (adj.): Pollenwand mit Reticulum

Reticulum (= feines Netz; pl. Reticula): Ein netzartiges Muster der Exine, bestehend aus Lumina (breiter als 1 Mikrometer) und sie begrenzende Muri



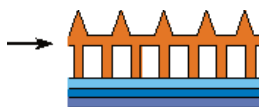
Rugulat (adj.): Pollenwand mit Rugulae

Rugulae: unregelmäßig angeordnete längliche Ornamente

Saccus: siehe Luftsack

scabrat (adj.): sehr kleine Skulpturelemente von undefinierter Form

Sexine: Die äußere, ausgestaltete Schicht (Skulptur, Struktur) der Exine, welche auf der Nexine liegt

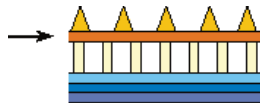


stephano: Präfix; äquatorial angeordnet

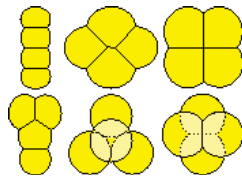
Striat (adj.): Pollen mit Striae

Striae: längliche Ornamente, die durch Furchen voneinander getrennt sind

Tectum (= Dach; pl. Tecta): Diejenige Schicht der Sexine, welche ein Dach über den Columellae bildet. Das Tectum ist somit die äußerste Schicht der Zellwand eines Pollens. Es kann mehr oder weniger vollständig ausgebildet sein



Tetrade: Allgemeine Bezeichnung für eine Gruppe von vier verbundenen Pollenkörnern oder Sporen, entweder während der Entwicklung oder als Verbreitungseinheit (falls keine Trennung nach der Meiose stattgefunden hat)



Tricolpat, tricolporat, triporat (adj.): Beschreibt Pollenkörner, welche drei Colpi, drei zusammengesetzte Aperturen oder drei Pori aufweisen

Verrucat (adj.): Pollenwand mit Verrucae

Verruca (pl. Verrucae): Warzen-ähnliche Elemente, die breiter als hoch sind

8 Zusammensetzung der Pollenprobe Haselbach

Folgende Familien wurden mit Hilfe der Einzelkorntechnik nach ZETTER (1989) in der Pollenprobe von Haselbach aus dem Eozän gefunden:

Gymnosperme:

Pinaceae (Cathaya)

Angiosperme - Eudikotyledonen:

Capriopholiaceae (Viburnum)

Cornaceae (Alangium, Mastixia)

Ericaceae (Rhododendron)

Fagaceae (Eotrigonobalanus)

Icacinaceae (Iodes)

Juglandaceae (Englehardia)

Oleaceae

Platanaceae

Sapotaceae

Symplocaceae

Theaceae

Vitaceae

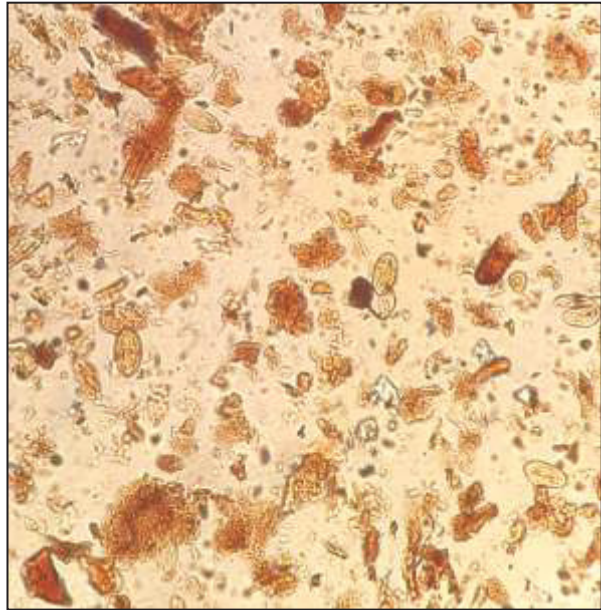


Abbildung 11 Pollenprobe aus der Haselbacher Serie im LM

8. 1 Bildtafeln

Zunächst werden die Bildtafeln der ausgewählten Familien präsentiert. Die Präsentation erfolgt in alphabetischer Reihenfolge, beginnend bei den Gymnospermen, gefolgt von den Angiospermen.

Tafel 1

Fig. 1: **Cathaya sp.** - LM Übersicht

Fig. 2: **Cathaya sp.** - REM Übersicht, Maßstab 10µm

Fig. 3: **Cathaya sp.** - REM Detail, Maßstab 1µm

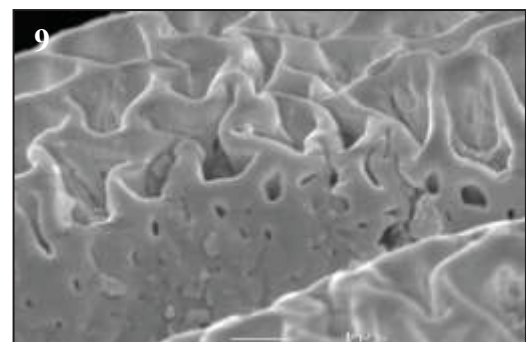
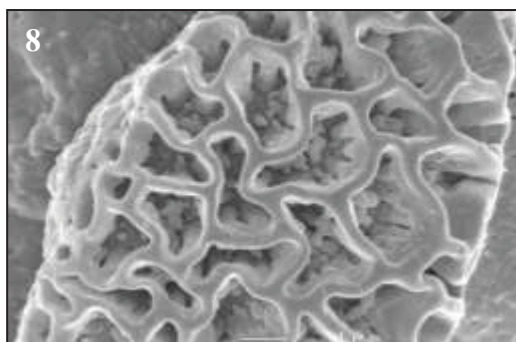
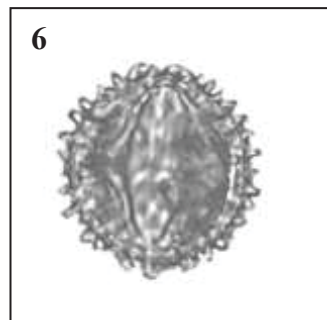
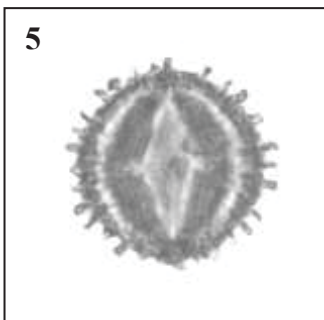
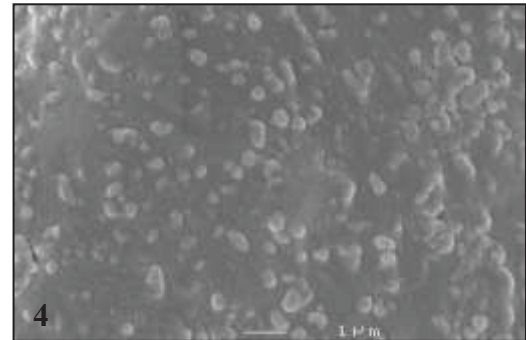
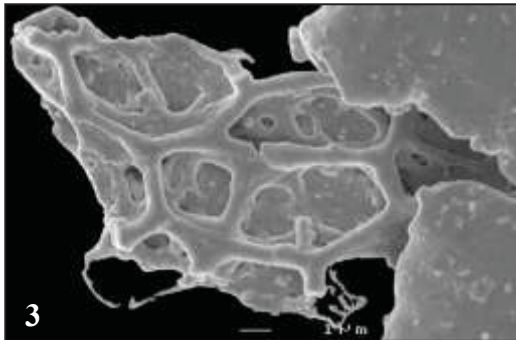
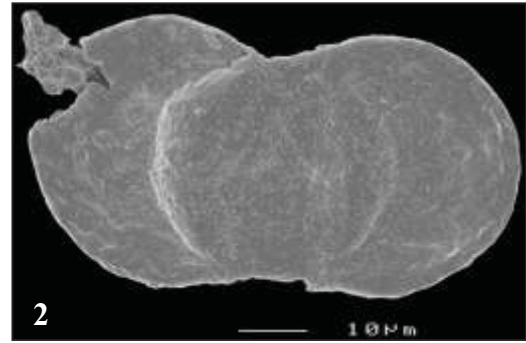
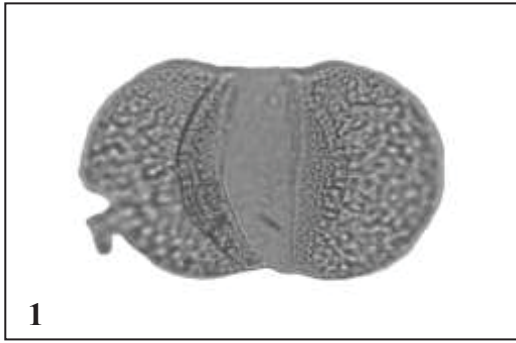
Fig. 4: **Cathaya sp.** - REM Detail, Maßstab 1µm

Fig. 5: **Viburnum sp.** - LM Übersicht

Fig. 6: **Viburnum sp.** - REM Übersicht, Maßstab 10µm

Fig. 7: **Viburnum sp.** - REM Detail, Maßstab 1µm

Fig. 8: **Viburnum sp.** - REM Detail, Maßstab 1µm



Tafel 2

Fig. 1: **Alangium sp.** - LM Übersicht

Fig. 2: **Alangium sp.** - REM Übersicht, Maßstab 10µm

Fig. 3: **Alangium sp.** - REM Detail, Maßstab 1µm

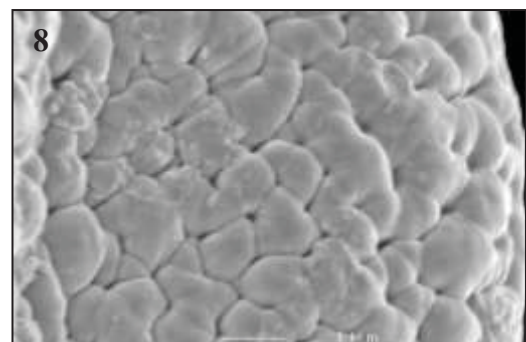
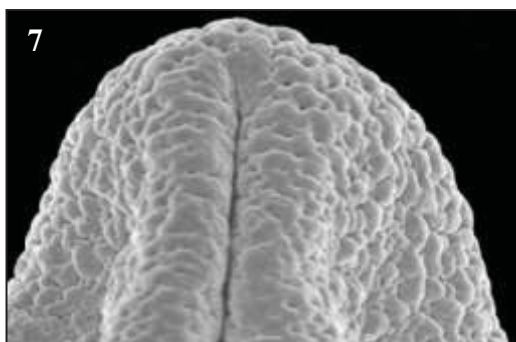
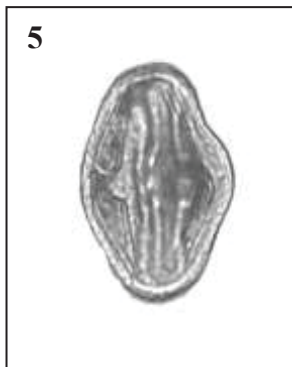
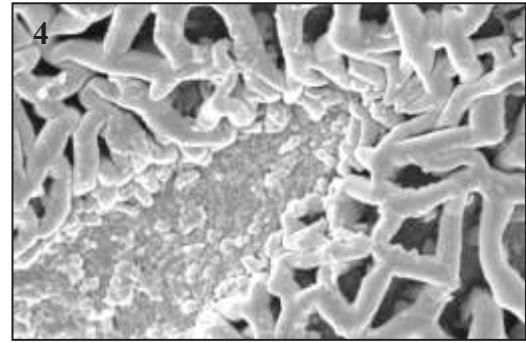
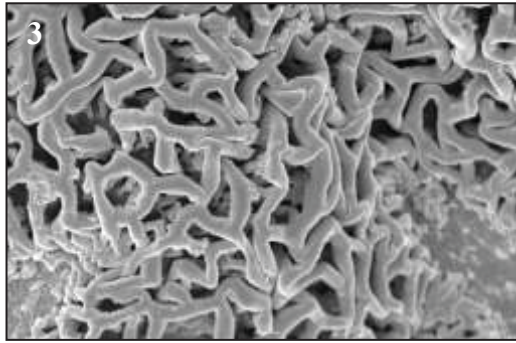
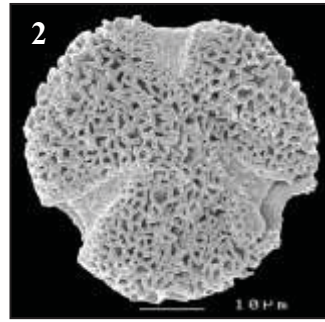
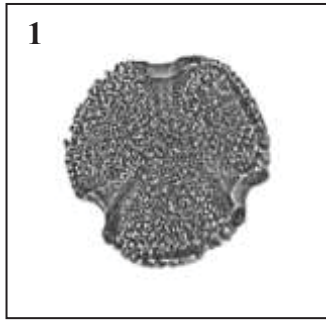
Fig. 4: **Alangium sp.** - REM Detail, Maßstab 1µm

Fig. 5: **Mastixia sp. 1** - LM Übersicht

Fig. 6: **Mastixia sp. 1** - REM Übersicht, Maßstab 10µm

Fig. 7: **Mastixia sp. 1** - REM Detail, Maßstab 1µm

Fig. 8: **Mastixia sp. 1** - REM Detail, Maßstab 1µm



Tafel 3

Fig. 1: **Mastixia sp. 2** - LM Übersicht

Fig. 2: **Mastixia sp. 2** - LM Übersicht

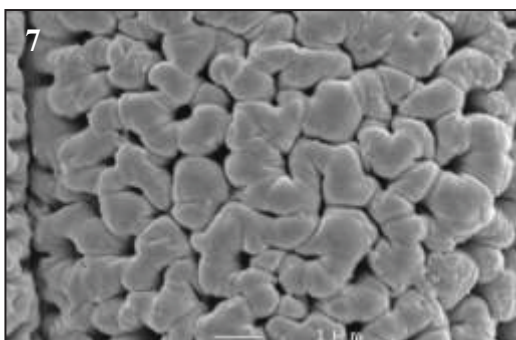
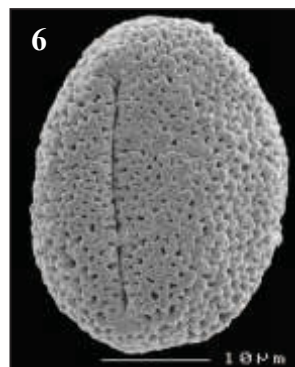
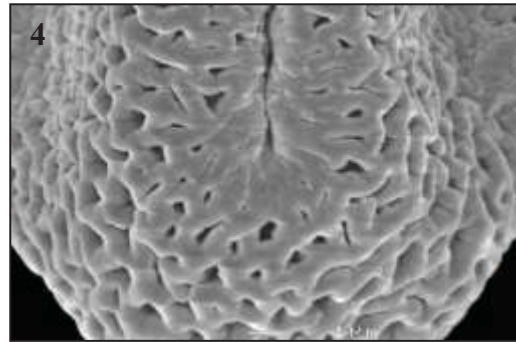
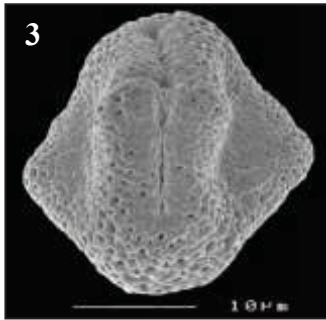
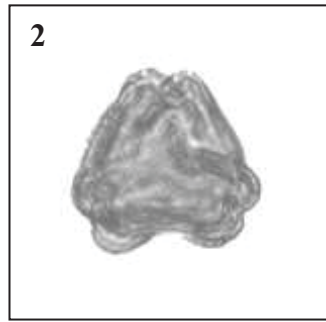
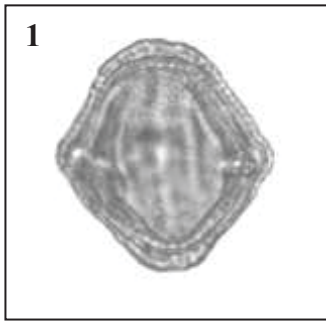
Fig. 3: **Mastixia sp. 2** - REM Übersicht, Maßstab 10µm

Fig. 4: **Mastixia sp. 2** - REM Detail, Maßstab 1µm

Fig. 5: **Mastixia sp. 3** - LM Übersicht

Fig. 6: **Mastixia sp. 3** - REM Übersicht, Maßstab 10µm

Fig. 7: **Mastixia sp. 3** - REM Detail, Maßstab 1µm



Tafel 4

Fig. 1: **Ericaceae gen. et sp. indet.** - LM Übersicht

Fig. 2: **Ericaceae gen. et sp. indet.** - LM Übersicht

Fig. 3: **Ericaceae gen. et sp. indet.** - REM Übersicht, Maßstab 10µm

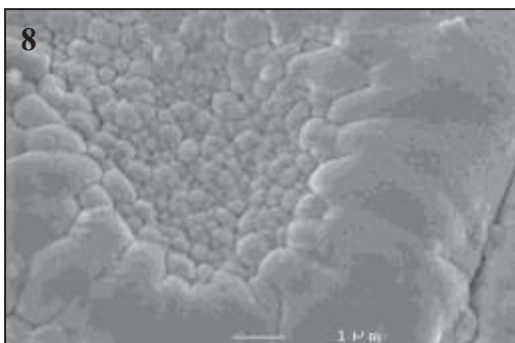
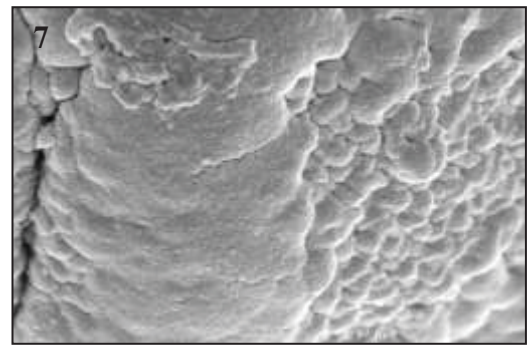
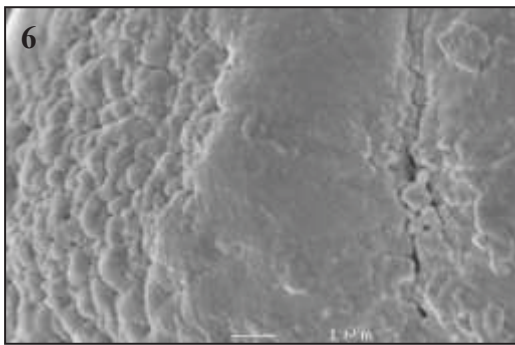
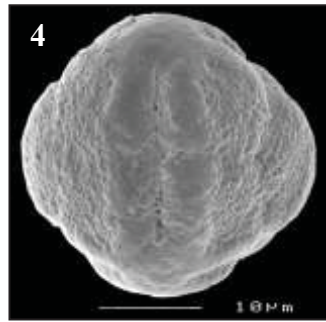
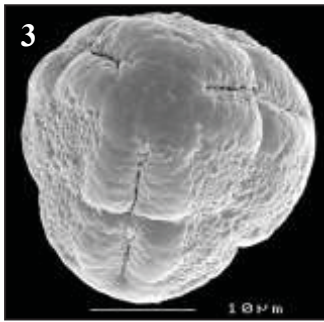
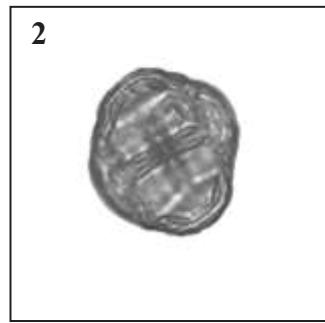
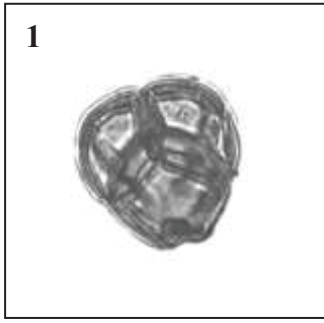
Fig. 4: **Ericaceae gen. et sp. indet.** - REM Übersicht, Maßstab 10µm

