



universität
wien

DIPLOMARBEIT / DIPLOMA THESIS

Titel der Diplomarbeit / Title of the Diploma Thesis

Pollenmorphologische Analyse der Altingiaceae,
Aquifoliaceae, Araceae, Araliaceae, Buxaceae,
Caprifoliaceae, Convolvulaceae, Icacinaceae,
Loranthaceae, Oleaceae, Poaceae, Restionaceae und
Thymelaeaceae aus der eozänen Fundstelle Profen

verfasst von / submitted by

David Klaus Gröbner, BSc, MSc

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree of
Magister der Naturwissenschaften (Mag.rer.nat.)

Wien, 2016/ Vienna 2016

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

A 190 445 412

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

Lehramtsstudium UF Biologie und Umweltkunde
UF Physik

Betreut von / Supervisor:

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

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen bedanken, die mir dabei geholfen haben, diese Arbeit zu schreiben. Dies sind vor allem Herr Zetter, der mich auf das Thema aufmerksam gemacht hat und mich immer unterstützt hat, auch wenn vieles andere zu erledigen war. Auch bedanken möchte ich mich bei Herrn Grimsson, der mir dabei geholfen hat, die Abbildungen zu bearbeiten und hilfreiche Literatur zur Verfügung gestellt hat.

Besonderen Dank möchte ich auch meinen Eltern, Christa und Manfred, aussprechen, die mir dieses Studium ermöglicht haben und mich immer unterstützt haben – auch wenns ein bisschen länger gedauert hat. Dies gilt auch für meinen Bruder Bernhard mit Familie und meinen Großeltern Berta, Pepi, Hilda und Kaspar.

Nicht vergessen möchte ich auch den Beitrag meiner Freunde zu dieser Arbeit. Allzu oft wurde ich zwar von diesen abgelenkt, aber diese Pausen waren auch notwendig. Danke euch Laurin, Klaus, Conny, Omar, Frosti und co.

Und dann noch einen riesen Dank an meine Freundin Zeynep. Ohne sie hätte sich die Fertigstellung dieser Arbeit auf unbestimmte Zeit verzögert. Danke dir nicht nur für das Korrekturlesen und die Verbesserungsvorschläge, sondern auch für die Zeit und den Platz zum Arbeiten und Schreiben und die vielen, vielen Kuchen, die als Stärkung während des Schreibens dienten. Einfach vielen DANK!

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung.....	4
Einleitung.....	5
Paläogeographische und klimatische Bedingungen.....	5
Araceae, Jussieu	7
Poaceae, Barnhart	8
Restionaceae, Brown.....	10
Altingiaceae, Horaninow	11
Aquifoliaceae, Berchtold und Presl	12
Araliaceae, Jussieu.....	13
Buxaceae, Dumortier.....	14
Caprifoliaceae, Jussieu	16
Convolvulaceae, Jussieu	17
Icacinaceae, Miers	18
Loranthaceae, Jussieu	19
Oleaceae, Hoffmannsegg und Link.....	20
Thymelaeaceae, Jussieu	22
Material und Methoden	24
Terminologie	27
Ergebnisse	34
Monocotyle Pflanzen.....	34
Dicotyle Pflanzen	35
Diskussion.....	42
Schlussfolgerung.....	45
Literaturverzeichnis.....	46
Anhang	55

Zusammenfassung

In dieser Arbeit liegt eine pollenmorphologische Beschreibung ausgewählter Pflanzenfamilien aus der Fundstelle Profen, Sachsen-Anhalt, Deutschland aus dem späten Eozän vor. Der Fokus liegt dabei auf den Familien Araceae, Poaceae, Restionaceae, Altingiaceae, Aquifoliaceae, Araliaceae, Buxaceae, Caprifoliaceae, Convolvulaceae, Icacinaceae, Loranthaceae, Oleaceae und Thymelaeaceae. Vertreter dieser Familien wurden sowohl im Lichtmikroskop (LM) als auch im Rasterelektronenmikroskop (REM) abgebildet, beschrieben und wenn möglich, bis auf Gattungsniveau bestimmt. Die Bestimmung stützt sich sowohl auf fossiles wie auch rezentes Material aus der Literatur. Bei den untersuchten Familien handelt es sich vielfach um in den Tropen und Subtropen vorkommende Pflanzenfamilien. Obwohl diese Arbeit keine umfassende Taxabeschreibung aus der Fundstelle liefert, so ähneln jene beschriebenen Taxa sehr denen, die auch in rezenten paratropischen Regenwäldern in Südostasien vorkommen.

Abstract

In this work, a pollenmorphological description of selected plant families from a late eocene stratum from the site Profen, Sachsen-Anhalt, Germany is given. The plant families are Araceae, Poaceae, Restionaceae, Altingiaceae, Aquifoliaceae, Araliaceae, Buxaceae, Caprifoliaceae, Convolvulaceae, Icacinaceae, Loranthaceae, Oleaceae and Thymelaeaceae. Specimens from those families are photographed in lightmicroscop (LM) as well as in scanning electron microscope (SEM). Further the specimens were described and determined to a best possible taxonomic level. The material from this work is compared and determined to described material from literature. The families named above are very common in the tropics and subtropics. Although, this work does not provide a comprehensive description of the occurring taxa at the site at Profen, the described taxa show similarities to paratropic rainforests in South-East Asia.

Einleitung

Das Klima im Eozän unterscheidet sich deutlich vom heutigen Klima. Dies trifft auch auf Mitteleuropa zu. Hinweise darauf geben neben Isotopendaten und marinen Mikrofossilien auch terrestrische Mikrofossilien in Form von Sporen und Pollen. Daraus lässt sich die Vegetation rekonstruieren und mit rezenten Pflanzenvergesellschaftungen vergleichen. Ein solcher Vergleich kann - unter anderem - auch Rückschlüsse auf die klimatischen Bedingungen geben. Neben dieser klimatischen Rekonstruktion ist die Kenntnis um vergangene Pflanzenvergesellschaftungen auch wichtig, wenn es um die Erklärung von Verbreitungsmustern von Pflanzengruppen, auch im Hinblick auf Reliktvorkommen, geht.