Fig. 5: **Ericaceae gen. et sp. indet.** - REM Übersicht, Maßstab 10µm

Fig. 6: **Ericaceae gen. et sp. indet.** - REM Detail, Maßstab 1µm

Fig. 7: **Ericaceae gen. et sp. indet.** - REM Detail, Maßstab 1µm

Fig. 8: **Ericaceae gen. et sp. indet.** - REM Detail, Maßstab 1µm



Tafel 5

Fig. 1: **Rhododendron sp.** - LM Übersicht

Fig. 2: **Rhododendron sp.** - REM Übersicht, Maßstab 10µm

Fig. 3: **Rhododendron sp.** - REM Detail, Maßstab 1µm

Fig. 4: **Rhododendron sp.** - REM Detail, Maßstab 1µm

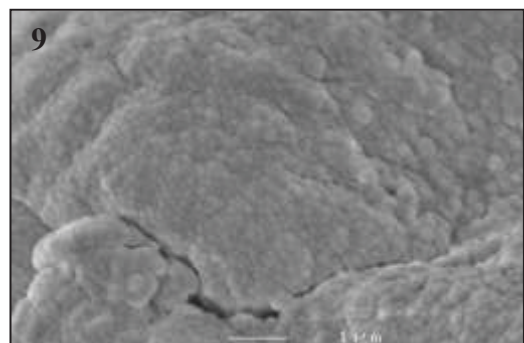
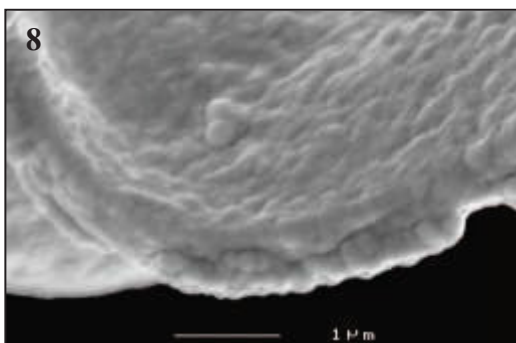
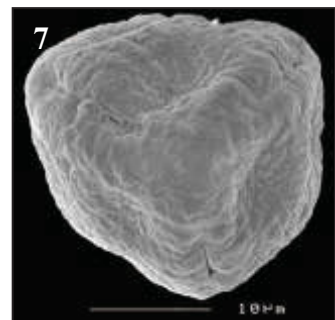
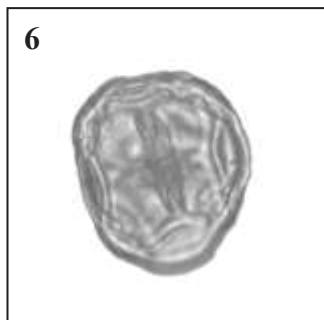
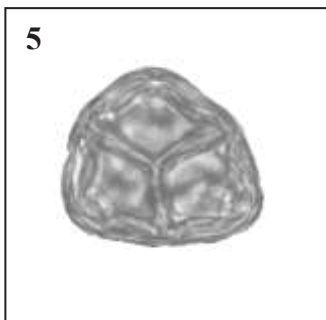
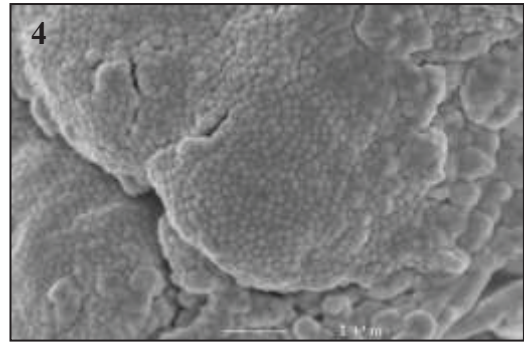
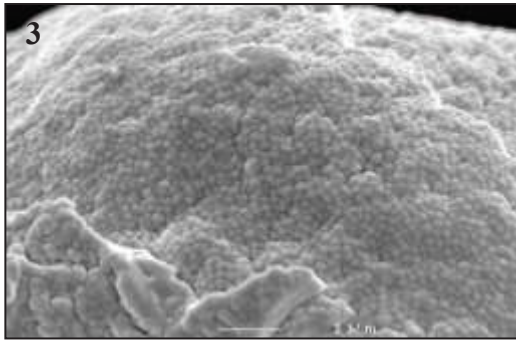
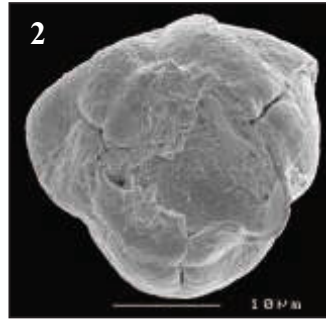
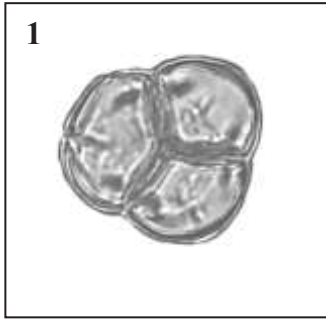
Fig. 5: **Rhododendron sp.** - LM Übersicht

Fig. 6: **Rhododendron sp.** - LM Übersicht

Fig. 6: **Rhododendron sp.** - REM Übersicht, Maßstab 10µm

Fig. 7: **Rhododendron sp.** - REM Detail, Maßstab 1µm

Fig. 8: **Rhododendron sp.** - REM Detail, Maßstab 1µm



Tafel 6

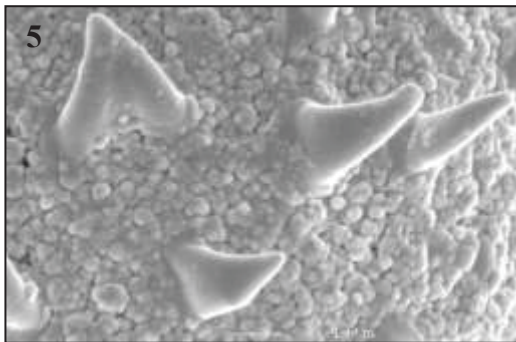
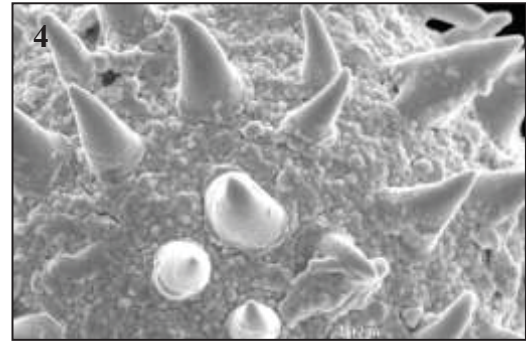
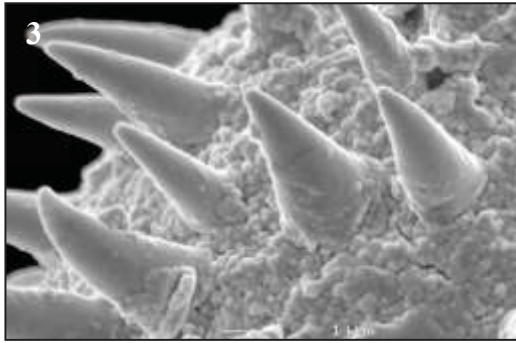
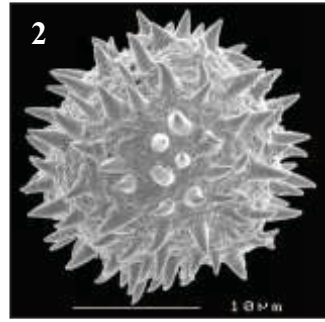
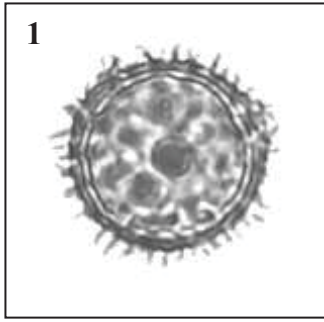
Fig. 1: **Iodes sp.** - LM Übersicht

Fig. 2: **Iodes sp.** - REM Übersicht, Maßstab 10µm

Fig. 3: **Iodes sp.** - REM Detail, Maßstab 1µm

Fig. 4: **Iodes sp.** - REM Detail, Maßstab 1µm

Fig. 5: **Iodes sp.** - REM Detail, Maßstab 1µm



Tafel 7

Fig. 1: **Juglandaceae gen. et sp. indet. 1** - LM Übersicht

Plicatopolis plicatus (R. Por.) Krutsch

Fig. 2: **Juglandaceae gen. et sp. indet. 1** - REM Übersicht, Maßstab 10µm

Plicatopolis plicatus (R. Por.) Krutsch

Fig. 3: **Juglandaceae gen. et sp. indet. 1** - REM Detail, Maßstab 1µm

Plicatopolis plicatus (R. Por.) Krutsch

Fig. 4: **Juglandaceae gen. et sp. indet. 1** - REM Detail, Maßstab 1µm

Plicatopolis plicatus (R. Por.) Krutsch

Fig. 5: **Juglandaceae gen. et sp. indet. 2** - LM Übersicht

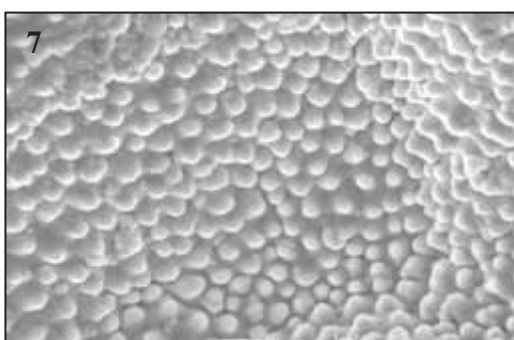
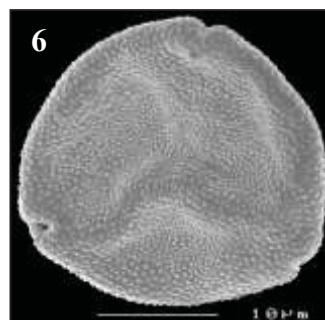
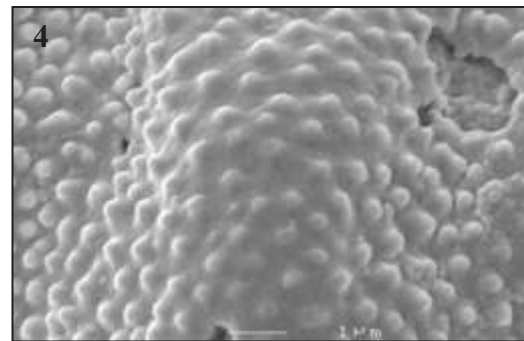
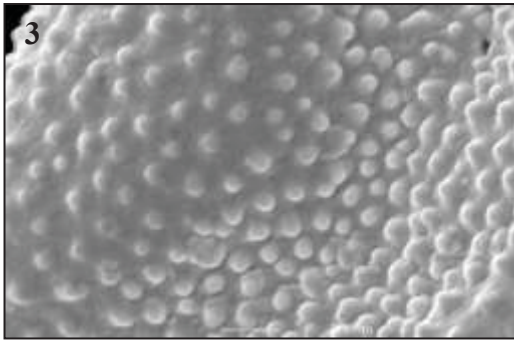
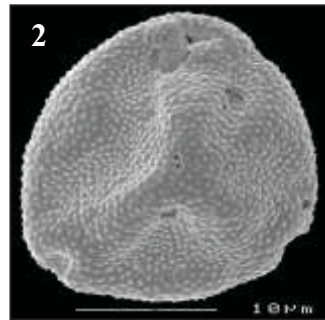
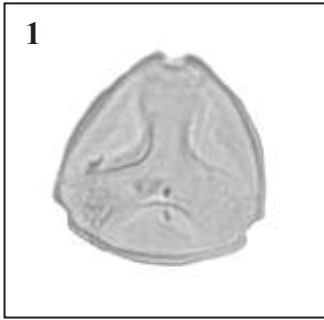
Caryapollenites triangulus (Pflug 1953a) Krutzsch 1961

Fig. 6: **Juglandaceae gen. et sp. indet. 2** - REM Übersicht, Maßstab 10µm

Caryapollenites triangulus (Pflug 1953a) Krutzsch 1961

Fig. 7: **Juglandaceae gen. et sp. indet. 2** - REM Detail, Maßstab 1µm

Caryapollenites triangulus (Pflug 1953a) Krutzsch 1961



Tafel 8

Fig. 1: **Juglandaceae gen. et sp. indet. 3** - LM Übersicht

Momipites punctatus (R. Potonié 1931a) Nagy 1969

Fig. 2: **Juglandaceae gen. et sp. indet. 3** - REM Übersicht, Maßstab 10µm

Momipites punctatus (R. Potonié 1931a) Nagy 1969

Fig. 3: **Juglandaceae gen. et sp. indet. 3** - REM Detail, Maßstab 1µm

Momipites punctatus (R. Potonié 1931a) Nagy 1969

Fig. 4: **Engelhardia sp.** - REM Übersicht, Maßstab 1µm

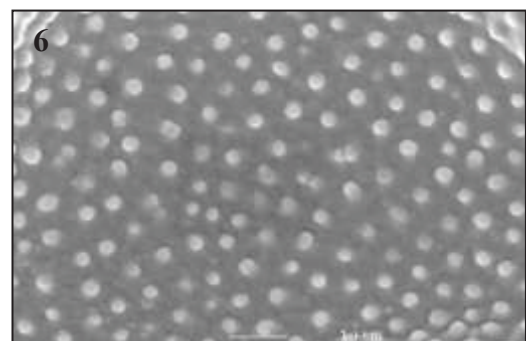
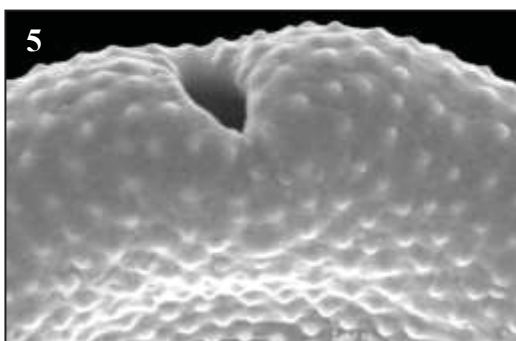
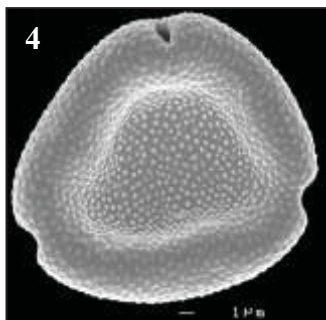
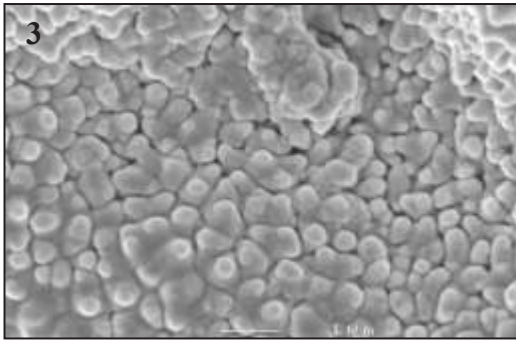
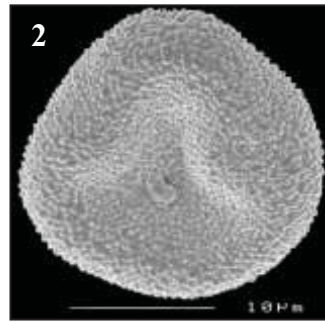
Momipites quietus (R. Potonié) Nichols 1973

Fig. 5: **Engelhardia sp.** - REM Detail, Maßstab 1µm

Momipites quietus (R. Potonié) Nichols 1973

Fig. 6: **Engelhardia sp.** - REM Detail, Maßstab 1µm

Momipites quietus (R. Potonié) Nichols 1973



Tafel 9

Fig. 1: **Engelhardia sp.** - LM Übersicht

Momipites quietus (R. Potonié) Nichols 1973

Fig. 2: **Engelhardia sp.** - REM Übersicht, Maßstab 10µm

Momipites quietus (R. Potonié) Nichols 1973

Fig. 3: **Engelhardia sp.** - REM Detail, Maßstab 1µm

Momipites quietus (R. Potonié) Nichols 1973

Fig. 4: **Engelhardia sp.** - LM Übersicht

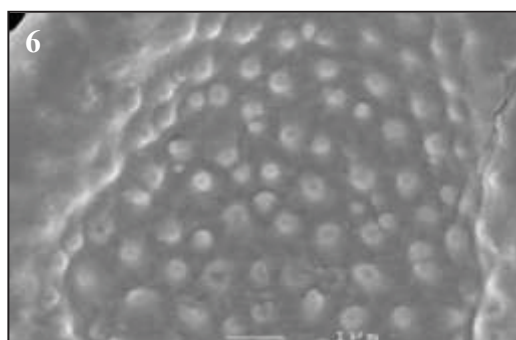
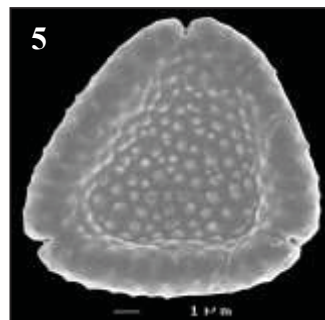
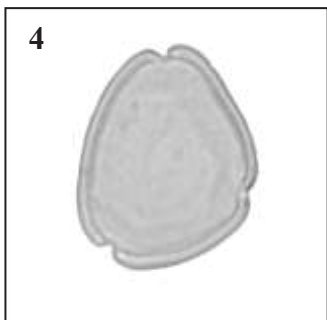
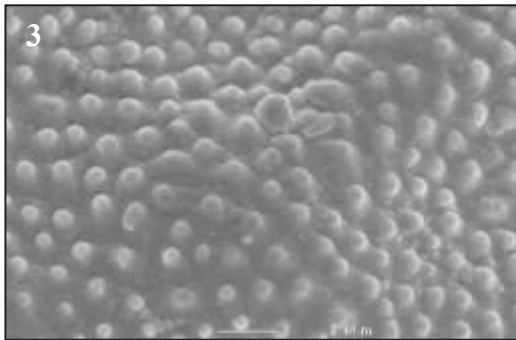
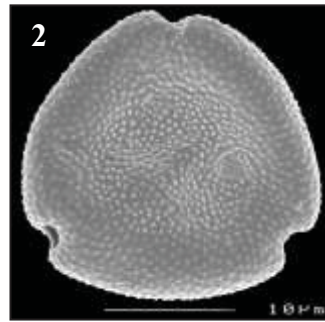
Momipites quietus (R. Potonié) Nichols 1973