Für die Bestimmung der Sporen oder Pollen eignet sich die kombinierte Betrachtung und Beschreibung im LM und REM. Gerade die Bedeutung des REM ist in Ferguson et al. (2007) hervorgehoben. Dadurch lässt sich eine zum LM deutlich größere Vergrößerung und Auflösung erreichen und somit werden Strukturen sichtbar, die im LM nur ungenügend oder gar nicht zu erkennen sind. Die Bedeutung der lichtmikroskopischen Untersuchung ist jedoch ebenso wichtig, da sich auch innere Strukturen erkennen lassen. Dies betrifft gerade die Pollenwand. Die Struktur dieser ist im REM nur selten zugänglich.

Paläogeographische und klimatische Bedingungen

Das Eozän umfasst eine Zeitspanne von 23 Millionen Jahren (56 Ma – 33,9 Ma, siehe Anhang). Der Atlantik öffnet sich weiter, während Australien, von der Antarktis abgekoppelt, sich weiter in Richtung Äquator bewegt. Indien kollidiert vor ungefähr 50-40 Ma mit Eurasien (Tan et al., 2010). Große Teile der Landmasse des heutigen Europas liegen noch unter dem damaligen Meeresspiegel und Land kommt größtenteils in Form von Inseln und Halbinseln vor. Es befindet sich geografisch jedoch annähernd in derselben Position wie heute (siehe Abbildung 1).

Das Klima im Eozän ist geprägt durch ein globales Treibhausklima, also von im Vergleich zu heute sehr hohen Temperaturen, bedingt durch einen erhöhten CO₂-Gehalt der Atmosphäre. Auf dem Festland gibt es kaum Vereisungen, außer am Ende des Eozäns in der Arktis (Eldrett et al., 2004) und Antarktis (Coxall et al., 2005). Zusammen mit dem Paläozän, gilt das Eozän als eines der wärmsten Perioden im Känozoikum, jedoch kommt es im Vergleich zum auslaufenden Paläozän, mit dem Paleocen-Eocene Thermal Maximum (PETM, Röhl et al., 2007), zu einer leichten, stetigen Abkühlung, unterbrochen von kleineren Temperatur Optima (Lenz et al., 2011). Diese Abkühlung gipfelt im

Eocene-Oligocene Turnover (EOT, Kvacek et al., 2014) am Ende des Eozäns und der Ausbildung des antarktischen Eisschildes im Oligozän (Barrett, 1996; Prothero und Berggren, 1992). In Bodiselitsch et al. (2004) wird der Effekt von mehreren kleineren Impaktereignissen am Ende des Eozän diskutiert, was die globale Abkühlung verursacht bzw. dazu beigetragen haben soll.

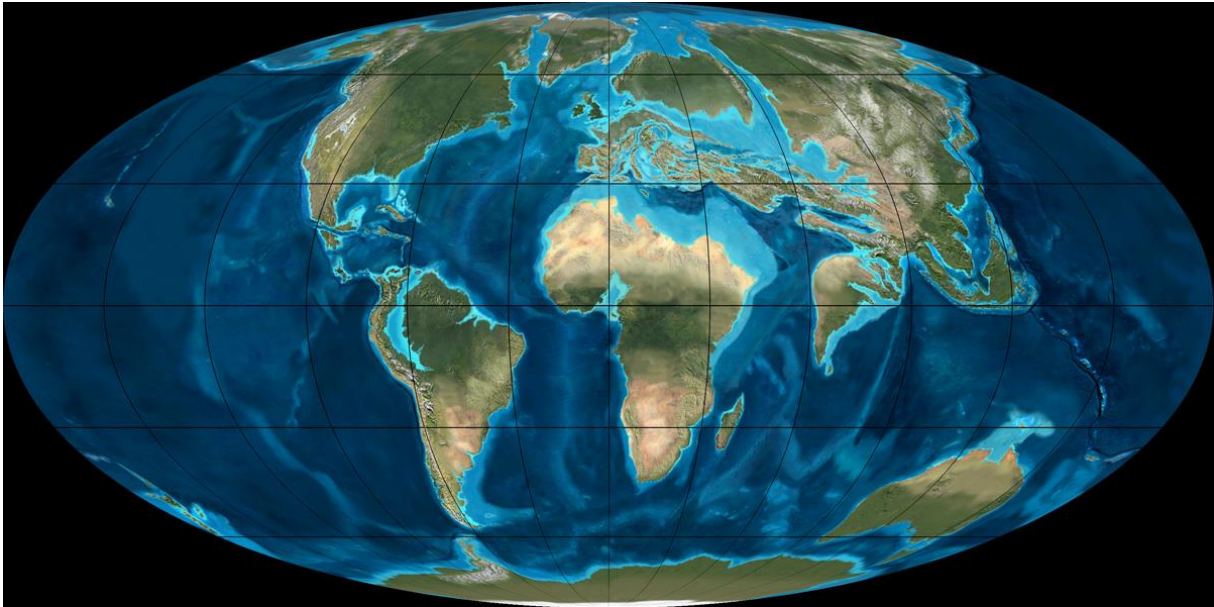


Abbildung 1: Paläogeographische Karte des Eozäns nach Varner, 2009

Pantropische Regenwälder erstrecken sich im Eozän auf Grund des sehr warmen Klimas weit in höhere Breiten der Nord- und Südhemisphäre (Wolfe, 1985). Subtropische Wälder erstrecken sich sogar bis zu 60° nördlicher Breite (Harrington, 2001). Mit dem EOT ist auch eine massive Migration von Florenelementen aus kühleren Gebieten zu beobachten (Kvacek und Walther, 2001; Kvacek et al., 2014). Die Untersuchung von Makrofossilien aus Deutschland aus dieser Zeit zeigen Ähnlichkeiten zu den heutigen subtropischen bis warm-temperaten Wäldern in Ost- und Südost Asien (Moraweck et al., 2015).

Araceae, Jussieu

Die Familie der Araceae gehört zur Ordnung der Alismatales (Dumortier) und somit zur Gruppe der monocotylen Pflanzen. Nach Engler (1920, modifiziert von Bogner, 1978 und Nicolson, 1984) lässt sich diese Familie in acht Unterfamilien gliedern. Rezent werden 104 Gattungen und über 3300 verschiedene Arten (Mayo et al., 2015) den Araceen zugeschrieben. Vermutlich handelt es sich hier um eine alte und monophyletische Gruppe.

Habitus und Verbreitung

Die Araceae weisen eine große Bandbreite an vegetativen wie auch generativen Merkmalen auf und sind ihrerseits sehr divers in der Ausprägung ebendieser. Meist handelt es sich um terrestrisch wachsende krautige Pflanzen, welche jedoch sehr stark in der Größe (von sehr kleinen Pflanzen bis hin zu sehr großen) variieren können und sowohl als Geophyten, Epiphyten oder Kletterpflanzen vorkommen. Ein hoher Anteil bevorzugt feuchte Umgebungen, aquatische Formen sind jedoch selten. Araceae sind durchwegs insektenbestäubt. Diese Familie kommt auf allen Kontinenten (außer Antarktis) vor, weist jedoch ihre höchste Konzentration in den Tropen Amerikas, Südasiens und Afrikas auf (siehe Abbildung 2). Nur sehr wenige Gattungen reichen bis in die nördlichen temperaten Zonen und keine Vertreter sind in den südlichen temperaten Zonen zu finden. Viele der vorkommenden Arten sind in den jeweiligen Regionen endemisch.

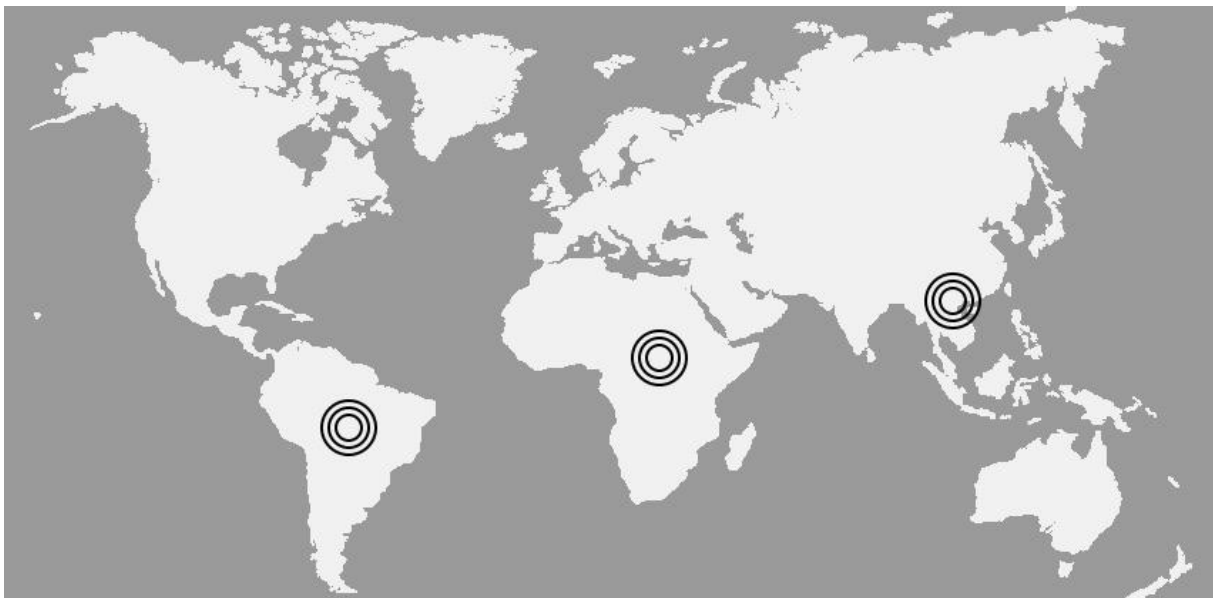


Abbildung 2: Diversitätszentren der Araceae.

Pollenmorphologie

Die äußere Form der Araceen Pollenkörner ist meist rundlich bis elliptisch oder „hamburger“-förmig. Die Größe kann stark variieren zwischen 12 und 100 µm. Üblicherweise kommen die Pollen einzeln als Monaden vor. Die Keimstellen sind entweder als Sulcus oder ringförmig um den Äquator ausgebildet oder gar nicht vorhanden. Die sulcaten Formen können monosulcat als auch bisulcat sein, wobei die Keimstellen sehr ausgeprägt sein können oder auch sehr unscheinbar. Sehr konservative Gattungen sind gewöhnlich sulcat, wohingegen inaperturate Formen (z.B.: *Spathiphyllum*) eher als basales Merkmal angesehen werden (Mayo et al., 2015). Die Skulpturelemente der Exine sind sehr verschieden und können psilat, scabrat, foveolat, reticulat, echinat, fossulat, verrucate, areolat, rugulat oder striat sein. Araceen bilden vielseitige Pollen aus, sowohl was Struktur- und Skulpturelemente betrifft, wie auch im Material (Sporopollinin, Zucker) (Weber et al., 1999; Hesse et al., 1999), was verwendet wird.

Fossile Belege

Großfossilien, wie Blätter (Wilde et al., 2005), Samen und Früchte, kennt man schon ab dem Eozän. Eine detaillierte Studie von eozänen Araceenblättern aus Europa ist in Wilde et al. 2005 zu finden. Inaperturate, plicate Pollenkörner, welche jenen *Spathiphyllum*-Formen gleichen, kennt man schon aus dem Paläozän. Fossile Pollenkörner der „hamburger“-Form aus dem Eozän von Österreich (Krappfeld) sind in Zetter et al. (2001) beschrieben. Hierbei ist zu beachten, dass Araceen Pollenkörner aus den oben genannten Gründen vielfach nicht oder nur schlecht erhaltungsfähig sind.