Fig. 5: **Engelhardia sp.** - REM Übersicht, Maßstab 1µm

Momipites quietus (R. Potonié) Nichols 1973

Fig. 6: **Engelhardia sp.** - REM Detail, Maßstab 1µm

Momipites quietus (R. Potonié) Nichols 1973



Tafel 10

Fig. 1: **Engelhardia sp.** - REM Übersicht, Maßstab 1µm

Momipites quietus (R. Potonié) Nichols 1973

Fig. 2: **Engelhardia sp.** - REM Detail, Maßstab 1µm

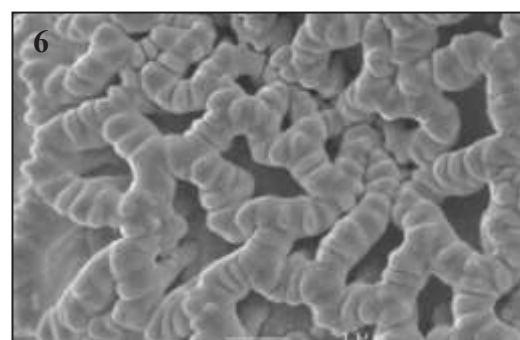
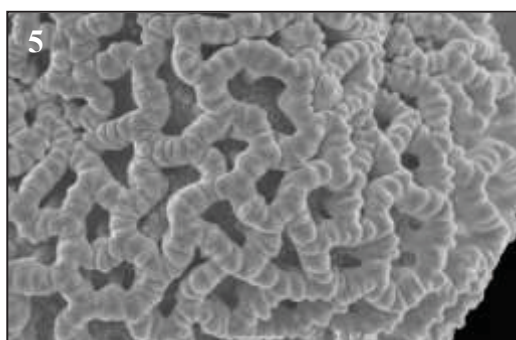
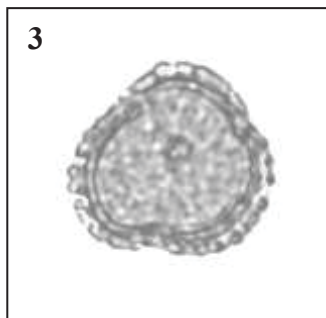
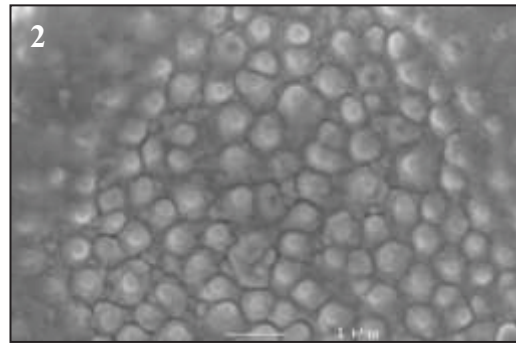
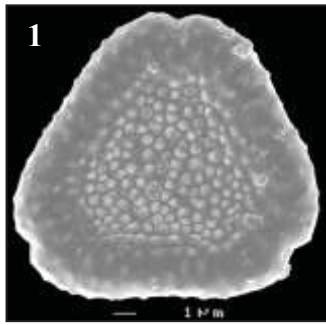
Momipites quietus (R. Potonié) Nichols 1973

Fig. 3: **Oleaceae gen et sp. indet.** - LM Übersicht

Fig. 4: **Oleaceae gen et sp. indet.** - REM Übersicht, Maßstab 1µm

Fig. 5: **Oleaceae gen et sp. indet.** - REM Detail, Maßstab 1µm

Fig. 6: **Oleaceae gen et sp. indet.** - REM Detail, Maßstab 1µm



Tafel 11

Fig. 1: **Platanus sp. 1** - LM Übersicht

Fig. 2: **Platanus sp. 1** - REM Übersicht, Maßstab 1µm

Fig. 3: **Platanus sp. 1** - REM Detail, Maßstab 1µm

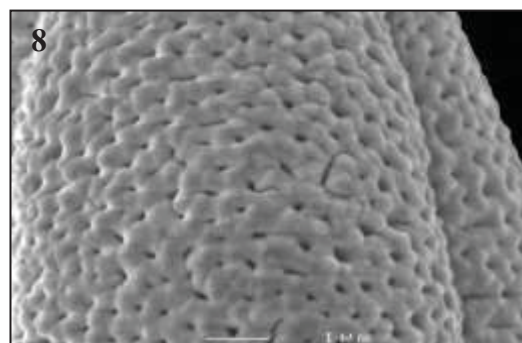
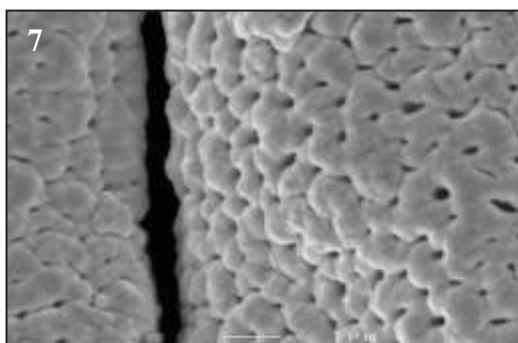
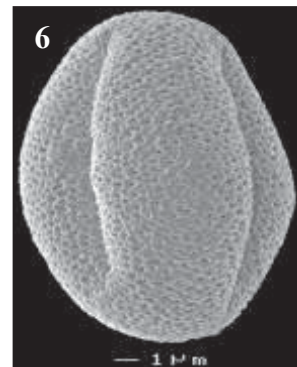
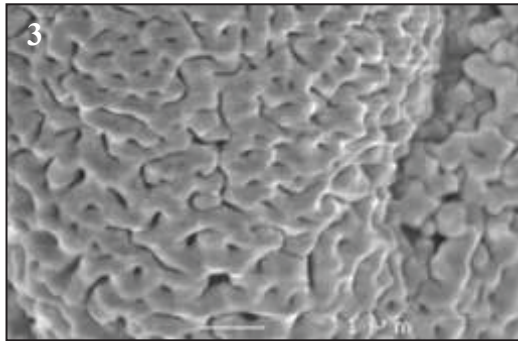
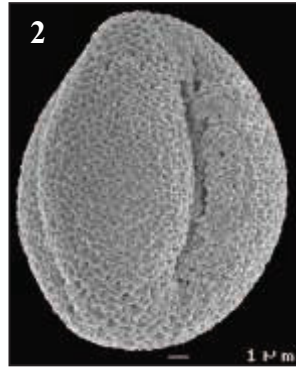
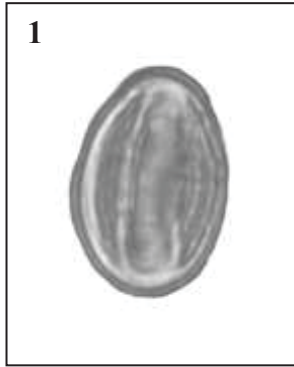
Fig. 4: **Platanus sp. 2** - LM Übersicht

Fig. 5: **Platanus sp. 2** - REM Übersicht, Maßstab 10µm

Fig. 6: **Platanus sp. 2** - REM Übersicht, Maßstab 1µm

Fig. 7: **Platanus sp. 2** - REM Detail, Maßstab 1µm

Fig. 8: **Platanus sp. 2** - REM Detail, Maßstab 1µm



Tafel 12

Fig. 1: **Sapotaceae gen. et sp. indet. 1** - LM Übersicht

Fig. 2: **Sapotaceae gen. et sp. indet. 1** - REM Übersicht, Maßstab 1µm

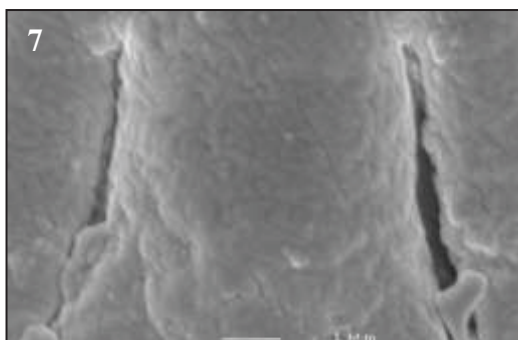
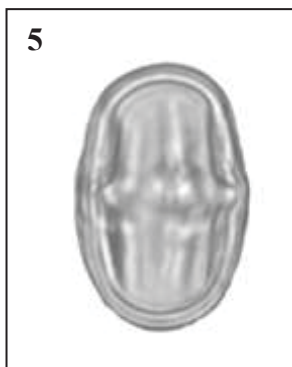
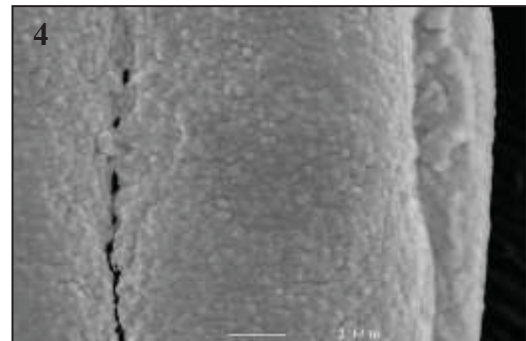
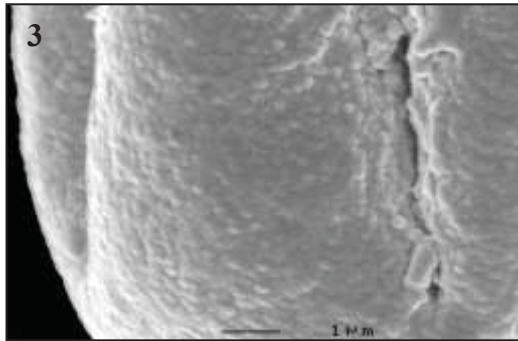
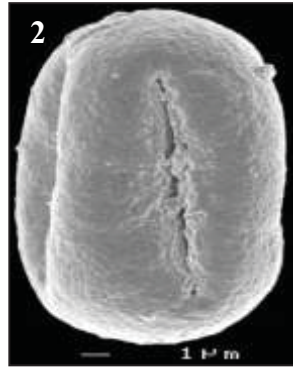
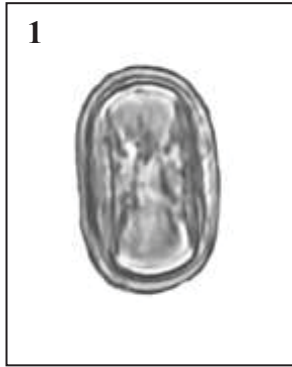
Fig. 3: **Sapotaceae gen. et sp. indet. 1** - REM Detail, Maßstab 1µm

Fig. 4: **Sapotaceae gen. et sp. indet. 1** - REM Detail, Maßstab 1µm

Fig. 5: **Sapotaceae gen. et sp. indet. 2** - LM Übersicht

Fig. 6: **Sapotaceae gen. et sp. indet. 2** - REM Übersicht, Maßstab 1µm

Fig. 7: **Sapotaceae gen. et sp. indet. 2** - REM Detail, Maßstab 1µm



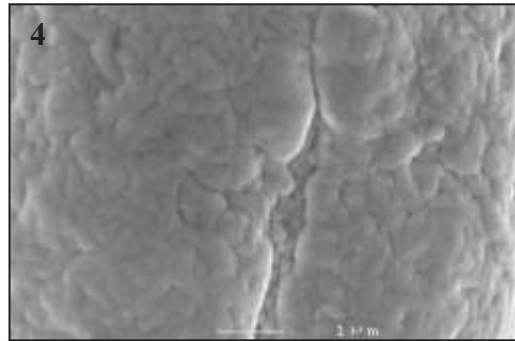
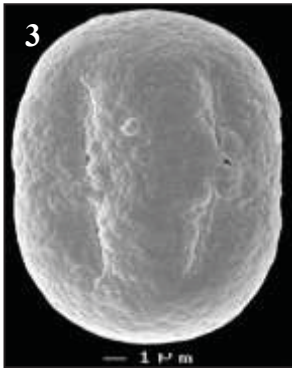
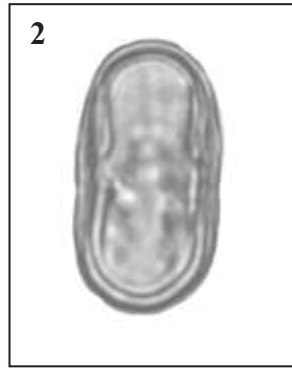
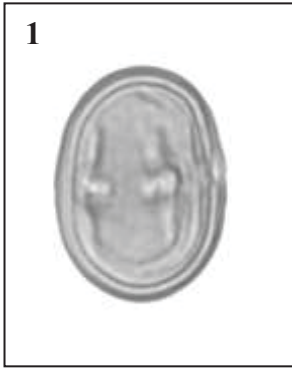
Tafel 13

Fig. 1: **Sapotaceae gen. et sp. indet. 3** - LM Übersicht

Fig. 2: **Sapotaceae gen. et sp. indet. 3** - LM Übersicht

Fig. 3: **Sapotaceae gen. et sp. indet. 3** - REM Übersicht, Maßstab 1µm

Fig. 4: **Sapotaceae gen. et sp. indet. 3** - REM Detail, Maßstab 1µm



Tafel 14

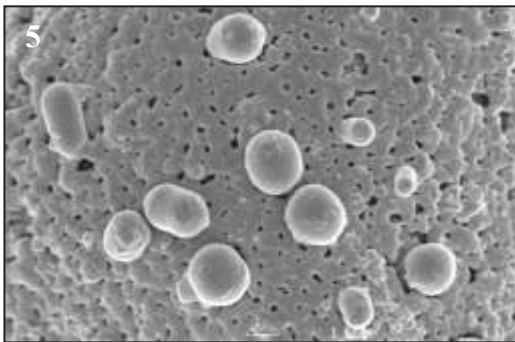
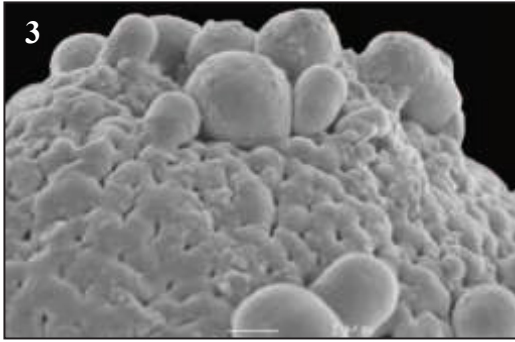
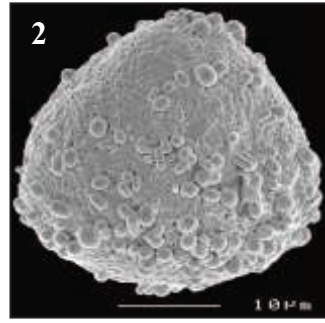
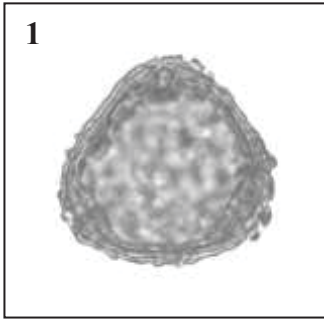
Fig. 1: **Symplocos sp.** - LM Übersicht

Fig. 2: **Symplocos sp.** - REM Übersicht, Maßstab 10µm

Fig. 3: **Symplocos sp.** - REM Detail, Maßstab 1µm

Fig. 4: **Symplocos sp.** - REM Detail, Maßstab 1µm

Fig. 5: **Symplocos sp.** - REM Detail, Maßstab 1µm

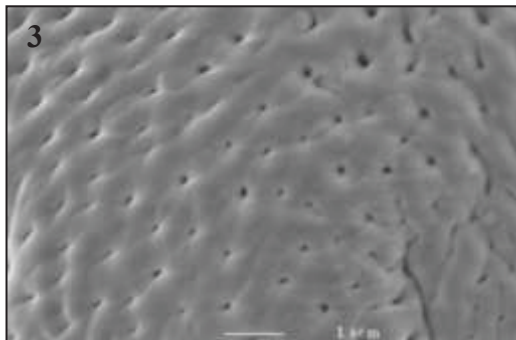
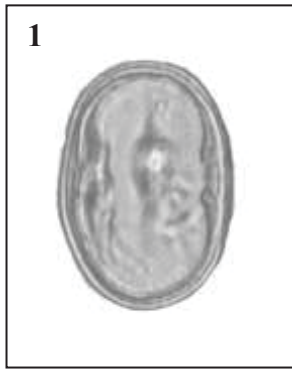


Tafel 15

Fig. 1: **Theaceae gen. et sp. indet.** - LM Übersicht

Fig. 2: **Theaceae gen. et sp. indet.** - REM Übersicht, Maßstab 10µm

Fig. 3: **Theaceae gen. et sp. indet.** - REM Detail, Maßstab 1µm



8. 2 Beschreibung der Pollenkörner

Die Beschreibung der Pollenkörner umfasst eine detaillierte Charakterisierung der Form, Größe, Anzahl und Lage der Aperturen, sowie die Struktur und Skulptur der Exine.

Cathaya sp.

Tafel 1 (Fig. 1 - 4)

Form: Pollenkorn, Monade, bisacat, oblat
Sacci setzen in voller Breite am Corpus an

Größe: Länge: 72µm - 75µm (inklusive Sacci)
Äquator: 34µm - 37µm (inklusive Sacci)
Länge: 35µm - 36µm (Corpus ohne Sacci)
Äquator: 33µm - 34µm (Corpus ohne Sacci)

Apertur: Leptoma (dünnere Wand auf distaler Seite)

Struktur: Maschennetz der Luftsäcke eng, Alveolen kurz mit dicken Wänden

Skulptur: Im LM: scabrat (Skulpturierung nicht deutlich erkennbar)
Im REM: echinat, kurz rugulat, perforat

Viburnum sp.

Tafel 1 (Fig. 5 - 8)

Form: Pollenkorn, Monade, prolat

Größe: Länge: 22,25µm - 25,5µm
Äquator: 18µm - 20µm

Apertur: tricolporat

Struktur: zahlreiche free-standing Columelle im Lumina, Columelle sind lang und stehen eng zusammen, Höhe der Columelle zwischen 13µm und 14µm
Verlauf der Muri gebogen

Skulptur: im LM: reticulat
im REM: heteroprochat - reticulat
zu den Keimstellen hin, verwachsen die Reticula immer stärker, bis die
Struktur nicht mehr reticulat, sondern perforat ist

Alangium sp.

Tafel 2 (Fig.1 - 4)

Form: Pollenkorn, Monade, oblat
in Polansicht circular bis convex-triangular

Größe: Durchmesser: 47µm - 50µm

Apertur: tricolporat
Colpi breit, im Bereich der Endopori verdickt
Apertur-Membran ist teilweise mit nano-Echinae besetzt

Struktur und Skulptur:
im LM & REM: heteroprochat bis reticulat
zu Colpi striat-reticulat
Muri in ihrem Verlauf nicht in einer Ebene

Mastixia sp. 1

Tafel 2 (Fig.5 - 8)

Form: Pollenkorn, Monade, prolat

Größe: Länge: 30,5µm - 32,5µm
Äquator: 24,5µm - 26µm

Apertur: tricolporat

Struktur und Skulptur:
im LM: scabrat
im REM: verrucatus, rugulatus, fossulatus, perforatus
im Bereich der Colpi und im Polbereich ist die Exine stark verdickt
Dicke der Exine im Bereich der Colpi: 2,5µm - 3µm

Mastixia sp. 2

Tafel 3 (Fig. 1 - 4)

- Form: Pollenkorn, Monade, prolat
in Polansicht triangular
in Äquatorialansicht rhombisch
- Größe: Länge: 24µm - 25,5µm
Äquator: 24µm - 25,5µm
- Apertur: tricolporat
- Struktur: Exine ist 4µm - 5µm dick
Exine im Bereich der Pole und entlang der Keimstellen stark verdickt
- Skulptur: im LM: scabrat
im REM: rugulat, perforat
im Bereich der Mesocolpi und im Polbereich microreticulat

Mastixia sp. 3

Tafel 3 (Fig. 5 - 7)

- Form: Pollenkorn, Monade, prolat
- Größe: Länge: 29µm - 32µm
Äquator: 23µm - 25µm
- Apertur: tricolporat
- Struktur: Exine insgesamt sehr dick
die Exine ist um die Colpi weniger verdickt als bei Mastixia sp.1
- Skulptur: im LM: scabrat
im REM: rugulat, fossulat, perforat

Ericaceae gen. et sp. indet.