Poaceae, Barnhart

Die Poaceae gehören zur Ordnung der Poales (Small) und somit zu den Monocotylen. Mit ungefähr 770 Gattungen und mehr als 12 000 unterschiedlichen Arten ist sie eine der diversesten Gruppen innerhalb der Blütenpflanzen. Die große Diversifikation und Ausbreitung dieser Gruppe erfolgte im Laufe des Miozäns und geht vermutlich mit der Evolution großer grasender Säugetiere einher. Poaceae sind eine der ältesten wie auch heute noch wichtigsten Nutzpflanzen für den Menschen.

Habitus und Verbreitung

Poaceae weisen ein typisches „grasförmiges“ Aussehen mit Nodien und Internodien auf und sind krautig, können in der Größe jedoch stark variieren. Einige Vertreter, wie Bambus, können auch verholzen. Vertreter dieser Familie sind auf allen Kontinenten und in allen Klimazonen zu finden (Abbildung 3).

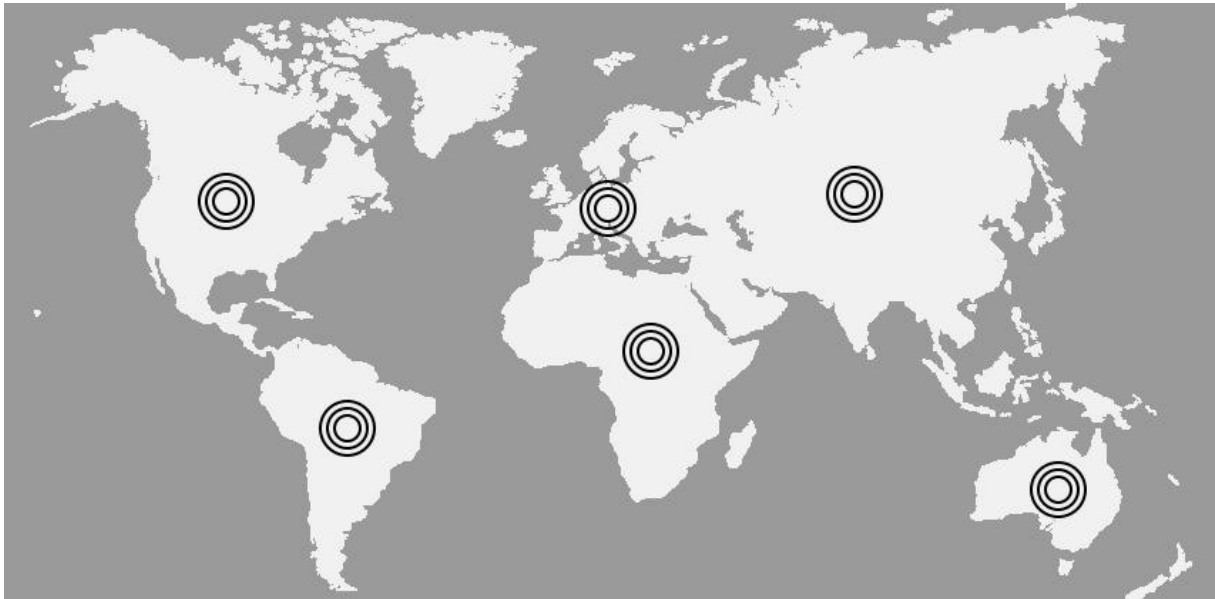


Abbildung 3: Verbreitungsgebiet der Poaceae, heute weltweit.

Pollenmorphologie

Poaceae Pollenkörner sind sphäroidal, ulcerat mit einem Annulus und unterscheiden sich in Größe, Oberflächentextur und Größe des Annulus. Eine Unterscheidung der Untergruppen anhand der oben beschriebenen Merkmale ist sehr schwierig (siehe dazu Mander et al., 2013) jedoch werden besonders große Pollenkörner den Cerealien zugeordnet.

Fossile Belege

Die ersten fossilen Belege stammen aus der Kreide. Phytolithe aus Dinosaurierzeit belegen, dass diese Gräser schon damals den Tieren als Nahrung dienten, wenn auch nicht in dem Umfang, wie heute (Piperno und Sues, 2005). Pollenkörner sind häufig in fossilen Proben zu finden und werden oft für eine paläoklimatische Rekonstruktion im Hinblick auf Feuchtigkeit herangezogen (Bush, 2002). Dieser Ansatz eignet sich ab dem Miozän, also jener Zeit, in der Gräser sehr häufig werden, und besonders im Quartär.

Restionaceae, Brown

Wie die Poaceae, gehören auch die Restionaceae zur Ordnung der Poales. Die Anzahl der Gattungen beträgt 64 mit 545 unterschiedlichen Arten, wobei sich diese Zahl von Autor zu Autor unterscheidet.

Habitus und Verbreitung

Das Aussehen der Restionaceae gleicht dem der Poaceae, also krautigen Pflanzen mit Nodien und Internodien, wobei die Blätter oft stark reduziert sind. Rezent kommen diese Pflanzen nur noch auf der Südhalbkugel vor. Die Diversitätszentren liegen in Südafrika, wo sie einen wichtigen Bestandteil der Kap-Flora (Goldblatt und Manning, 2000) ausmachen, Madagaskar, Australien mit Neuseeland und Tasmanien sowie in Malaysia und im südlichen Teil von Südamerika (siehe Abbildung 4). Dort übernehmen sie die Rolle der dort ursprünglich kaum verbreiteten Poaceae ein.