Tafel 4 (Fig. 1 - 8)

Form: Pollenkorn, Tetrade, Monade, oblat

Größe: Länge der Tetrade: 28,75µm - 31µm
Äquatorebene der Tetrade: 27,5µm - 28,5µm
Durchmesser der Monade: 19µm - 20,5µm

Apertur: Monade: tricolporat
Tetrade: coaperturat

Struktur: Mesocolpi sind microverrucat

Skulptur: im LM: psilat
im REM: entlang der Colpi ist die Exine verdickt
Verdickung um Keimstellen ist psilat bis fossulat
Verdickungen der Exine entlang der Colpi und im Polbereich sind psilat

Rhododendron sp.

Tafel 5 (Fig. 1 - 8)

Form: Pollenkorn, Tetrade, Monade, oblat

Größe: Länge der Tetrade: 27µm - 29µm
Äquator der Tetrade: 27µm - 29µm
Durchmesser der Monade: 16,5µm - 17,5µm

Apertur: Monade: tricolporat
Tetrade: coaperturat

Exine: Dicke der Exine: 1µm - 1,5µm

Struktur: Viscinfäden nicht erhalten

Skulptur: im LM: psilat
im REM: nanoverrucat, Perforationen vorhanden

Iodes sp.

Tafel 6 (Fig. 1 - 5)

- Form: Pollenkorn, Monade, sphäroidal
in Polansicht circular
- Größe: Durchmesser: 23µm - 25,5µm
- Apertur: triporat
- Exine: Echinae haben eine Länge von 2,5µm - 3,5µm
- Struktur: Skulptur zwischen den Echinae ist mikroverrucat
- Skulptur: im LM: echinat
im REM: echinat

Juglandaceae gen. et sp. indet. 1

Plicatopolis plicatus (R. Por.) Krutsch

Tafel 7 (Fig. 1 - 4)

- Form: Pollenkorn, Monade, konvex-triangular, oblat
- Größe: Durchmesser: 20,45µm - 22,5µm
- Apertur: triporat
Von Pore zu Pore ziehen Plicae (= Verdickungen)
- Exine: Im Polbereich ist die Exine dünner und wirkt dadurch wie eingefallen
Dicke der Exine: 2,75µm - 3,25µm
- Skulptur: Im LM: psilar
Im REM: nano-echinat
17 - 20 Echinae per 2µm²

Juglandaceae gen. et sp. indet. 2

Caryapollenites triangulus (Pflug 1953a) Krutzsch 1961

Tafel 7 (Fig. 5 - 7)

Form: Pollenkorn, Monade, konvex-triangular, oblat

Größe: Durchmesser: 24µm - 25,75µm

Apertur: triporat
Von Pore zu Pore ziehen Plicae (= Verdickungen)

Exine: Im Polbereich ist die Exine dünner und wirkt dadurch wie eingefallen
Dicke der Exine: 3µm - 3,5µm

Skulptur: Im LM: psilat
Im REM: nano-echinat
25 - 28 Echinae per 2µm²

Juglandaceae gen. et sp. indet. 3

Momipites punctatus (R. Potonié 1931a) Nagy 1969

Tafel 8 (Fig. 1 - 3)

Form: Pollenkorn, Monade, convex-triangular, oblat

Größe: Durchmesser: 20,45µm - 22µm

Apertur: triporat
von Pore zu Pore ziehen Plicae (= Verdickungen)

Exine: Im Polbereich ist die Exine dünner und wirkt dadurch wie eingefallen

Skulptur: Im LM: psilat
Im REM: mikro-echinat
19 - 22 Echinae per 2µm²

Engelhardia sp.

Momipites quietus (R. Potonié) Nichols 1973

Tafel 8 (Fig. 4 - 6), Tafel 9 (Fig. 1 - 8), Tafel 10 (Fig. 1 - 2)

Form: Pollenkorn, Monade, convex-triangular bis triangular, oblat

Größe: Tafel 8, Fig. 5: 15µm - 16µm
Tafel 9, Fig. 2: 21µm - 22µm
Tafel 9, Fig. 5: 11µm - 12µm
Tafel 10, Fig. 1: 15µm - 16µm

Apertur: triporat

Exine: Im Polbereich Exine dünner

Struktur: Dichte der Echinae (pro 2 µm²):
Tafel 8, Fig. 6: 17 - 19 Echinae
Tafel 9, Fig. 3: 10 - 13 Echinae
Tafel 9, Fig. 6: 8 - 10 Echinae
Tafel 10, Fig. 2: 10 - 12 Echinae

Skulptur: Im LM: psilat
Im REM: nano-echinat

Oleaceae gen et sp. indet.

Tafel 10 (Fig. 3 - 6)

Form: Pollenkörner, Monade, sphäroidal

Größe: Durchmesser: 15µm - 17µm

Apertur: tricolporat

Struktur: Muribreite: 0,6µm - 0,7µm
Oberfläche gekerbt

Skulptur: Im LM: reticulat
Im REM: heteroprochat - reticulat

Platanus sp. 1

Tafel 11 (Fig. 1 - 3)

Form: Pollenkorn, Monade, prolat
In Äquatorialansicht: elliptisch

Größe: Länge: 15µm - 16,5µm
Äquator: 12,5µm - 13,5µm

Apertur: tricolpat

Skulptur: Im LM: scabrat
Im REM: fossulat, perforat, rugulat
Rugule spitz zulaufend

Platanus sp. 2

Tafel 11 (Fig. 4 - 8)

Form: Pollenkorn, Monade, prolat
In Äquatorialansicht: elliptisch

Größe: Länge: 22µm - 23,5µm
Äquator: 17,5µm - 19µm

Apertur: tricolpat

Skulptur: Im LM: scabrat
Im REM: rugulat, perforat
Rugulae rundlich zusammenlaufend mit Perforation im Zentrum

Sapotaceae gen. et sp. indet. 1

Tafel 12 (Fig. 1 - 4)

Form: Pollenkorn, Monade, prolat

Größe: Länge: 11µm - 12µm
Äquator: 10µm - 11µm

Apertur: tetracolporat

Skulptur: Im LM: psilat
Im REM: nano-verrucat

Sapotaceae gen. et sp. indet. 2

Tafel 12 (Fig. 5 - 7)

Form: Pollenkorn, Monade, prolat

Größe: Länge: 15µm - 16µm
Äquator: 11,5µm - 12,5µm

Apertur: tetra bis stephano (5) - colporat

Exine: Im Bereich der Endopori ist die Exine deutlich aufgewölbt (= bridge)

Skulptur: Im LM: psilat
Im REM: rugulat, perforat
Im Bereich der Pole stärkere Perforation

Sapotaceae gen. et sp. indet. 3

Tafel 13 (Fig. 1 - 4)

Form: Pollenkorn, Monade, prolat

Größe: Länge: 15µm - 16µm
Äquator: 12,5µm - 13,5µm

Apertur: tetracolporat

Skulptur: Im LM: psilat
Im REM: rugulat, verrucat, fossulat
Im Bereich der Endopori ist Exine nur leicht aufgewölbt (= bridge)

Symplocos sp.

Tafel 14 (Fig. 1 - 5)

Form: Pollenkorn, Monade, convex-triangular bis triangular, oblat

Größe: Durchmesser: 28,5µm - 29,5µm

Apertur: brevi-tricolporat

Struktur: Baculae unregelmäßig über die Oberfläche verteilt

Baculae stehen vor allem um die Keimstellen dichter

Baculae sind verschieden lang (Länge zwischen 1,5µm und 2,5µm)

Skulptur: Im LM: baculat

Im REM: baculat, perforat

Theaceae gen. et sp. indet.

Tafel 15 (Fig. 1 - 3)

Form: Pollenkorn, Monade, elliptisch, prolat

Größe: Länge: 25,5µm - 26,5µm

Äquator: 19,5µm - 20,5µm

Apertur: tetracolporat

Struktur: Im LM: psilat

Im REM: perforat

8.3 Beschreibung der untersuchten Pflanzenfamilien

In diesem Kapitel werden jene ausgewählten Pflanzenfamilien beschrieben, aus denen die im Rahmen dieser Arbeit untersuchten Pollentypen stammen. Es wird die Systematik der einzelnen Pflanzenfamilien beschrieben, und näher auf die allgemeinen Merkmale sowie auf die Verbreitung eingegangen. Für den Fall, dass der Pollentypus einer Gattung zugeordnet werden konnte, folgt zum Schluss eine kurze Beschreibung der betreffenden Gattung.

8. 3. 1 Pinaceae

Systematik

Die Familie der Pinaceae ist die größte und jüngste der Ordnung der Koniferen (BISWAS & JOHRI, 1997). Die Familie umfasst nach PAGE (1990) 12 Gattungen und insgesamt rund 200 Arten. BISWAS und JOHRI (1997) hingegen gehen von 10 Gattungen aus, darunter *Abies*, *Cathaya*, *Picea*, *Cedus*, *Larix* und *Pinus*, kommen allerdings auf die selbe Artenzahl. Viele dieser Gattungen sind mit dem Ende des Oligozäns schon als Fossilien aufzufinden, wobei der Evolutionsschwerpunkt im Späten Mesozoikum zu liegen scheint (PAGE, 1990).

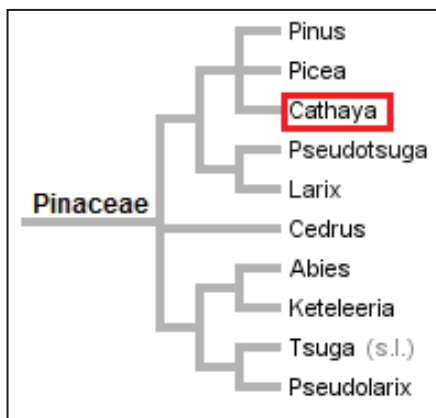


Abbildung 12 Stammbaum der Pinaceae (Tree of Life Web Project, 2002)

Allgemeine Merkmale

Bei der Familie der Pinaceae handelt es sich um sehr harzreiche, schnell wachsende Bäume oder Sträucher, die ein hohes Alter erreichen können (PAGE, 1990). Die Blätter sind entweder sommergrüne oder immergrüne, flache, längliche Nadeln mit Harzkanälen. Sie sind spiralig angeordnet an allen Trieben zu finden (PAGE, 1990). Männliche und weibliche Zapfen sind in der Regel auf dem Selben Baum zu finden, wobei die weiblichen Zapfen zumeist erst später im Leben des Baumes gebildet werden. Die männlichen Zapfen sind kätzchenartig mit zahlreichen Blüten und spiralig gestellten Staubblättern mit je zwei Pollensäcken (PAGE, 1990). Die Pollenkörner besitzen meist Luftblasen, wodurch die Windbestäubung begünstigt wird. Bei den meisten Gattungen findet die Bestäubung im Frühling statt. Die weiblichen Zapfen sind entweder einzeln oder in unregelmäßigen Gruppen angeordnet (PAGE, 1990). Diese Blütenzapfen bestehen aus zahlreichen spiralig gestellten Deckschuppen (GELDEREN, 1986), die zunächst fleischig oder ledrig sind, jedoch mit der Zeit steif und holzig werden.

Innerhalb von ein bis drei Saisonen reifen die Blütenzapfen heran und entlassen die Samen durch Öffnen der Zapfenschuppen (PAGE, 1990). Die Samen sind einseitig geflügelt oder ungeflügelt (GELDEREN, 1986) mit zwei Samen pro Zapfenschuppe (PAGE, 1990).

Verbreitung

Das Verbreitungsgebiet der Pinaceae erstreckt sich über die gesamte nördliche Halbkugel, wobei das Hauptverbreitungsgebiet in der borealen Zone liegt. Außerhalb davon sind Pinaceae vor allem dort zu finden, wo im Winter regelmäßig Fröste auftreten. Sie wanderten bereits im Tertiär in Europa ein (MAI, 1995).

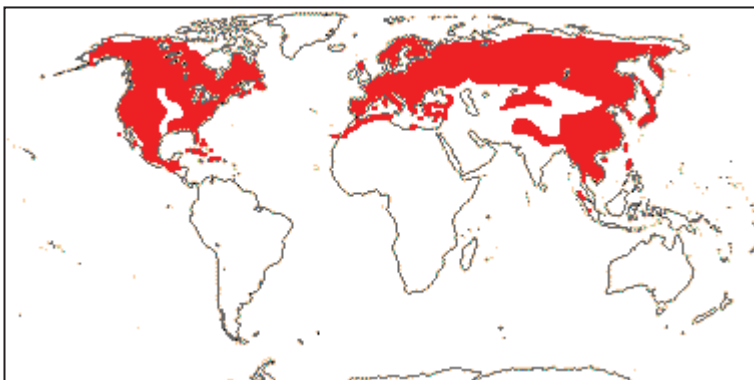


Abbildung 13 Verbreitungsgebiet Pinaceae (STEVENS, 2001)

Gattung Cathaya

Die Gattung *Cathaya* ist ein Tertiärrelikt (MAI, 1995), das nur mehr in den chinesischen Provinzen Szetschuan und Kwangsi vorkommt (GELDEREN, 1986). Bei der Gattung handelt es sich um große einhäusige immergrüne Bäume mit horizontal angeordneten Ästen (GELDEREN, 1986). Die Blätter linear, dorsoventral abgeflacht und spiralig angeordnet. Die männlichen Kätzchenblüten stehen aufrecht, einzeln und endständig an terminalen Ästen. Die weiblichen Zapfen sind nicht nur in den obersten Ästen des Baumes konzentriert, wie es bei einigen anderen Koniferen typisch ist, sondern finden sich über den ganzen Baum verteilt. Nach der Fertilisation hängen die reifen Zapfen herab. Die geflügelten Samen fallen allmählich aus, nachdem sich die Zapfenschuppen der reifen Samen geöffnet haben (PAGE, 1990).

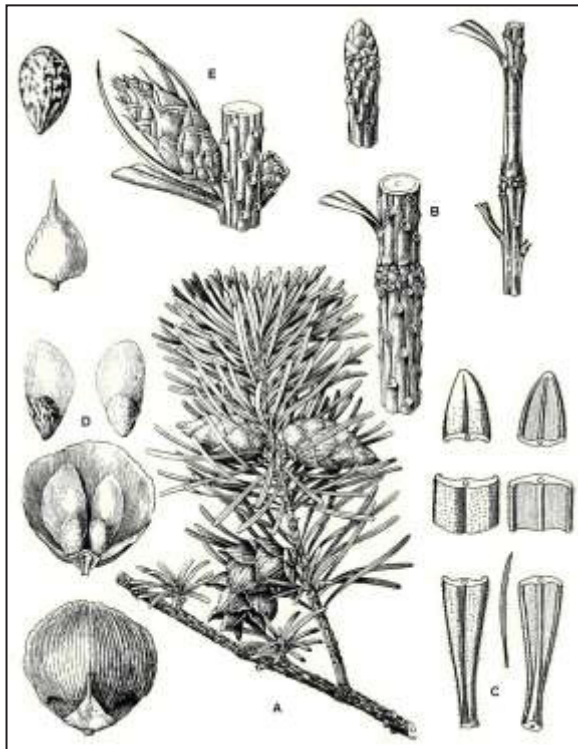


Abbildung 14 Beispiel einer Cathaya –
 A Zweig mit Zapfen; B Zweigabschnitt;
 C Nadeln; D Samenschuppe und Samen;
 E Junger Zapfen (CHUN & KUANG, 1958)

8.3. 2 Caprifoliaceae

Systematik

Die Familie der Caprifoliaceae wird zur Ordnung der Dipsacales gezählt (Tree of Life Web Project, 2002). Sie besteht nach HICKEY & KING (1988) aus 13 Gattungen und 530 Arten, während CRONQUIST (1981) die Familie in 15 Gattungen und 400 Arten unterteilt. Älteste Fossilien dieser Gattung bestätigen ein Vorkommen bereits ab der mittleren Kreide. In Europa sind die Caprifoliaceae allerdings erst ab dem Miozän verbreitet (MAI, 1995).

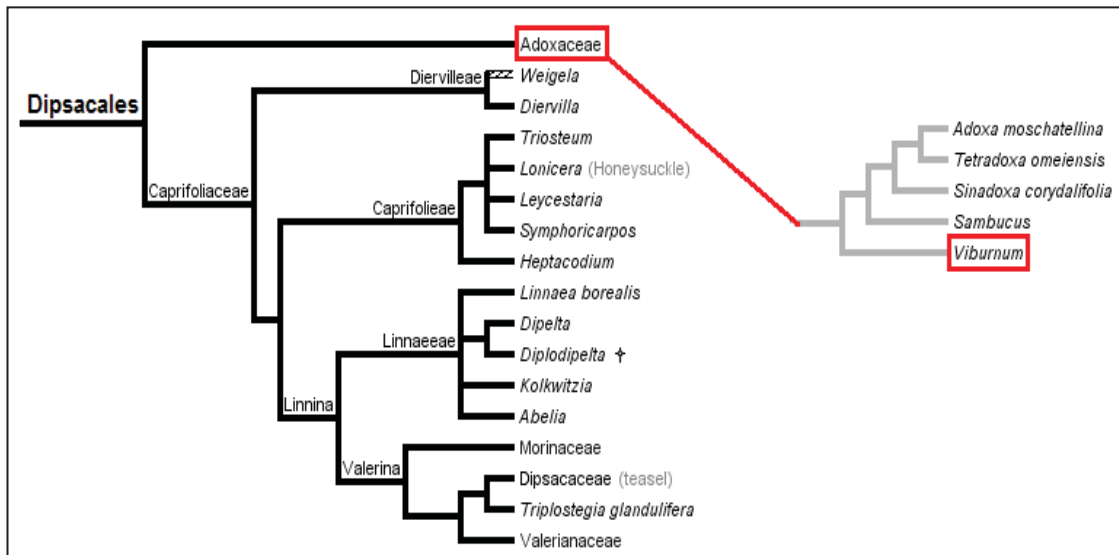


Abbildung 15 Stammbaum der Caprifoliaceae (Tree of Life Web Project, 2002)

Allgemeine Merkmale

Bei der Familie der Caprifoliaceae handelt es sich meist um Büsche oder kleine Bäume, seltener auch um krautige Gewächse. Die Stellung der Blätter ist meist gegenständig, während der Blattrand ganzrandig oder gelappt sein kann. Die Blüten sind bisexuell (HICKEY & KING, 1988) und weisen bei manchen Arten Nektar als Belohnung für die Bestäuber auf (CRONQUIST, 1981). Der Aufbau der Kelchblätter und Kronblätter ist gleich, denn beide weisen vier bis fünf miteinander verwachsene Blütenblätter auf. Auch die Anzahl der Stamen beträgt vier bis fünf. Das Ovar besteht aus drei bis fünf miteinander verwachsenen Carpellen, mit einer oder mehreren Samenanlagen pro Kammer. Die Frucht ist meist eine fleischige Beere oder Steinfrucht, seltener eine Achene oder Kapsel. Der Samen ist von einem dicken fleischigen Endosperm umgeben (HICKEY & KING, 1988).

Verbreitung

Die Familie der Caprifoliaceae hat eine laurasische Verbreitung. Dies bedeutet, dass die Caprifoliaceae im Mesozoikum, als der Superkontinent Pangaea zerbrach, ihr Vorkommen in Asien, Grönland und Teilen Nordamerikas hatten (MAI, 1995). Heute erstreckt sich das Vorkommen der Caprifoliaceae über die nördlichen temperaten und borealen Regionen in den tropischen Hochlandgebieten (CRONQUIST, 1981). Rezent zeigt die Familie somit „Ausstrahlungen in die südlichen Kontinente einschließlich eines Vorkommens in Australien“ (MAI, 1995).

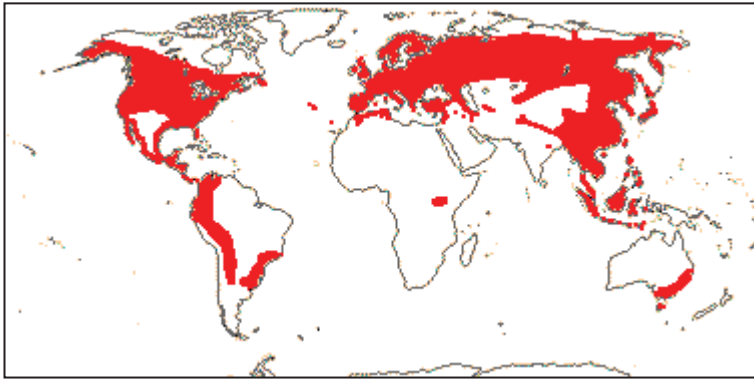


Abbildung 16 Verbreitungsgebiet der Caprifoliaceae (STEVENS, 2001)

Gattung Viburnum

Die Gattung *Viburnum* wird nach HICKEY & KING (1988) in der Familie der Caprifoliaceae geführt. Genetische Analysen des Tree of Life Web Project (2002) haben allerdings ergeben, dass sich die Ordnung der Dipsacales in die Familie der Adoxaceae und Caprifoliaceae unterteilt. Das gefundene Pollenkorn der Gattung *Viburnum* ist allerdings seit dieser Analyse in der Familie der Adoxaceae zu finden (Tree of Life Web Project, 2002).



Abbildung 17 Beispiel eines *Viburnum* - A Blühender Zweig; B Blüte; C Fruchstand; D Samen (KOLL, 2008)

Bei der Gattung *Viburnum* handelt es sich um holzige Gewächse, die eine durchschnittliche Höhe von zwei bis vier Metern erreichen können. *Viburnum* ist in Europa, Nord- und Westasien sowie in Nordafrika beheimatet. Außerdem ist sie häufig in den Wäldern der Britischen Inseln, vor allem auf feuchten Böden, anzutreffen (HICKEY & KING, 1988). Die gegenständigen Blätter sind entweder einfach oder drei- bis fünf-lappig und besitzen einen gezähnten Blattrand. Im Herbst färben sich die Blätter rot. Die Infloreszenz ist ein zymöser Gesamtblütenstand mit einer Vielzahl an weißen Blüten. Während die inneren Blüten des Cymus kleiner und fertil sind, sind die äußeren Blüten größer und steril. Die Bestäubung erfolgt mit Hilfe von Insekten, die als Belohnung sowohl Pollen als auch Nektar erhalten. Die Blütezeit ist von Juni bis Juli, während die auffällig rot gefärbten Früchte im Oktober reifen (HICKEY & KING, 1988).

8. 3. 3 Cornaceae

Systematik

Die Familie der Cornaceae besteht nach KUBITZKI (2004) aus sieben Gattungen, unter anderem *Alangium*, mit insgesamt 110 Arten, wobei die Gattung *Mastixia* ausgeklammert wird. Nach CRONQUIST (1981) jedoch erfolgt eine andere Einteilung, denn er sieht die Cornaceae und die Alangiaceae als zwei unterschiedliche Familien an, die beide in die Ordnung der Cornales gehören. Hier besteht die Familie der Cornaceae aus elf Gattungen, inklusive *Mastixia* und nur 10 Arten (CRONQUIST, 1981). Neue Untersuchungen im Zuge des Tree of Life Web Project (2002) haben ergeben, dass die Ordnung der Cornales in sechs Familien unterteilt wird. Die Gattung *Alangium* wird in die Familie der Cornaceae gestellt, während die Gattung *Mastixia* in die Familie der Nyssaceae gelangte (Tree of Life Web Project, 2002). Die ältesten Fossilien der Familie stammen aus der Oberen Kreide, während das erste Auftreten der Familie erst im Paläogen nachgewiesen werden konnte (KUBITZKI, 2004).

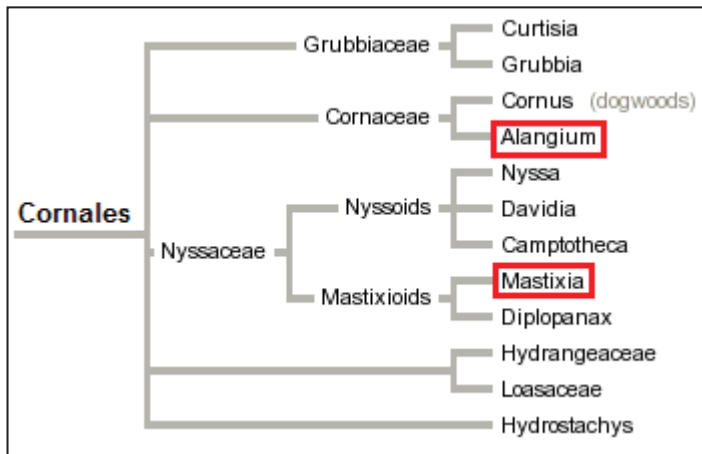


Abbildung 18 Stammbaum der Cornaceae (Tree of Life Web Project, 2002)

Allgemeine Merkmale

Die Familie der Cornaceae besteht aus Bäumen und Büschen (KUBITZKI, 2004), seltener auch Kräutern (CRONQUIST, 1981). Die Blätter sind entweder gegenständig oder wechselständig angeordnet. Die Blätter sind einfach gebaut und ganzrandig. Die Infloreszenzen sind terminal angeordnet. Die Blüten sind zwittrig oder unisexuell (KUBITZKI, 2004). Der Kelch besteht aus vier bis fünf freien, kleinen Sepalen. Die Kronblätter sind frei und vier- bis fünf-zählig (HICKEY & KING, 1988). Die Anzahl der Stamen kann stark variieren. Entweder ist die Anzahl der Stamen gleich mit der Anzahl der Kronblätter und mit diesen alternierend angeordnet, oder die Stamen sind in zwei Wirteln angeordnet mit einer Anzahl von bis zu 80. Die Stamen sind am Rand des Nektardiskus angebracht. Das Ovar hat eine oder zwei Kammern mit einer Samenanlage pro Kammer. Die Frucht ist eine Steinfrucht mit bis zu sechs Samen. Die Früchte waren in der Kreide deutlich kleiner, als sie ab dem Tertiär waren. Diese Größenzunahme der Früchte hängt mit einer Verschiebung der Ausbreitung von abiotischen Faktoren, wie Wind und Wasser, zu Tieren als Vektoren im Paläozän. Durch die Verschiebung des Ausbreitungsmechanismus veränderte sich allerdings nicht nur die Größe der Früchte, sondern es nahm auch der Anteil an Fruchtfleisch zu, sowie die mechanischen und chemischen Schutzmechanismen, wie Gallsäure, Alkaloide und Tannine (KUBITZKI, 2004).

Verbreitung

Das Vorkommen der Familie der Cornaceae ist auf die warm-temperaten und humid-tropischen Regionen der nördlichen Hemisphäre beschränkt. Die größten Artenzahlen sind in Ostasien und Südostasien zu finden (KUBITZKI, 2004).

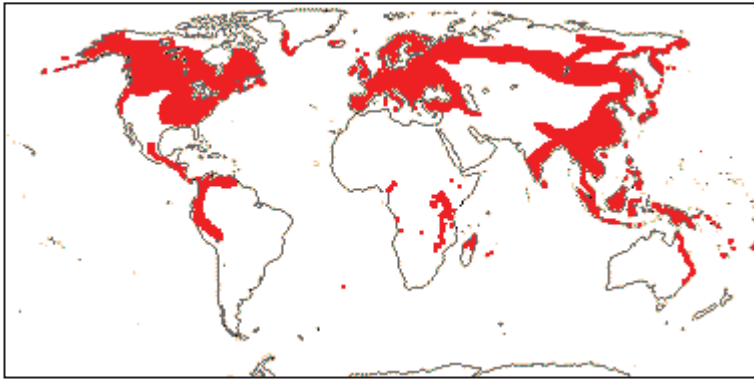


Abbildung 19 Verbreitungsgebiet Cornaceae (STEVENS, 2001)

Gattung Alangium

Alangium ist eine Gattung, die aus 21 Arten besteht. Sie ist über Afrika, Madagaskar, sowie die tropischen und warm-temperaten Gebiete im Süden und Südostasiens von Indien bis Japan. Außerdem gibt es Vorkommen von Malaysia bis Queensland und Fiji (KUBITZKI, 2004). Ursprünglich war die Gattung *Alangium* ein Element der nord-tethyschen Gebiete, wie Laurasien, im Mesozoikum. Im mittleren Tertiär sind diese Gebiete bereits nach Südostasien und Indien verschoben (MAI, 1995). In Europa ist Pollen von *Alangium* seit dem unteren Eozän bekannt (CRONQUIST, 1981).

Die Gattung besteht aus Bäumen, Büschen und Lianen, die manchmal dornig sind. Die Blätter sind wechselständig und gelappt (KUBITZKI, 2004). Die Infloreszenz ist ein axillärer Cymus (CRONQUIST, 1981) mit bisexuellen Blüten (KUBITZKI, 2004). Der Sepalen sowie die Petalen bestehen aus vier bis zehn Blütenblättern (CRONQUIST, 1981). Auch die Stamen sind vier- bis zehn-zählig und sind in einem Wirtel um das Nektarium angeordnet. Das Ovar besteht aus ein bis zwei Kammern mit einem Samen pro Kammer (KUBITZKI, 2004). Die Frucht ist eine Steinfrucht, bei der die Sepalen und das Nektarium erhalten bleiben (CRONQUIST, 1981). Während das Endokarp holzig oder krustig ist (KUBITZKI, 2004), ist das Endosperm ölig und umfangreich (CRONQUIST, 1981). Die Pflanzen blühen in der Trockenzeit, während sie am Ende der Trockenzeit oder in der folgenden Regenzeit fruchten (KUBITZKI, 2004).



Abbildung 20 Beispiel einer Alangium –
A Blühender Zweig; B Blüte; C Kronblätter mit
Stamen; D Ovarium mit Nektarscheibe;
E & F & G Frucht (KUBITZKI, 2004)

Gattung Mastixia

Die Gattung *Mastixia* ist eine recht kleine Gattung mit nur 20 Arten, allerdings gehörte sie im Alttertiär zu den wichtigsten Gewächsen in West- und Mitteleuropa. Sie erlangte sogar Familiendominanz mit 10 Arten in Europa. Sie dominierte in Europa vom Untereozän bis zum Unterpliozän, allerdings starben diese im Oberen Plioizän wieder aus (MAI, 1995).



Abbildung 21 Beispiel einer Mastixia –
A Blühender Zweig; B Teil der Infloreszenz;
C Blüte aufgeschnitten; D Stamen; E Frucht
(KUBITZKI, 2004)

8. 3. 4 Ericaceae

Systematik

Die Familie der Ericaceae gehört zur Ordnung der Ericales (Tree of Life Web Project, 2002). Die Familie besteht nach MAI (1995) aus über 2500 Arten, die in 82 Gattungen unterteilt werden. Nach CRONQUIST (1981) sind es jedoch fast 3500 Arten in 125 Gattungen. Fossiler Pollen ist seit der Oberen Kreide auf der nördlichen Hemisphäre anzutreffen, während er in Australien erst ab dem Eozän auftritt (CRONQUIST, 1981).

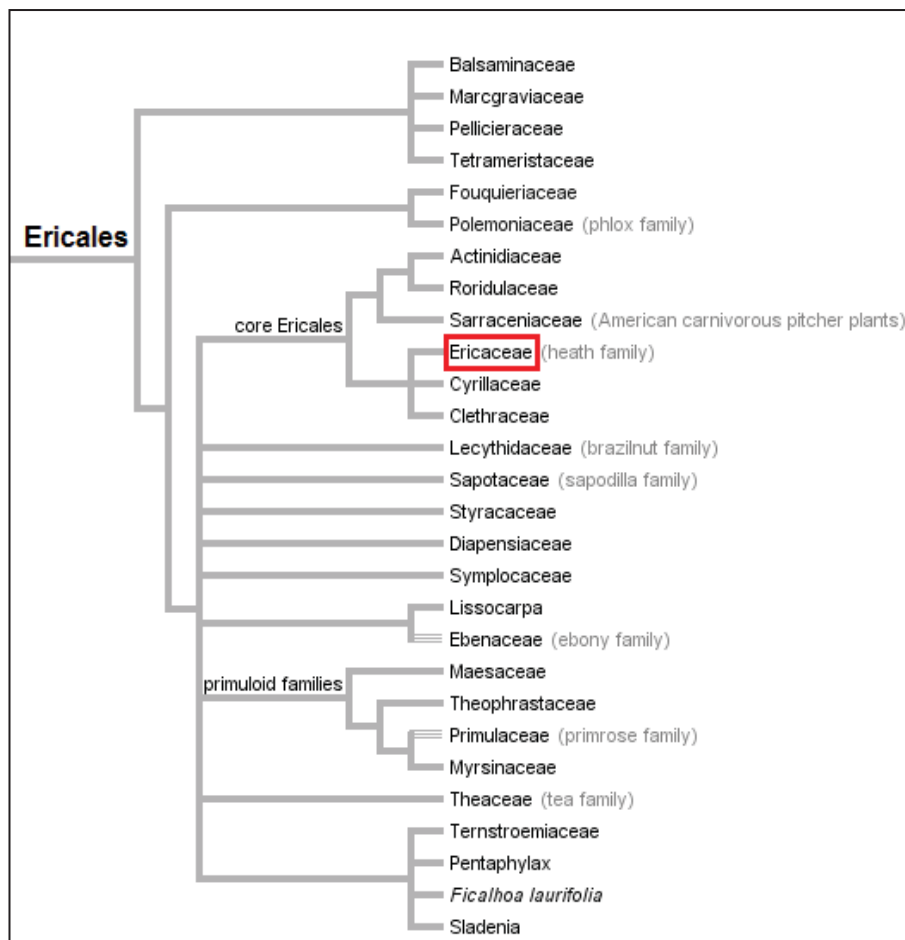


Abbildung 22 Stammbaum der Ericaceae (Tree of Life Web Project, 2002)

Allgemeine Merkmale

Bei der Familie der Ericaceae handelt es sich um wärmeliebende Pflanzen, die viel Sonnenlicht brauchen. Allerdings sind sie, was den Nährstoffgehalt des Bodens betrifft recht anspruchslos, denn sie bevorzugen saure Böden, da diese geringeren Konkurrenzdruck aufweisen. Um die dadurch herrschenden nährstoffarmen Bedingungen auszugleichen, gehen sie Symbiose mit Pilzen ein und bilden sogenannte

Mykorrhiza-Geflechte. Durch dieses stehen Pflanzen und Pilze miteinander in Kontakt (STEVENS, 2004) und es kommt zu einer starken Erweiterung der aufnehmenden Organe im Wurzelbereich (MAI, 1995). Während der Pilz Nährstoffe und Wasser liefert, versorgt die Pflanze ihn mit Assimilaten, die bei der Photosynthese erzeugt worden waren (STEVENS, 2004).

Bei der Familie der Ericaceae handelt es sich um immergrüne oder laubabwerfende Büsche, seltener Lianen oder Bäume (STEVENS, 2004). Die Blätter sind einfach und gegenständig (HICKEY & KING, 1988). Der terminal oder axillär (STEVENS, 2004) sitzende Blütenstand besitzt meist zwei bis drei Tragblätter (HICKEY & KING, 1988) und ist racemös. Die Blüten sind zwittrig, meist unauffällig und selten einzeln zu finden. Die Farbe der Blüten variiert zwischen weiß und cremefarben, zumeist besitzen sie allerdings auch eine rosa Färbung. Die Sepalen sind vier bis fünfzählig und an der Basis miteinander verwachsen. Die Petalen sind, so wie die Sepalen vier bis fünfzählig, allerdings vollständig miteinander verwachsen. Die Anzahl der Stamen beträgt fünf bis zehn. Obwohl Autogamie, die Selbstbestäubung häufig ist, ist auch Nektar als Belohnung für Bestäuber vorhanden. Das Ovar besteht aus vier bis fünf Karpellen, wobei in jedem Karpell ein oder mehrere Samenanlagen zu finden sind (STEVENS, 2004). Die Frucht ist eine Beere, Steinfrucht oder Kapsel mit sehr kleinen Samen. Ist die Frucht eine Kapsel, können die Samen auch geflügelt sein. Die Verbreitung der Samen ist abhängig vom Aussehen, denn während geflügelte Samen durch den Wind verbreitet werden können, brauchen alle anderen Tiere als Vektoren (STEVENS, 2004).

Verbreitung

Die Familie der Ericaceae hat eine kosmopolitische Verbreitung, ist allerdings weder in den Wüstengebieten, noch in Australasien verbreitet (HICKEY & KING, 1988). Die Vorkommen sind hauptsächlich in temperaten und montan-tropischen Gebieten, wie Südamerika und Südostasien. Zusätzlich ist die Familie auch im mediterranen Klima weit verbreitet (STEVENS, 2004). Die Vorfahren der heutigen Ericaceae hatten vermutlich eine tropische Verbreitung, wobei der Verbreitungsschwerpunkt nicht im tropischen Regenwald, sondern in höheren Lagen lag (CRONQUIST, 1981).

Gattung Rhododendron

Bei *Rhododendron* handelt es sich um die größte Gattung der Ericaceae (CRONQUIST, 1981) mit acht Subgattungen und insgesamt 850 Arten. Bereits aus dem Paläozän kann fossiler Pollen in England gefunden werden (STEVENS, 2004).

Die Verbreitung dieser Gattung erstreckt sich über die nördlichen temperaten Gebiete, von Südostasien, Malaysia und den Nordosten von Australien (STEVENS, 2004). Die Pflanzen sind recht anspruchslos, bevorzugen saure Böden und vertragen kalkreiche, basische Böden nicht gut (PABST, 2013).

Bei der Gattung *Rhododendron* handelt es sich um immergrüne Büsche, Polsterpflanzen oder kleine Bäume. Die Blüten sind sehr groß, robust und meist sechs-zählig. Die Kronblätter können unterschiedlich geformt sein (STEVENS, 2004). Meist sind die Blüten mehrfärbig, dieser Farbunterschied dient als Nahrungswegweiser für Bestäuber (PABST, 2013). Während die Staubblätter fünf- bis zwanzigzählig sind, hat das Ovarium fünf bis zwölf Kammern. Die Frucht ist eine Kapsel, die doppelt so lang wie breit ist. Die Samen sind spindelförmig bis elliptisch, teilweise besitzen sie auch Flügel (STEVENS, 2004).