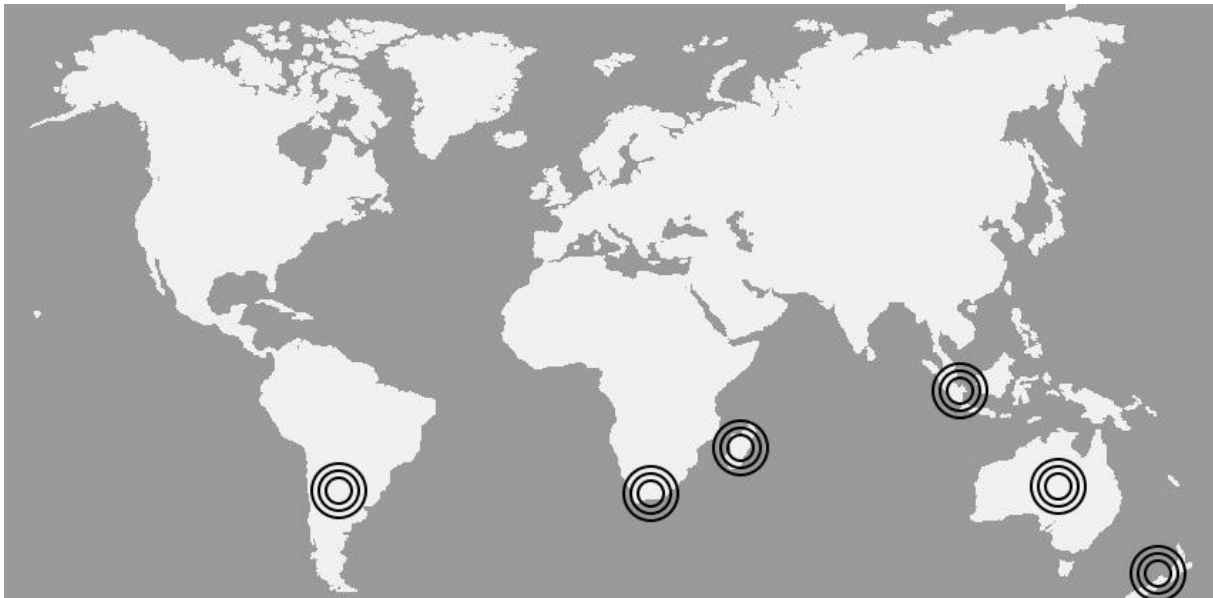


Abbildung 4: Diversitätszentren der Restionaceae.

Pollenmorphologie

Pollen der Restionaceae sind in der Regel ulcerat. Chanda (1966, 1967) unterscheidet hierbei zwei verschiedene morphologische Typen. Dies ist zum einen der zentrolepidoide Typ, welcher sich durch eine irreguläre Form, eine große Keimstelle und einem lockeren Ring von Granulae, welcher die Apertur umschließt, kennzeichnet und den graminoiden Typ, der eine kleine zirkuläre Apertur besitzt, wobei ein Annulus oder ein Operculum vorhanden sein kann oder nicht. Chanda (1966) geht davon aus, dass der graminoiden Typ die fortgeschrittenere Version darstellt und in Afrika zu finden ist, während die zentrolepidoide Form, in Australien vorkommend, ursprünglich ist.

Fossile Belege

Fossile Pollenkörner, die den Restionaceae zugeordnet werden können, sind schon aus der späten Kreide bekannt. Dieser Zeitbereich deckt sich mit molekulargenetischen Daten (Linder et al., 2003). Es scheint wahrscheinlich, dass sich diese Familie im australischen Teil von Gondwana entwickelte, was sich mit den Ergebnissen von Chanda (1966) deckt.

Altingiaceae, Horaninow

Die Altingiaceae umfassen die Gattungen *Altingia*, (Norona) *Liquidambar* (Linne) und *Semiliquidambar* (Chang) mit insgesamt zehn Arten (Watson und Dallwitz, 2016)). Ickert-Bond und Wen (2013) stellen diese Unterteilung in Frage und fassen die genannten Gattungen *Altingia* und *Semiliquidambar* zu einer Gattung *Liquidambar* zusammen. Die Familie gehört zur Ordnung der Saxifragales (Berchtold und Presl). Früher wurden die oben genannten Gattungen zur Familie der Hamamelidaceae (Brown) zugeordnet, jedoch werden nach Magallon et al., (1999) die Altingiaceae eindeutig als eigene Familie betrachtet.

Habitus und Verbreitung

Bei den Altingiaceae handelt es sich um baumförmige Pflanzen. Die Pflanzen sind vorwiegend windbestäubt. Heute sind Vertreter dieser Familie in Asien und Nordamerika zu finden, wobei sie eine disjunkte Verbreitung aufweisen. Am häufigsten kommen Altingiaceae (*Altingia*, *Semiliquidambar*) in tropischen, subtropischen und warm-temperaten Gebieten im östlichen Asien vor. *Liquidambar* ist in temperaten Zonen der nördlichen Hemisphäre (Nordamerika) zu finden.

Pollenmorphologie

Die Pollen der Vertreter der Altingiaceae sind sphäroidal und weisen viele Poren auf (pantopora). Die Poren sind rundlich und oftmals von einer Membran verdeckt. Als Oberflächenskulpturierung kommt ein feines Netz (Microreticulum) oder ein perforates Tectum mit Microechinae vor. Die Wandstruktur ist tectat-columellat, wobei die Columellae in *Liquidambar* dünn und kurz sind und in *Altingia* dicker (Zavada und Dilcher, 1986).

Fossile Belege

Die frühesten fossilen Belege der Familie Altingiaceae stammen aus der späten Kreide (Herendeen et al., 1999; Zhou et al., 2001). Fruchtstände, welche der Gattung *Steinhauera* (Presl) zugeordnet werden können, sind weit verbreitet in eozänen Fundstellen Europas (Mai, 1968). Ebenso kennt man die Gattung *Liquidambar* seit dem Eozän (Ferguson, 1989). Sehr häufig werden Vertreter dieser Familie im Miozän und kommen neben dem heutigen Verbreitungsgebiet (Nordamerika und

Ostasien) auch noch in Europa vor (Pigg et al., 2004). Dort sind Reste von Altingiaceen noch bis in das Pliozän zu finden, verschwinden jedoch danach.