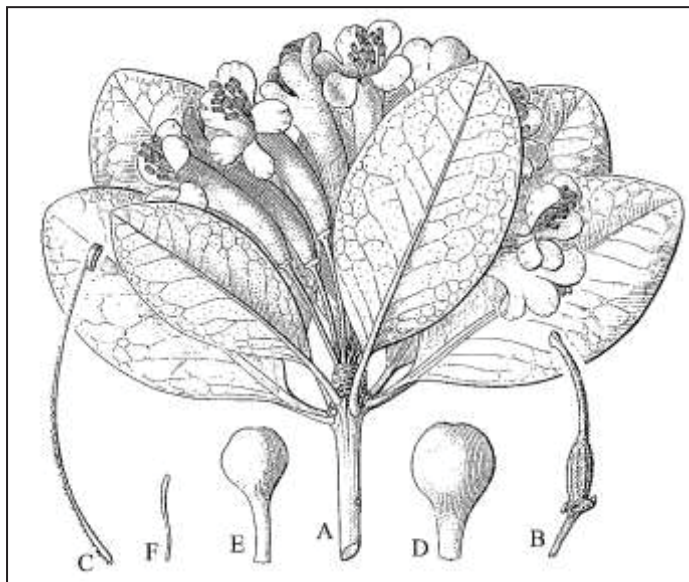


Abbildung 23 Beispiel eines *Rhododendron* - A Blühender Zweig; B Stempel; C Stamen; D Knospenschuppen; F Vorblatt (STEVENS, 2004)

8. 3. 5 Icacinaceae

Systematik

Die Familie der Icacinaceae gehört nach CRONQUIST (1981) zur Ordnung der Celastrales und zur Unterklasse der Rosidae, während Icacinaceae nach dem Tree of Life Web Project (2002) keiner Ordnung zugeteilt werden konnten, und daher nur in der Klasse der Euasteriden I zu finden ist. Nach CRONQUIST (1981) wird die Familie in 50 Gattungen mit 400 Arten unterteilt. Nach POTGIETER & DUNO (2016) wird jedoch die Familie in 35 Gattungen mit ungefähr 245 Arten unterteilt. Daraus lässt sich schließen, dass noch einige Untersuchungen nötig sind, bevor eine Einigung erzielt werden kann. Fossiler Pollen der Icacinaceae ist seit dem Paläozän bekannt, allerdings gibt es auch Berichte von Pollen aus der Oberen Kreide (CRONQUIST, 1981).

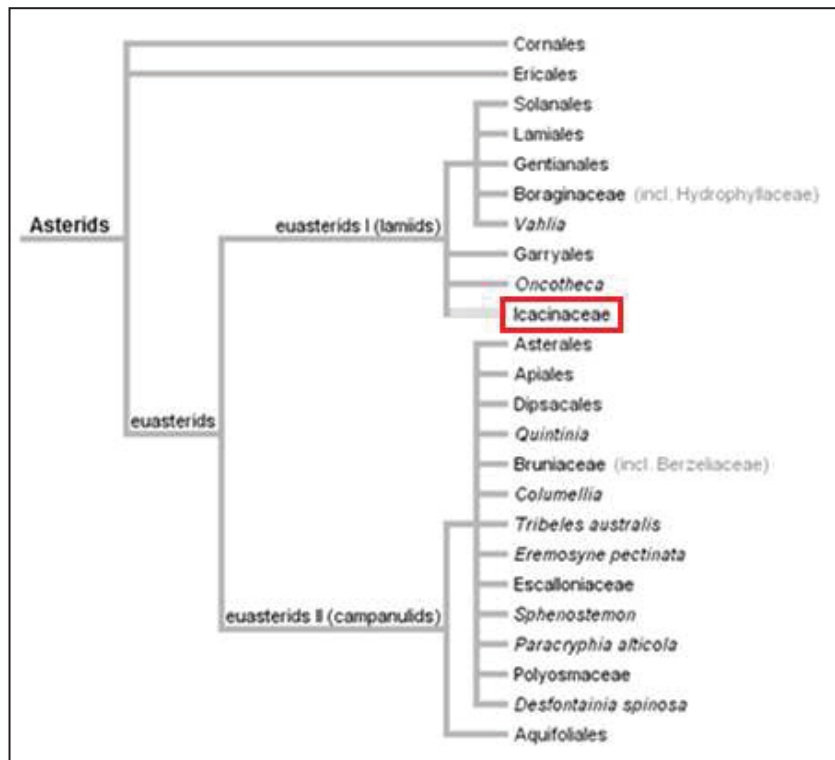


Abbildung 24 Stammbaum der Icacinaceae (Tree of Life Web Project, 2002)

Allgemeine Merkmale

Die Familie der Icacinaceae ist sehr divers in ihren Wuchsformen und umfasst Bäume, Büsche und Lianen (POTGIETER & DUNO, 2016). Die Blätter sind wechselständig und nur selten gelappt. Der Blütenstand ist axillär, terminal oder cauliflor, wobei die Blüten klein und geruchslos sind. Die Familie der Icacinaceae besteht Großteils aus

Hermaphroditen, wobei die Blüten entweder unisexuell oder bisexuell ausgebildet sein können. Die Sepalen, Kelchblätter, sind drei- bis sechs-zählig, zumeist verwachsen, fleischig und unbehaart. Die Petalen, Kronblätter, sind vier- bis sechs-zählig und meist frei. Diese, meist gefärbten, Blütenblätter sind entweder behaart oder unbehaart. Alternierend mit den Petalen sind die vier bis sechs Staubblätter angeordnet. Ein Nektar ausscheidender Diskus kann vorhanden sein. Im Zentrum der Blüte befindet sich bei weiblichen Blüten das Gynözeum, auch Stempel genannt, bestehend aus Ovar, Griffel und Narbe. Bei den Icacinaceae ist der Stempel entweder behaart oder unbehaart und das Ovar in ein bis drei Kammern, Loculi, unterteilt. In jeder dieser Kammern sind zwei Samenanlagen zu finden. Es ist jedoch nur sehr wenig über die Bestäubung dieser Blüten bekannt (POTGIETER & DUNO, 2016). Die Frucht ist generell eine längliche Steinfrucht, die einen Samen beinhaltet. Das Exokarp, die äußerste Schicht, ist dünn und zumeist gefärbt. Das Mesokarp ist fleischig und teils reich an Ölen. Das Endokarp, ist entweder dünn und krustenartig oder dick und hölzern (POTGIETER & DUNO, 2016). Die Samen werden nicht nur durch Vögel verbreitet, sondern auch durch Affen und Buschschweine (POTGIETER & DUNO, 2016).



Abbildung 35 Beispiel einer Icacinaceae - A Blühender Zweig; B Blütenknospe; C Blüte; D Antheren; E Gynözeum; F Frucht (POTGIETER & DUNO, 2016)

Verbreitung

Die Verbreitung der Icacinaceae beschränkt sich auf die tropischen Regionen der Alten Welt, bestehend aus Afrika, Asien und Europa, sowie der Neuen Welt, Amerika. Die Diversitätszentren befinden sich in Afrika und Südostasien, von dort ausgehend nimmt die Anzahl der Gattungen stetig ab in Richtung der Subtropen (POTGIETER & DUNO, 2016).



Abbildung 26 Verbreitungsgebiet der Icacinaceae (STEVENS, 2001)

Gattung Iodes

Bei der Gattung *Iodes* handelt es sich um Lianen mit behaarten Ästen. Die Blätter sind gegenständig und ganzrandig mit Haaren entlang der Blattvenen. *Iodes* ist zweihäusig, daher treibt jede Pflanze unisexuelle Blüten, die entweder männliche oder weibliche Organe aufweisen. Bei beiden Blüten sind Sepalen und Petalen an der Basis teilweise verwachsen. Bei den männlichen Blüten alternieren die Stamen mit den Petalen, während das breit aufsitzende Ovarium der weiblichen Blüten einen kurzen Griffel besitzt. Die Blüten sind klein und wohl riechend. Die Frucht ist eine Steinfrucht, mit einer ellipsenähnlichen Form, seitlich komprimiert und der Länge nach eingekerbt. Insgesamt beinhaltet die Gattung *Iodes* 28 Arten, die im tropischen Afrika, in Madagaskar und in Australasien vorkommen (POTGIETER & DUNO, 2016).

8. 3. 6 Juglandaceae

Systematik

Die Familie der Juglandaceae gehört zur Gattung der Fagales (HUTCHINSON, 1969). Nach STONE (1993) besteht die Familie aus acht Gattungen und 60 Arten. Zu einem ähnlichen Ergebnis kommen auch HICKEY & KING (1988), mit sieben Gattungen und

64 Arten. Die Entstehung der Familie geht auf die Obere Kreide zurück, während ihre vier Triben seit dem Paläozän unterscheidbar sind (MAI, 1995).

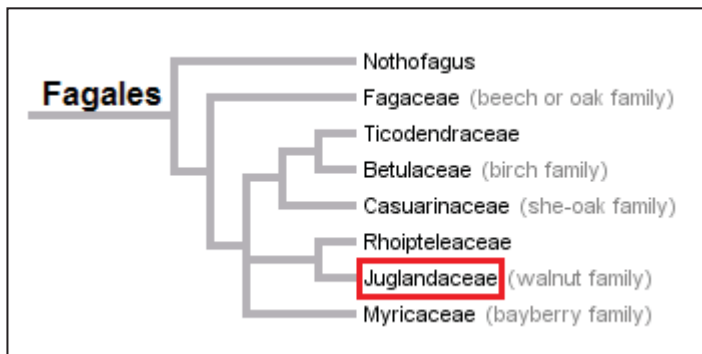


Abbildung 27 Stammbaum der Juglandaceae (Tree of Life Web Project, 2002)

Allgemeine Merkmale

Die Familie der Juglandaceae besteht aus Bäumen oder großen Sträuchern, die entweder sommergrün oder immergrün sind (STONE, 1993). Die Blätter sind wechselständig oder gegenständig (HICKEY & KING, 1988), gefiedert oder ganzrandig (STONE, 1993). Einige Arten dieser Familie besitzen Gallsäuren, Procyanidine und Ellagsäure (CRONQUIST, 1981). Die Infloreszenzen sind entweder terminal an den neuen Ästen oder seitlich am Altholz. Die Blüten sind unisexuell, unauffällig und klein. Männliche und weibliche Kätzchenblüten sind entweder separat auf der selben Pflanze zu finden, oder miteinander kombiniert. Auch Kombinationen von verschiedenen Infloreszenzen sind möglich, denn diverse Blütenstände stellen einen Kompromiss zwischen Bestäubung mit Hilfe des Windes und der Verbreitung der Früchte mit Hilfe von Wind und Tieren dar (STONE, 1993). Ursprünglich wurden die Früchte nur mit Hilfe des Windes transportiert und evolvierten im Laufe der Zeit zu Verbreitung durch Tiere (CRONQUIST, 1981). Männliche Kätzchen können auch in Gruppen von drei bis acht stehen, während weibliche Kätzchen immer vielblütig sind. Die männlichen Kätzchenblüten besitzen 4 Sepalen, die auch fehlen können, und drei bis hundert Stamen. Manche Blüten besitzen auch einen rudimentären Stempel. Bei weiblichen Blüten sind die Segmente zu einem Kelch, mit 3-lappigen Tragblättern, verschmolzen. Die Sepalen sind meist nicht vorhanden, wenn sie vorhanden sind, sind sie mit dem Ovar verbunden. Das Ovar besteht aus zwei verschmolzenen Karpellen mit einer Samenanlage. Die Frucht ist eine große Nuss mit einer aufplatzenden und einer intakt bleibenden Hülle (STONE, 1993).



Abbildung 48 Beispiel einer Juglandaceae – A Zweig mit weiblichen Kätzchenblüten; B Weibliche Blüte; C Männliche Kätzchenblüten; D Männliche Blüte (STONE, 1993)

Verbreitung

Das früheste Diversitätszentrum im Oligozän und Miozän war Nordamerika, von wo aus sich die Familie ausbreitete. Allerdings kam es zu einer starken Reduktion der Arten am Ende des Pliozän bedingt durch eine Abkühlung des Klimas und die einsetzende Vergletscherung (KOZLOWSKI, BÉTRISEY & SONG, 2018). Das Verbreitungsgebiet der Juglandaceae erstreckt sich heute über die nördlich temperaten und subtropischen Regionen. Das Hauptverbreitungsgebiet sind jedoch die temperaten Regionen, wie Russland, das Kaukasusgebirge, Europa, Südostasien, und Nordamerika, mit Ausläufern über Mittel- und Südamerika (STONE, 1993). Auch das Zentrum der größten Gattungsdiversität liegt heute in Ostasien (KOZLOWSKI, BÉTRISEY & SONG, 2018).

Gattung Engelhardia

Die Gattung Engelhardia besteht aus fünf Arten (STONE, 1993). Im Tertiär war die Gattung von Nordamerika über Europa bis Asien sehr häufig (MAI, 1995). Heute erstreckt sich das Verbreitungsgebiet von Nordindien bis Ostindien, sowie Indochina, die ostindischen Inseln und Philippinen (STONE, 1993). Es bestehen somit nur einige wenige Rückzugsareale in Monsunisien und Mittelamerika (MAI, 1995).

Die Gattung *Engelhardia* besteht aus sommergrünen, seltener immergrünen, Bäumen. Die Blätter sind wechselständig. Die Infloreszenzen sind einzeln und bestehen aus vier Sepalen, die bis zur Spitze verwachsen sind. Die Stamen sind vier- bis dreizehn-zählig. Die Frucht ist ein Nüsschen mit drei Flügeln, wodurch der Samen weite Strecken durch die Luft gleiten kann, bevor er zu Boden sinkt (STONE, 1993).



Abbildung 29 Beispiel einer *Engelhardia* – A Fruchtender Zweig; B Frucht; C Männliche Blüte mit Stamen; D Männliche Blüte ohne Stamen (STONE, 1993)

8. 3. 7 Oleaceae

Systematik

Die Familie der Oleaceae aus der Ordnung der Laminales (STEVENS, 2001) ist eine weltweit verbreitete Familie mit 25 Gattungen und 600 Arten (GREEN, 2004). Auch nach HICKEY & KING (1988) sind es 600 Arten, jedoch werden diese in 29 Gattungen unterteilt.

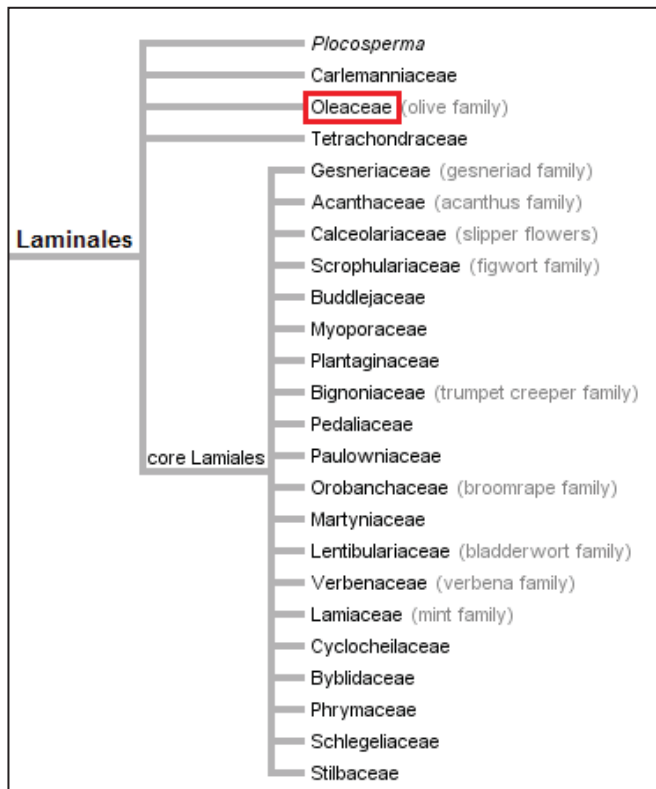


Abbildung 30 Stammbaum der Oleaceae (Tree of Life Web Project, 2002)

Allgemeine Merkmale

Bei der Familie der Oleaceae handelt es sich um Bäume, Büsche oder holzige Kletterpflanzen (GREEN, 2004). Die Blätter sind ganzrandig, gegenständig, einfach oder gefiedert (HICKEY & KING, 1988). Der Blütenstand ist zymös mit unisexuellen oder bisexuellen, in der Regel weißen, Blüten (GREEN, 2004). Die Blüten sind meist regelmäßig in ihrem Aufbau (HICKEY & KING, 1988). Die Kelchblätter sind wie die Kronblätter schmal und vier-lappig, bestehend aus vier miteinander verwachsenen Blütenblättern. Die Blüten besitzen meist zwei, selten auch vier, Stamen. Die Bestäubung wird von Insekten übernommen, daher besitzen einige Gattungen Blüten mit süßlichem Geruch (GREEN, 2004). Das Gynoceum besteht aus zwei miteinander verwachsenen Karpellen mit je zwei Samenanlagen pro Kammer. Zumeist handelt es sich bei den Früchten um fleischige Beeren oder fleischige Steinfrüchte, es sind allerdings auch Kapseln und Flügelnüsse möglich. Die Ausbreitungsart der Samen ist hier stark von der Frucht abhängig. Denn während Steinfrüchte und Beeren von Vögeln verbreitet werden, werden die Flügelnüsse vom Wind verfrachtet (GREEN, 2004).

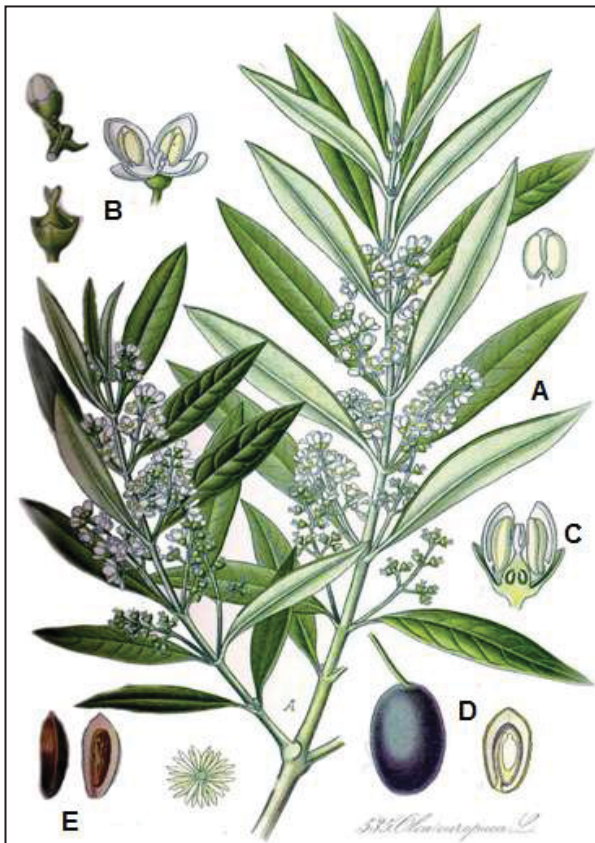


Abbildung 31 Beispiel einer Oleaceae – A Blühender Zweig; B Blüte;
C Blüte mit Fruchtknoten; D Steinfrucht; E Same (KÖHLER, 2001)

Verbreitung

Das Verbreitungsgebiet der Familie der Oleaceae erstreckt sich über die Tropen, sowie die temperaten Zonen (MAI, 1995). Es handelt sich somit um eine kosmopolitische Art, die ihren Verbreitungsschwerpunkt im temperaten und tropischen Asien hat (HICKEY & KING, 1988).

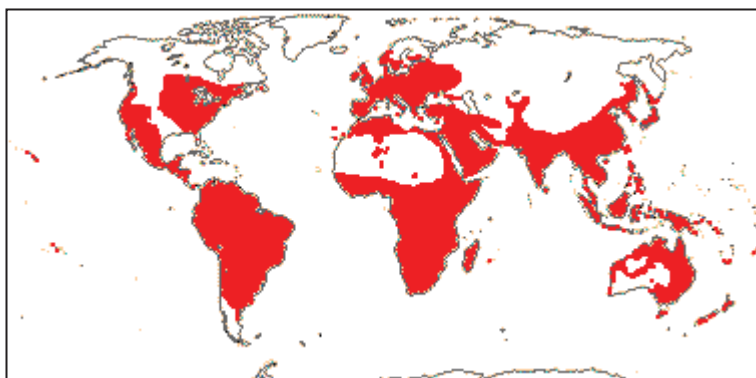


Abbildung 32 Verbreitungsgebiet der Oleaceae (STEVENS, 2001)

8. 3. 8 Platanaceae

Systematik

Die Familie der Platanaceae besteht aus einer einzigen Gattung, zwei Untergattungen (MAI, 1995) und insgesamt sieben Arten (KUBITZKI, 1993). Fossilfunde gehen bis in die Untere Kreide zurück (KUBITZKI, 1993).

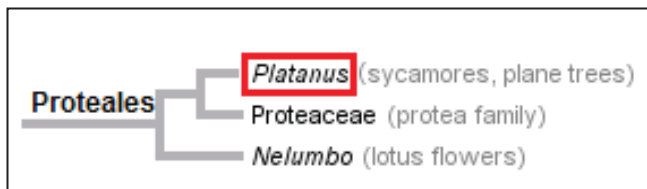


Abbildung 33 Stammbaum der Platanaceae (Tree of Life Web Project, 2002)

Allgemeine Merkmale

Bei der Familie der Platanaceae handelt es sich um hohe Bäume mit marmorierter Rinde, die in größeren Flocken abfällt (KUBITZKI, 1993). Die Blätter sind sommergrün und handförmig gelappt (CRONQUIST, 1981). Die Infloreszenz ist gestielt mit einem oder mehr kugelförmigen Köpfen, bestehend aus einer Vielzahl an unisexuellen Blüten (KUBITZKI, 1993). Die Blüten sind klein, unscheinbar und werden mit Hilfe des Windes bestäubt (CRONQUIST, 1981). Die Blütenhülle ist drei- oder vier-zählig mit freien Sepalen. In männlichen Blüten ist die Anzahl der Stamen und Sepalen gleich. Die weiblichen Blüten bestehen aus drei bis acht Karpellen in bis zu drei Wirteln mit einem oder zwei Samenanlagen. Die Frucht, die durch die Vielzahl der Karpelle der einzelnen weiblichen Blüten gebildet wird, ist kugelförmig zusammengedrängt. Jedes der Nüsschen dieser Frucht ist von langen Haaren umgeben (KUBITZKI, 1993).



Abbildung 34 Beispiel einer Platanaceae - A Blühender Zweig; B Männliche Blüte; C Stamen; D & E Weibliche Blüte; G Frucht (KUBITZKI, 1993)

Verbreitung

Platanaceae ist eine „ursprüngliche und archaische Familie“ (MAI, 1995), die vollständig laurasisch ist. Die Familie ist heute auf einige wenige kleine Verbreitungsgebiete, wie Auen und Galeriewälder, beschränkt (MAI, 1995). Das Verbreitungsgebiet reicht von Mexiko bis nach Kanada und von der östlichen Mittelmeerregion bis zum Himalaya Gebirge (CRONQUIST, 1981). Während sieben Arten in Nordamerika, Osteuropa und Westasien vorkommen, ist es in Südostasien nur eine einzige Art (KUBITZKI, 1993).



Abbildung 35 Verbreitungsgebiet Platanaceae (STEVENS, 2001)

8. 3. 9 Sapotaceae

Systematik

Die Familie der Sapotaceae ist nach PENNINGTONT (2004) eine pantropische Familie bestehend aus mehr als 1100 Arten, die in 53 Gattungen geordnet werden. Nach CRONQUIST (1981) jedoch besteht die Familie, die zur Ordnung der Ebenales gezählt wird, aus 70 Gattungen mit insgesamt 800 Arten. Fossilfunde belegen, dass die größeren Gruppen der der Sapotaceae bereits im Unteren Eozän auf allen Kontinenten vorhanden waren. Außerdem lässt sich an Hand von fossilen Pollenkörner nachweisen, dass diese den rezenten Vertretern schon sehr ähnlich waren (PENNINGTONT, 2004).

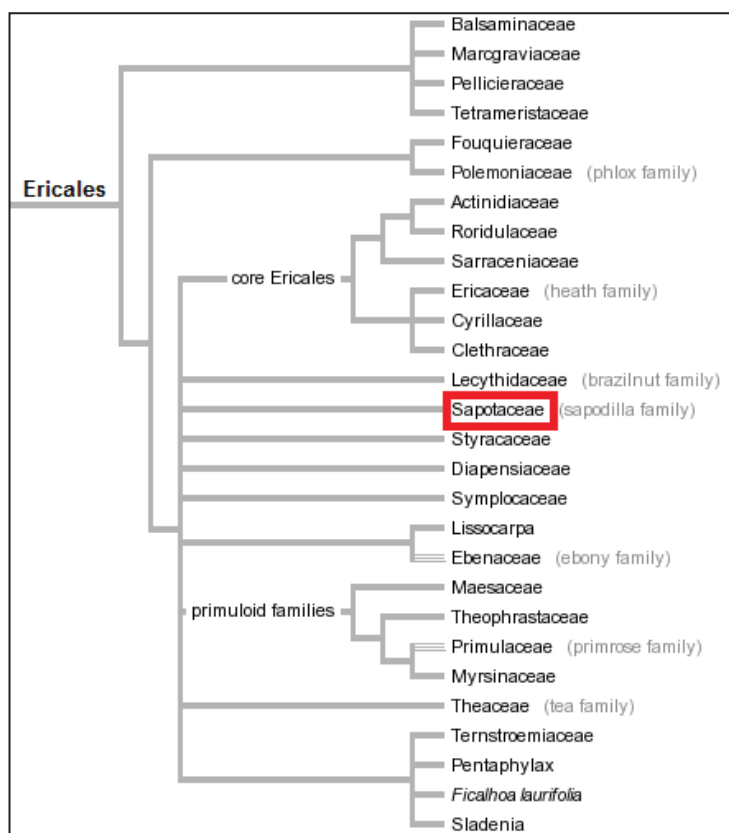


Abbildung 36 Stammbaum der Sapotaceae (Tree of Life Web Project, 2002)

Allgemeine Merkmale

Bei der Familie der Sapotaceae handelt es sich um hölzerne Pflanzen, wie Bäume, Büsche und Lianen. In den Stämmen, Ästen und Früchten der Pflanzen ist, meist weiße, Kautschukmilch vorhanden. Die ganzrandigen Blätter sind spiralförmig angeordnet oder wechselständig (PENNINGTONT, 2004). Die Blüten sind cymös gebündelt, einzeln oder axillär angeordnet (CRONQUIST, 1981). Die eher kleinen, unangenehm

riechenden Blüten sind entweder unisexuell oder bisexuell. Der Blütenkelch besteht aus einem Wirtel von vier bis sechs freien oder teils verwachsenen Sepalen. Die Kronblätter bestehen aus vier bis achtzehn teils zu einem Tubulus verwachsenen Petalen. In diesem sind vier bis fünfunddreißig Stamen angebracht. Die wichtigsten Bestäuber sind Insekten und Fledermäuse (PENNINGTONT, 2004). Der Fruchtknoten besteht aus einer bis fünfzehn Kammern, in denen ein oder mehrere Samen heranreifen. An der Basis des Ovars befindet sich ein ringförmiger Nektar ausscheidender Diskus. Die Frucht ist meistens eine Beere, jedoch seltener auch eine Steinfrucht mit fleischigem Perikarp. Die Verbreitung wird von Vögel und Primaten übernommen (PENNINGTONT, 2004).

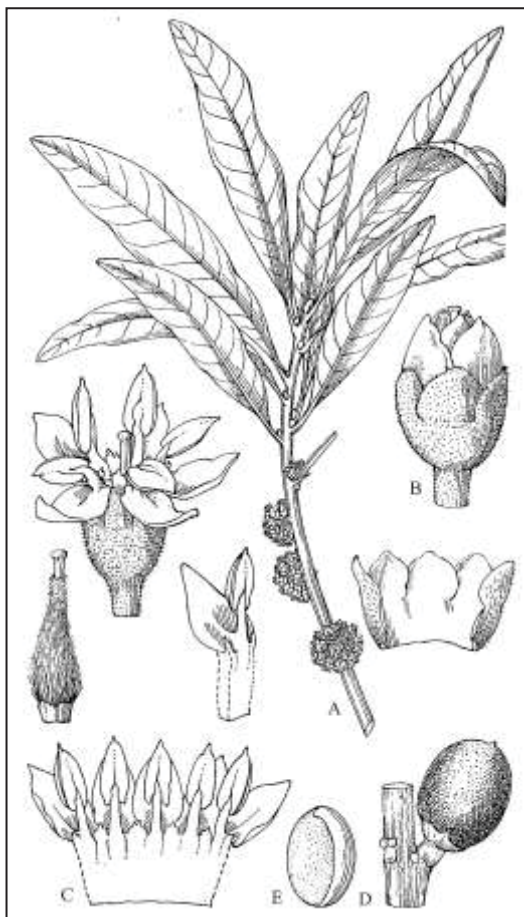


Abbildung 37 Beispiel einer Sapotaceae –
A Blühender Zweig; B Junge Blüte;
C Kronblätter mit Stamen; D Frucht;
E Samen (PENNINGTONT, 2004)

Verbreitung

Die Familie der Sapotaceae kommt vor allem in den Feuchtwäldern vor, wobei der Großteil der Arten auf den Regenwald des Tieflandes unterhalb von 1000m Seehöhe beschränkt ist. Einige Gattungen können jedoch auch in aride Gebiete vordringen. Daraus ergibt sich ein Verbreitungsgebiet, das sich über die tropischen Feuchtwälder von Mittel- und Südamerika, Afrika und Madagaskar bis nach Asien erstreckt. Während

die Zentren der Gattungs-Diversität in Afrika und Asien zu finden sind, sind die meisten Endemiten in Madagaskar und Neukaledonien beheimatet (PENNINGTONT, 2004).



Abbildung 38 Verbreitungsgebiet der Sapotaceae (STEVENS, 2001)

8. 3. 10 Symplocaceae

Systematik

Bei der Familie der Symplocaceae handelt es sich nach NOOTEBOOM (2004) um eine Familie, die nur aus der Gattung *Symplocos* mit 3200 Arten besteht. Nach CRONQUIST (1981) besteht diese Familie, die zur Ordnung der Ericales gezählt wird (NOOTEBOOM, 2004), allerdings nur aus 300 bis 400 Arten (CRONQUIST, 1981). Fossil ist die Gattung *Symplocos* seit dem Oberen Eozän von Nordamerika bis Ostasien zu finden. Außerdem gab es in Europa einige Vorkommen der Gattung, diese starben allerdings am Beginn des Pleistozäns durch eine langsame Abkühlung des Klimas aus (NOOTEBOOM, 2004).

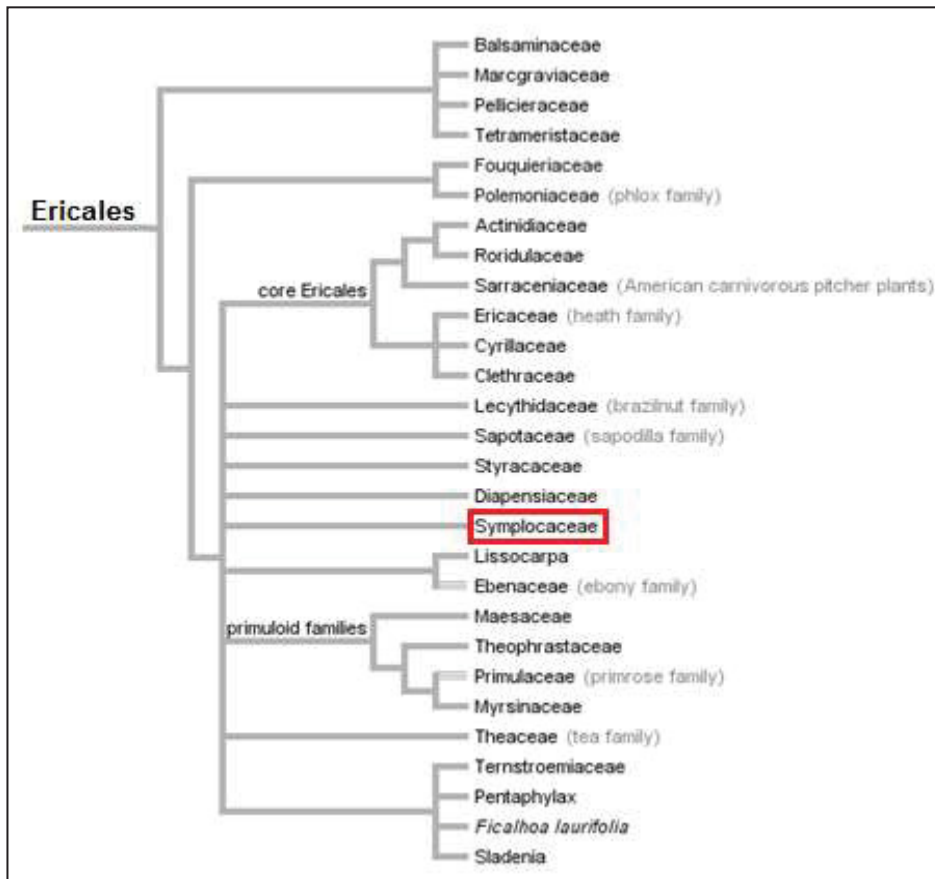


Abbildung 39 Stammbaum der Symplocaceae (Tree of Life Web Project, 2002)

Allgemeine Merkmale

Die einzige Gattung der Familie der Sapotaceae bildet immergrüne Bäume und Sträucher (MAI, 1995). Die Blätter sind spiralig an den Ästen angeordnet und besitzen einen ganzrandigen oder gezähnten Blattrand. Die Infloreszenz, die immer in der Achsel eines Blattes zu finden ist, ist ein Thyrsus, der allerdings zu einer einzelnen Blüte reduziert sein kann. Die Blüten sind meist bisexuell, können aber auch funktionell unisexuell sein. Dabei ist in den weiblichen Blüten die Anzahl der Stamen reduziert. Während in den männlichen Blüten der Stylus klein ist und keine Narbe besitzt (NOOTEBOOM, 2004). Die Kelchblätter und Kronblätter sind fünfzählig, während die Anzahl der Stamen vier bis fünf betragen kann. Außerdem ist ein fünf-lappiger Diskus vorhanden. Das Ovar besteht aus drei bis fünf Zellen, mit je zwei bis vier Samenanlagen pro Zelle. Die Frucht ist eine Steinfrucht mit einem fleischigen, korkigen oder holzigen Mesokarp. Das Endosperm der Steinfrucht enthält Fette und Stärke. Die Verbreitung dieser Früchte erfolgt hauptsächlich durch Vögel (NOOTEBOOM, 2004).

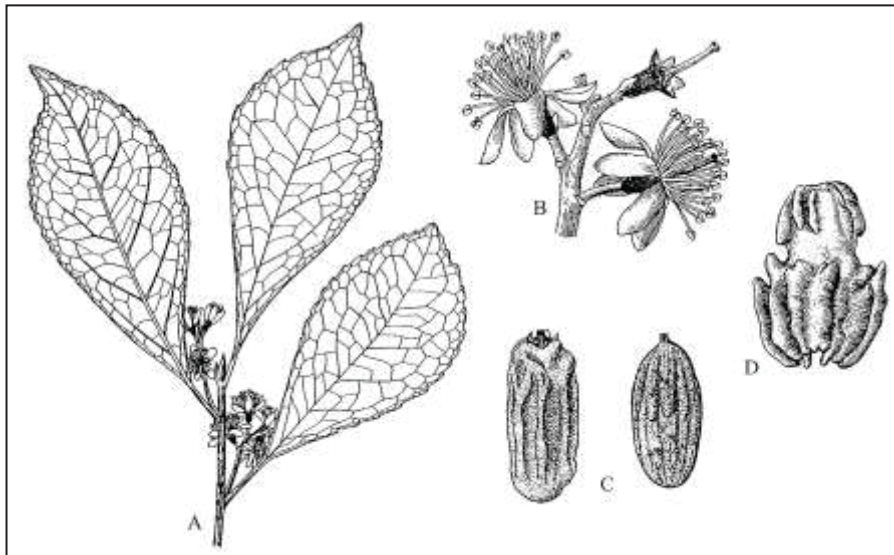


Abbildung 40 Beispiel einer Symplocaceae - A Blühender Zweig; B Blüte; C Frucht; D Samen (NOOTEBOOM, 2004)

Verbreitung

Die Familie der Symplocaceae ist in den tropischen und subtropischen Regionen von Asien, Australien und Amerika weit verbreitet. Sie bevorzugt dabei feuchte bis nasse immergrüne Regenwälder der Bergregionen. Zum Beispiel, ist sie in den feuchten Tropen der Neuen Welt mit 130 Arten vertreten, während es in Asien nur 2 Gattungen sind (NOOTEBOOM, 2004). Obwohl auch Afrika tropische Bereiche aufweist, ist die Familie nicht bis dorthin vorgedrungen (MAI, 1995).



Abbildung 41 Verbreitungsgebiet der Symplocaceae (STEVENS, 2001)

8. 3. 11 Theaceae

Systematik

Die Familie der Theaceae, die in die Ordnung der Ericales gehört (Tree of Life Web Project, 2002), wird nach CRONQUIST (1981) in vier Unterfamilien von recht unterschiedlicher Größe eingeteilt. Es handelt sich dabei insgesamt um 40 Gattungen und 600 Arten (CRONQUIST, 1981). Nach STEVENS (2004) wird die Familie der Theaceae in sieben Gattungen unterteilt, wobei die Anzahl der Familien zwischen 195 und 460 variiert. Bereits seit der späten Kreide sind Fossilien dieser Familie bekannt, wobei sie im Tertiär an Häufigkeit zunehmen (STEVENS, 2004).