Abbildung 5: Diversitätszentren der Altingiaceae, vorwiegend in Südost Asien, Liquidambar in Nordamerika.

Aquifoliaceae, Berchtold und Presl

Die Aquifoliaceae sind eine Familie innerhalb der Ordnung der Aquifoliales (Senft). Es gibt nur eine Gattung, nämlich *Ilex* (Linne) Diese weist jedoch mit bis zu 600 Arten eine große Vielfalt auf.

Habitus und Verbreitung

Aquifoliaceae, oder *Ilex*, kommen als Sträucher oder Bäume vor, mit einer vorwiegenden Verbreitung in den Tropen und warm-temperaten Gebieten. Die Diversitätszentren liegen in Ost-Asien und Südamerika, kommen aber sowohl andernorts in Asien, Amerika (Nordamerika und Zentralamerika) und vereinzeln in Europa, Afrika und Australien vor, sowie in der Karibik (siehe Abbildung 6).

Pollenmorphologie

Pollen von *Ilex* sind tricolporat und weisen durchschnittlich eine Größe von 30-40 µm auf. Auffallend sind diese vor allem durch die ausgeprägten Clavae, wobei es sich hier um Columellae mit oder ohne Skulptur handelt (Punt und Schmitz, 1981).

Fossile Belege

Die Gattung *Ilex* ist anhand von fossilen Pollen aus Australien und der Antarktis schon seit der Kreide bekannt (Martin, 1977) und scheint weit verbreitet zu sein mit Beginn des Paläogens (Cronquist, 1988). Ein Ursprung auf Gondwana scheint wahrscheinlich (Raven und Axelrod, 1974). Auffällig ist dabei, dass Makrofossilien dieser Familie im Tertiär hauptsächlich auf der Nordhemisphäre zu finden

sind und auf der Südhalbkugel erst ab dem Pliozän auftauchen (Manen et al., 2002). Blattfossilien aus dem Miozän sind in Li et al. (2010) beschrieben.

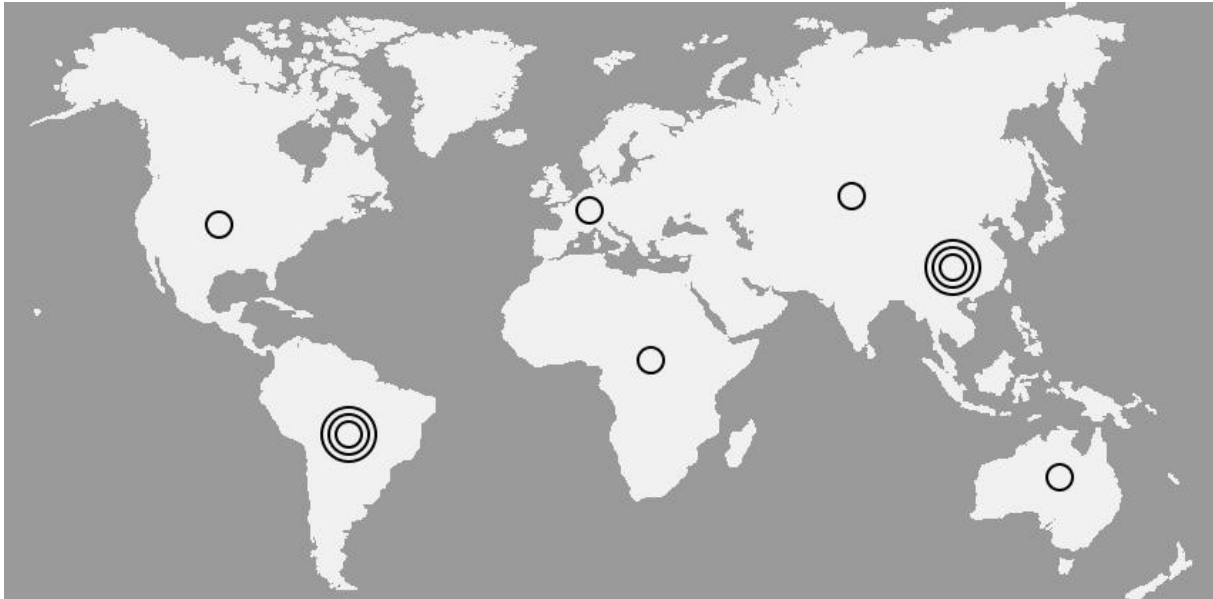


Abbildung 6: Diversitätszentren der Aquifoliaceae

Araliaceae, Jussieu

Die Araliaceae werden der Ordnung der Apiales (Nakai) zugeordnet. Sie umfassen 55 Gattungen mit 1500 Arten. Vielfach finden Vertreter dieser Familie, wie etwa die Gattung *Panax* (Hill), Verwendung in der Medizin.

Habitus und Verbreitung

Als Wuchsformen kommen sowohl Bäume, Sträucher oder Kletterpflanzen vor, sowie auch vereinzelt krautige Vertreter. Ihr Hauptverbreitungsgebiet liegt in den Tropen und Subtropen Süd- und Südostasiens, jedoch gibt es auch Vertreter, die in temperaten Klimaten vorkommen, wie etwa *Aralia* (Linne) *Panax* oder *Hedera* (Linne) (siehe Abbildung 7).

Pollenmorphologie

In der Polansicht weisen die meisten Araliaceen eine leicht dreieckige Form auf, wohingegen sie in der Äquatorialansicht eine rhombische Form haben. Die Oberfläche ist reticulat (Van Helvoort und Punt, 1984). Eine Untersuchung eozäner Pollen aus Österreich und England von verschiedensten Familien, unter anderem der Araliaceae, sind in Hofmann et al. (2015) gegeben. Die in Westeuropa vorkommende Gattung *Hedera* wird im Hinblick auf die Pollenmorphologie in Van Helvoort und Punt (1984) behandelt.



Abbildung 7: Diversitätszentren der Araliaceae, vereinzelt auch in temperaten Gebieten.