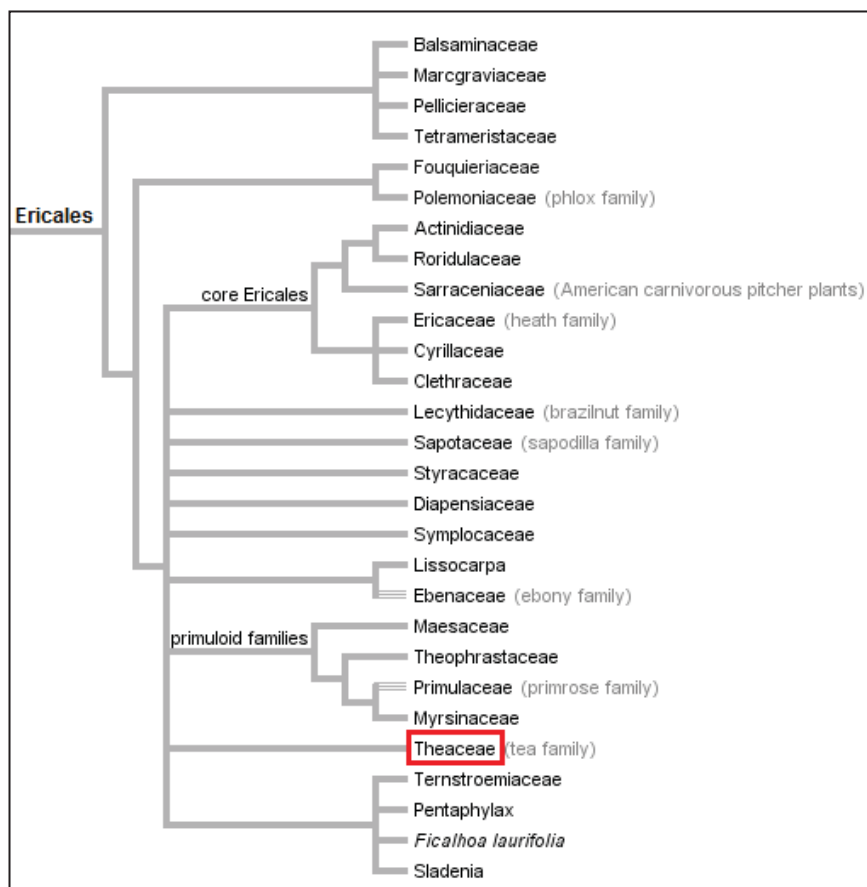


Abbildung 42 Stammbaum der Theaceae (Tree of Life Web Project, 2002)

Allgemeine Merkmale

Die Familie der Theaceae besteht hauptsächlich aus Bäumen oder Büschen, die Aluminium anreichern (STEVENS, 2004). Es sind jedoch auch einige wenige kletternde Stauden darunter (CRONQUIST, 1981). Das Laub ist oft immergrün und ledrig (HICKEY & KING, 1988), wobei die Blätter einfach sind und einen gezähnten Rand aufweisen (STEVENS, 2004). Die Blattstellung ist entweder alternierend

(HICKEY & KING, 1988) oder spiralig in ihrer Anordnung (STEVENS, 2004). Bei den Blüten handelt es sich um bisexuelle, große, auffällige Einzelblüten, die immer axillär stehen (STEVENS, 2004). Der Blütenkelch besteht aus fünf bis sieben Sepalen (HICKEY & KING, 1988), wobei diese oftmals noch bei den Früchten zu erkennen sind (STEVENS, 2004). Die Kronblätter bestehen aus fünf freien Petalen (HICKEY & KING, 1988). Die Anzahl der Stamen kann sehr stark variieren, liegt aber meist über 20. Die Bestäubung erfolgt mit Hilfe von Insekten, wobei Pollen als Belohnung dient, da kein Nektar vorhanden ist. Das Gynözeum besteht aus fünf Karpellen, die je zwei Samenanlagen beherbergen. Die Frucht ist entweder eine Steinfrucht oder eine fachspaltige Kapsel. Zumeist ist die Anzahl der Samen eher gering. Die Verbreitung dieser, manchmal geflügelten, Samen erfolgt durch den Wind (STEVENS, 2004).



Abbildung 43 Beispiel der Theaceae –
A Blühender Zweig; B Stamen;
C Gynözeum; D Frucht; E Samen
 (STEVENS, 2004)

Verbreitung

Die Familie der Theaceae ist in den tropischen und subtropischen Regionen verbreitet, wobei zwei Verbreitungszentren entstehen (CRONQUIST, 1981). Das östliche Verbreitungszentrum erstreckt sich von Südostasien bis nach Indomalaysia, während das westliche Verbreitungszentrum auf den Südosten der USA, die Karibik und die tropischen Gebiete Amerikas beschränkt ist. Die höchsten Artenzahlen gibt es jedoch in

den immergrünen Wäldern Südostasiens (STEVENS, 2004). Es gibt allerdings auch einige Arten, die in wärmeren temperaten Gebieten vorkommen (CRONQUIST, 1981).



Abbildung 44 Verbreitungsgebiet der Theaceae (STEVENS, 2001)

9 Conclusio

Bei der Untersuchung der Pollenprobe aus dem Haselbach in Deutschland lässt sich feststellen, dass neben einer Fülle an verschiedenen Angiospermenpollen und einer Gymnospermenart auch einige Sporen von Pflanzen wie Palmen und Farnen anzutreffen sind. Dieser Umstand lässt darauf schließen, dass Angiospermen die Dominanz unter den Landpflanzen hatten. Ein weiterer Hinweis darauf ist, dass die Angiospermen bereits in der Kreide die Vorherrschaft übernahmen, während die untersuchte Pollenprobe aus dem Eozän stammt, welches mehr als 40 Millionen Jahre später begann.

Außerdem lassen die fossilen Pollenkörner Rückschlüsse auf das damals herrschende Klima zu. So weist eine Vielzahl an Pollenfamilien auf temperate bis subtropische Bedingungen in Europa hin.

Die Kombination an lichtmikroskopischen und rasterelektronenmikroskopischen Untersuchungen zeigt eine große Diversität innerhalb der Pollenkörner der ausgewählten Familien. Außerdem ermöglichen rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen eine genauere Betrachtung der Exine und ihrer Skulpturelemente, während diese bei lichtmikroskopischen Aufnahmen nur schemenhaft zu erkennen sind. Diese Tatsache ermöglicht nicht nur eine bessere und umfangreichere Beschreibung der ausgewählten Pollenkörner, sondern auch in den meisten Fällen eine Zuordnung zu einer Gattung.

10 Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1: Geologische Zeitskala (Biologie Seite, 2019)
- Abb. 2: Pollenniederschlag (KLAUS, 1986)
- Abb. 3: Glycerinfläschchen (links), Probenfläschchen (rechts), Pollenabstriche, Nasenhaarmanipulator
- Abb. 4: LM Nikon Eclipse
- Abb. 5: Auflichtmikroskop (links) und Aufbewahrungsbehälter mit Tischchen (rechts)
- Abb. 6: Sputter Coat SC500 (links), Aufsicht auf den Behälter (mitte), Elektronenbeschuss (rechts)
- Abb. 7: JSM 6400 Scanning Electrone Microscope
- Abb. 8: Zwitterige Blüte eines Bedecktsamers (MARTIN, 2000)
- Abb. 9: Zyklus der Kryptogamen: 1 Sporen, 2 Gametophyt, 3 Befruchtung, 4 Sporen tragende Pflanze (ZANNA, 2015)
- Abb. 10: Schema des Wandaufbaus eines Pollenkorns bestehend aus: SP = Spinae; PE = Perforation; FO = Fovea; TE = Tectum; SE = Sexine; NE = Nexine; CO = Columella; PED = Pedium = Fußschicht (KLAUS, 1986)
- Abb. 11: Pollenprobe aus der Haselbacher Serie im LM
- Abb. 12: Stammbaum der Pinaceae (Tree of Life Web Project, 2002)
- Abb. 13: Verbreitungsgebiet Pinaceae (STEVENS, 2001)
- Abb. 14: Beispiel einer Cathaya – A Zweig mit Zapfen; B Zweigabschnitt; C Nadeln; D Samenschuppe und Samen; E Junger Zapfen (CHUNG & KUANG, 1958)
- Abb. 15: Stammbaum der Caprifoliaceae (Tree of Life Web Project, 2002)
- Abb. 16: Verbreitungsgebiet der Caprifoliaceae (STEVENS, 2001)
- Abb. 17: Beispiel eines Viburnum - A Blühender Zweig; B Blüte; C Fruchtstand; D Samen (KOLL, 2008)
- Abb. 58: Stammbaum der Cornaceae (Tree of Life Web Project, 2002)
- Abb. 19: Verbreitungsgebiet Cornaceae (STEVENS, 2001)

- Abb. 20: Beispiel einer Alangium – A Blühender Zweig; B Blüte; C Kronblätter mit Stamen; D Ovarium mit Nektarscheibe; E & F & G Frucht (KUBITZKI, 2004)
- Abb. 21: Beispiel einer Mastixia – A Blühender Zweig; B Teil der Infloreszenz; C Blüte aufgeschnitten; D Stamen; E Frucht (KUBITZKI, 2004)
- Abb. 22: Stammbaum der Ericaceae (Tree of Life Web Project, 2002)
- Abb. 63: Beispiel eines Rhododendron - A Blühender Zweig; B Stempel; C Stamen; D Knospenschuppen; F Vorblatt (STEVENS, 2004)
- Abb. 24: Stammbaum der Icacinaceae (Tree of Life Web Project, 2002)
- Abb. 75: Beispiel einer Icacinaceae - A Blühender Zweig; B Blütenknospe; C Blüte; D Antheren; E Gynözeum; F Frucht (POTGIETER & DUNO, 2016)
- Abb. 26: Verbreitungsgebiet der Icacinaceae (STEVENS, 2001)
- Abb. 27: Stammbaum der Juglandaceae (Tree of Life Web Project, 2002)
- Abb. 88: Beispiel einer Juglandaceae – A Zweig mit weiblichen Kätzchenblüten; B Weibliche Blüte; C Männliche Kätzchenblüten; D Männliche Blüte (STONE, 1993)
- Abb. 29: Beispiel einer Engelhardia – A Fruchtender Zweig; B Frucht; C Männliche Blüte mit Stamen; D Männliche Blüte ohne Stamen (STONE, 1993)
- Abb. 30: Stammbaum der Oleaceae (Tree of Life Web Project, 2002)
- Abb. 31: Beispiel einer Oleaceae – A Blühender Zweig; B Blüte; C Blüte mit Fruchtknoten; D Steinfrucht; E Same (KÖHLER, 2001)
- Abb. 32: Verbreitungsgebiet der Oleaceae (STEVENS, 2001)
- Abb. 33: Stammbaum der Platanaceae (Tree of Life Web Project, 2002)
- Abb. 34: Beispiel einer Platanaceae - A Blühender Zweig; B Männliche Blüte; C Stamen; D & E Weibliche Blüte; G Frucht (KUBITZKI, 1993)
- Abb. 35: Verbreitungsgebiet Platanaceae (STEVENS, 2001)
- Abb. 36: Stammbaum der Sapotaceae (Tree of Life Web Project, 2002)
- Abb. 37: Beispiel einer Sapotaceae – A Blühender Zweig; B Junge Blüte; C Kronblätter mit Stamen; D Frucht; E Samen (PENNINGTONT, 2004)
- Abb. 38: Verbreitungsgebiet der Sapotaceae (STEVENS, 2001)
- Abb. 39: Stammbaum der Symplocaceae (Tree of Life Web Project, 2002)

- Abb. 40: Beispiel einer Symplocaceae - A Blühender Zweig; B Blüte; C Frucht; D Samen (NOOTEBOOM, 2004)
- Abb. 41: Verbreitungsgebiet der Symplocaceae (STEVENS, 2001)
- Abb. 42: Stammbaum der Theaceae (Tree of Life Web Project, 2002)
- Abb. 43: Beispiel der Theaceae – A Blühender Zweig; B Stamen; C Gynözeum; D Frucht; E Samen (STEVENS, 2004)
- Abb. 44: Verbreitungsgebiet der Theaceae (STEVENS, 2001)

11 Literaturverzeichnis

- Biologie Seite. (2019): Fossil. <https://www.biologie-seite.de/Biologie/Fossil>. (14.9.2019).
- Biologie Seite. (2019): Geologische Zeitskala. https://www.biologie-seite.de/Biologie/Geologische_Zeitskala (14.9.2019).
- BISWAS, C. & JOHRI, M. B. (1997): Gymnosperms. New York: Narosa Publishing House.
- BOENIGK, J. & WODNIOK, S. (2014): Biodiversität und Erdgeschichte. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- CRONQUIST, A. (1981): An Integrated System of Classification of Flowering Plants. New York: Columbia University Press.
- GELDEREN, van D. M. (1986): Das große Buch der Koniferen. Berlin: Verlag Paul Parey.
- GREEN, P. S. (2004): Oleaceae. – In: KUBITZKI, K. & KADEREIT, J. W. (Hrsg.): The families and genera of vascular plants. Volume VII: Flowering Plants. Dicotyledons. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 296-306.
- HALBRITTER, H., ULRICH, S., GRÍMSSON, F., WEBER, M., ZETTER, R., HESSE, M., BUCHNER, R., SVOJTKA, M. & FROSCH-RADIVO, A. (2018): Illustrated Pollen Terminology. Second Edition. Switzerland: Springer.
- HICKEY, M. & KING, C. (1988): 100 families of flowering plants. (second edition). Cambridge: University Press.
- HOFMANN, U. & BITTRICH, V. (2016): Caprifoliaceae. – In: KUBITZKI, K., KADEREIT, J. W. & BITTRICH, V. (Hrsg.): The families and genera of vascular plants. Volume XIV: Flowering Plants, Eudicots. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 117-130.

- HUTCHINSON, J. (1969): Evolution of Flowering Plants. Dicotyledons: Facts and Theory. London and New York: Academic Press.
- JACOMET, S. & KREUZ, A. (1999): Archäobotanik. Aufgaben, Methoden und Ergebnisse vegetations- und agrargeschichtlicher Forschung. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer.
- KLAUS, W. (1986): Einführung in die Paläobotanik. Fossile Pflanzenwelt und Rohstoffbildung – Band 1: Grundlagen – Kohlebildung – Arbeitsmethoden / Palynologie. Wien: Franz Deuticke Verlagsgesellschaft.
- KOZLOWSKI, G., BÉTRISEY, S. & SONG, Y. G. (2018): Wingnuts (Pterocarya) & walnut family. Relict trees: linking the past, present and future. Fribourg, Switzerland: Natural History Museum Fribourg.
- KÖHLER, F. E. (2001): Köhlers Medizinal-Pflanzen in naturgetreuen Abbildungen und kurz erläuterndem Texte. Olea europaea. <http://caliban.mpipz.mpg.de/koehler/index.html> (20.10.2019).
- KUBITZKI, K. (2004): Cornaceae. – In: KUBITZKI, K. (Hrsg.): The families and genera of vascular plants. Volume VI: Flowering Plants. Dicotyledons. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 82-90.
- KUBITZKI, K. (1993): Platanaceae. – In: KUBITZKI, K., ROHWER, J. G., & BITTRICH, V. (Hrsg.): The families and genera of vascular plants. Volume II: Flowering Plants. Dicotyledons. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 521-522.
- Lexikon der Biologie: Eozän. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag. <https://www.spektrum.de/lexikon/biologie/eozaen/21717> (14.9.2019).
- MAI, D. H. (1995): Tertiäre Vegetationsgeschichte Europas. Methoden und Ergebnisse. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag.
- MAI, D. H. & WALTHER, H. (1978): Die Flora der Haselbacher Serie im Weißelster-Becken (Bezirk Leipzig, DDR). 1. Auflage. Band 28. Leipzig: VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie.
- MARTIN, H.J. (2000): Wildbienen: Ernährung, Sammelverhalten. <http://www.wildbienen.de/wbi-nahr.htm>. (14.9.2019).
- MOORE, P.D., WEBB, J.A. & COLLINSON, M.E. (1991): Pollen Analysis. (second edition). Oxford: Blackwell Scientific Publications.
- NOOTEBOOM, H. P. (2004): Symplocaceae. – In: KUBITZKI, K. (Hrsg.): The families and genera of vascular plants. Volume VI: Flowering Plants. Dicotyledons. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 443-449.
- PABST, A. M. (2013): Die Wunderwelt der Pollen. München: AT Verlag.
- PAGE, C. N. (1990): Pinaceae. – In: KUBITZKI, K., KRAMER, K. U. & GREEN, P. S. (Hrsg.): The families and genera of vascular plants. Volume I: Pteridophytes and Gymnosperms. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 319-331.

- PENNINGTON, T. D. (2004): Sapotaceae. – In: KUBITZKI, K. (Hrsg.): The families and genera of vascular plants. Volume VI: Flowering Plants. Dicotyledons. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 390-421.
- POTGIETER, M. J. & DUNO, R. (2016): Icacinaceae. – In: KUBITZKI, K., KADEREIT, J. W. & BITTRICH, V. (Hrsg.): The families and genera of vascular plants. Volume XIV: Flowering Plants, Eudicots. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 239-256.
- PUNT, W., BLACKMORE, S., NILSSON, S. & LE THOMAS, A. (1994): Glossary of pollen and spore terminology. LLP Foundation, Utrecht.
- STEVENS, P. F. (2001 onwards): Angiosperm Phylogeny Website. Version 14 July 2017 [and more or less continuously updated since]. Missouri; <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/> (26.9.2017).
- STEVENS, P. F. (2004): Ericaceae. – In: KUBITZKI, K. (Hrsg.): The families and genera of vascular plants. Volume VI: Flowering Plants. Dicotyledons. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 145-194.
- STEVENS, P. F. (2004): Theaceae. – In: KUBITZKI, K. (Hrsg.): The families and genera of vascular plants. Volume VI: Flowering Plants. Dicotyledons. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 463-471.
- STONE, D. E. (1993): Juglandaceae. – In: KUBITZKI, K., ROHWER, J. G., & BITTRICH, V. (Hrsg.): The families and genera of vascular plants. Volume II: Flowering Plants. Dicotyledons. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 348-358.
- STRAKA, H. (1975): Pollen- und Sporenkunde. Eine Einführung in die Palynologie. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag.
- STUPPY, W., KESSELER, R. & HARLEY, M. (2010): Die unglaubliche Welt der Pflanzen. Hildesheim: Gerstenberg Verlag.
- Tree of Life Web Project (2002): Adoxaceae. Version 1. <http://tolweb.org/Adoxaceae/20799> (26.9.2019).
- Tree of Life Web Project (2002): Asterids. Version 1. <http://tolweb.org/Asterids/20704> (26.9.2019).
- Tree of Life Web Project (2002): Cornales. Version 1. <http://tolweb.org/tolarchive/20719/20020101/Cornales.html> (26.9.2019).
- Tree of Life Web Project (2002): Ericales. Version 1. <http://tolweb.org/Ericales/20720> (26.9.2019).
- Tree of Life Web Project (2002): Ericales. Version 1. <http://tolweb.org/tolarchive/20720/20060309/Ericales.html> (26.9.2019).
- Tree of Life Web Project (2002): Ericales. Version 1. <http://www.tolweb.org/Ericales/20720> (26.9.2019).

- Tree of Life Web Project (2002): Fagales. Version 1. <http://tolweb.org/Fagales/21027> (26.9.2019).
- Tree of Life Web Project (2002): Lamiales. Version 1. <http://tolweb.org/Lamiales/20726> (26.9.2019).
- Tree of Life Web Project (2002): Pinaceae. Version 1. <http://tolweb.org/Pinaceae/21624> (30.9.2019).
- Tree of Life Web Project (2002): Proteales. Version 1. <http://tolweb.org/Proteales/20708> (26.9.2019).
- WALTER, R. (2016): Erdgeschichte. Die Geschichte der Kontinente, der Ozeane und des Lebens. (7. Auflage). Stuttgart: Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung.
- ZANNA (2015): Fortpflanzung. http://moodleemb.square7.ch/mediawiki-1.18.6/index.php?title=Datei:Slide_5.jpg. (14.9.2019).
- ZETTER, R. (1989): Methodik und Bedeutung einer routinemäßig kombinierten lichtmikroskopischen und rasterelektronenmikroskopischen Untersuchung fossiler Mikroflora. – In: Courier Forschungsinstitut Senckenberg 109, 41-50.