Fossile Belege

Fossile Früchte, welche den Araliaceae zugeordnet werden, sind aus der Kreide bekannt (Knobloch und Mai, 1986). Fossile Samen und Blattfossilien tropischer Vertreter aus dieser Familie aus dem Eozän stammen aus Nordamerika (Wen et al., 2001; Dilcher und Dolph, 1970). Fossile Pollen von Araliaceae werden in Hofmann et al. (2015) beschrieben.

Buxaceae, Dumortier

Die Buxaceae sind eine Familie der Ordnung Buxales (Reveal) und umfassen fünf Gattungen mit insgesamt über 100 Arten. Die fünf Gattungen lassen sich in zwei Gruppen einteilen: zum einen jene Gruppe, welche die Gattungen *Pachysandra* (Michaux), *Sarcococca* (Lindley) und *Styloceras* (Kunth) umfasst, und jene mit den Gattungen *Buxus* (Linne) und *Notobuxus* (Oliver) (siehe Balthazar und Endress, 2000).

Habitus und Verbreitung

Die Vielzahl der Buxaceae sind immergrüne Sträucher oder Bäume. Die Verbreitung erstreckt sich über die gesamte nördliche Hemisphäre, den Anden, Südafrika und Madagaskar im Süden und der Karibik (siehe Abbildung 8). Die Gattung *Buxus* weist ein Diversitätszentrum in der Karibik (Köhler, 2006) und Südost-Asien auf. Basale Taxa sind in Afrika zu finden. Die Gattung *Buxus* weist dabei eine große ökologische Bandbreite auf und wächst in trockenen wie auch in tropisch-feuchten Regionen.

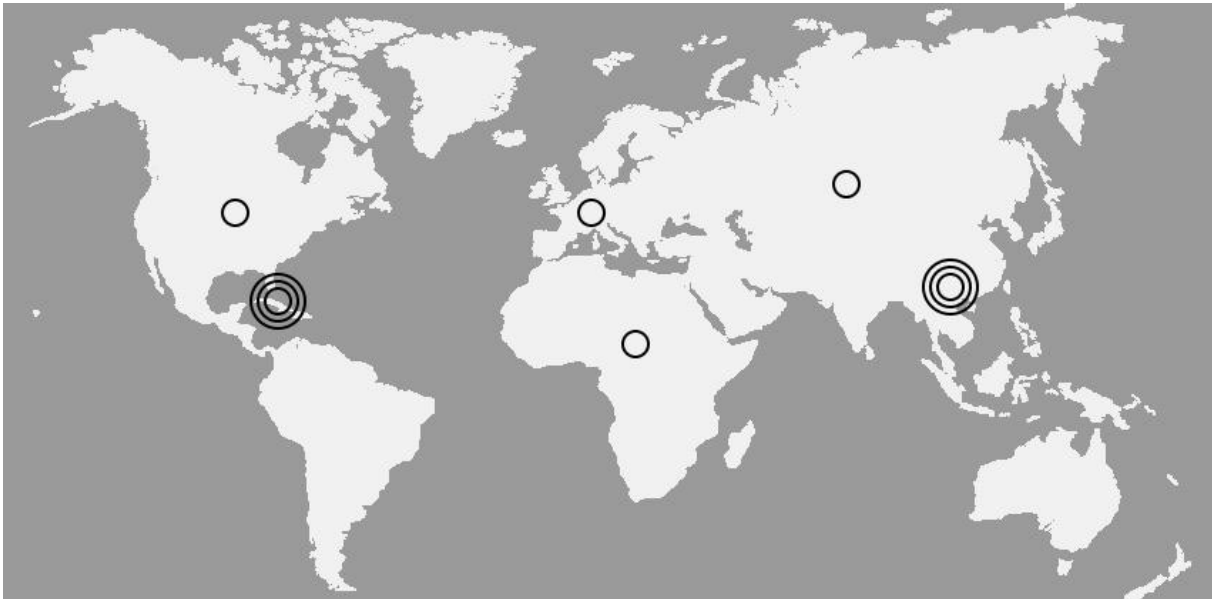


Abbildung 8: Diversitätszentren der Buxaceae im Hinblick auf die Gattung *Buxus*.

Pollenmorphologie

Buxaceae Pollenkörner sind sphäroidal und variieren in ihrem Durchmesser zwischen 20 und 50 µm. Die Keimstellen sind in Form von drei (*Notobuxus*, *Buxus*) oder mehr (pantocolporat, *Buxus*) Colpori vorhanden. Einige Formen bei *Buxus* sind pantoporat. Bei *Pachysandra*, *Sarcococcus* und *Styloceras* gibt es nur pantoporate Pollenkörner (Köhler, 1981; Köhler und Brückner, 1982). Die Colpen in *Buxus* besitzen drei bis sechs Poren. Diese Anzahl reduziert sich in pantocolporaten Pollenkörnern. Die Poren sind rundlich und weisen eine skulpturierte Membran auf (Brückner, 1993). Bei der Skulpturierung der Exine sind folgende Elemente zu finden: feines oder grobes Reticulum, gelegentlich mit kleinen Echinae. Krutzsch (2008) unterscheidet hinsichtlich der Pollenmorphologie zwei fossile Gruppen von *Buxus*. Diese können in pantoporat- und „exotricolpat“-Formen unterschieden werden. Jene „exotricolpaten“ Formen lassen sich wiederum nach der Anzahl, der Lage und Anordnung der Endoporen pro Colpus einteilen. Eine weitere Unterteilung erfolgt nach reticulaten und plicaten Formen, wobei die reticulaten Formen als ursprünglichere angenommen werden.

Fossile Belege

Die frühesten Belege, welche eindeutig dieser Familie zuzuordnen werden, stammen aus der Kreide (Drinnan et al., 1991). Hierzu zählen sowohl Makrofossilien als auch Pollenkörner. Mikrofossilien, der Gattung *Buxus*, sind aus dem Eozän bekannt (Kedves, 1962). Im Eozän scheint es in Mitteleuropa eine reiche Diversität innerhalb der Buxaceae zu geben, welche jedoch mit Ende des Eozäns drastisch abnimmt.

Caprifoliaceae, Jussieu

Die Caprifoliaceae werden der Ordnung der Dipsacales (Berchtold und Presl) zugeordnet. Nach Danert et al. (1994) umfasst die Familie der Caprifoliaceae ungefähr 19 Gattungen mit bis zu 500 Arten. Eine weitere Einteilung erfolgt in sechs Unterfamilien (Fukuoka, 1972). Nach Donoghue (1992), handelt es sich bei dieser Familie um keine monophyletische Gruppe. Obwohl vieles dafür spricht, die Gattung *Viburnum* (Linne) aus den Caprifoliaceae herauszunehmen (siehe Judd et al., 1994), so wird diese in dieser Arbeit noch den Caprifoliaceae zugeordnet.

Habitus und Verbreitung

Caprifoliaceae kommen als Sträucher und Halbsträucher, Bäume oder Lianen vor. Weit verbreitet sind sie auf der Nordhemisphäre, besonders in Ostasien und Nordamerika, wohingegen auf der Südhalbkugel nur wenige Gattungen zu finden sind. In den Tropen sind sie meist nur in Gebirgen anzutreffen (Abbildung 9).

Pollenmorphologie

Die Keimstellen bei Caprifoliaceae Pollenkörner sind dreizählig und treten als Colpen, Poren oder Colporen auf, seltener gibt es auch ringförmig aperturate Formen (*Abelia* (Brown)) (Watson und Dallwitz, 1992). Eine Abhandlung der rezenten Caprifoliaceae Pollens (besonders *Viburnum* und *Sambucus* (Linne)) mit Bezug auf die Pollenmorphologie ist in Maciejewska (1997) zu finden, sowie in Punt et al. (1974) mit Bezug auf Nordwest Europa.

Fossile Belege

Aus der Kreide kennt man Blattreste, welche der Gattung *Viburnum* zugeordnet werden können (Mai, 1995). Erste Pollenkörner dieser Familie stammen aus dem Eozän (Muller, 1981). Hierbei werden zwei Typen unterschieden: den *Viburnum*-Typ (älter) und den *Lonicera*-Typ (jünger).

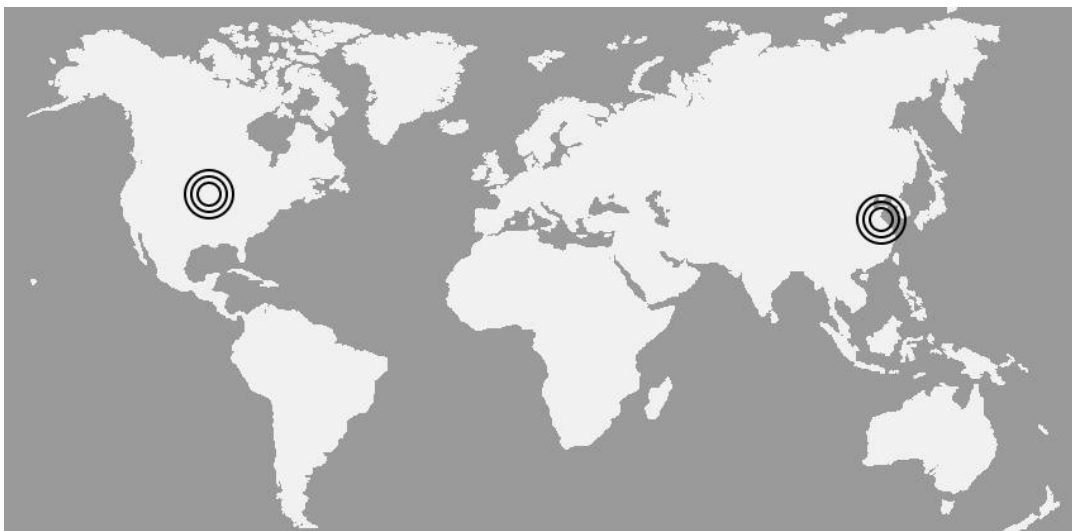


Abbildung 9: Diversitätszentren der Caprifoliaceae.

Convolvulaceae, Jussieu

Die Convolvulaceae sind eine Familie der Ordnung der Solanales (Berchtold und Presl). Nach Austin (1975) beinhaltet diese Familie 50 Gattungen mit über 2000 Arten.

Habitus und Verbreitung

Convolvulaceae kommen als strauchige, krautige oder lianenartige Pflanzen vor allem in tropischen und subtropischen Gebieten vor, aber auch in temperaten Regionen (Abbildung 10).



Abbildung 10: Diversitätszentren der Convolvulaceae.

Pollenmorphologie

Innerhalb dieser Familie gibt es ein breites Spektrum an pollenmorphologischen Merkmalen, welche auch auf Gattungsniveau taxonomisch relevant sind (Sangupta, 1972). Die erste Untersuchung von Convolvulaceae Pollenkörner geht auf Hallier (Ende des 19. Jhdts.) (in Sengupta, 1972) zurück, welcher diese auf lichtmikroskopischer Basis in die Gruppen der „Echinoconieae“ und „Psiloconiae“ einteilte. Bei der ersteren handelt es sich um echinate, bei zweiter um psilate oder granulate Pollen. Weitere Aufteilungen, die jedoch auf der von Hallier basieren, wurden von Erdtman (1952) und später von Oliver (1965) vorgenommen. Oliver (1965) zieht hier die Gattungen *Calystegia* (Brown) und *Convolvulus* (Linne) für eine Gliederung heran. Diese Familie zeigt nach Van Campo (1976) eine Entwicklung von tricolpaten Formen hin zu pantoporaten. Nach Ansicht von Telleria und Daners (2003) spielt die Skulpturierung eine wichtige Rolle bei der Einteilung der Familie. Diese nehmen eine Gliederung in drei Gruppen vor. Eine Gruppe beinhaltet tectate, perforate-microechinate-microgranulate Formen, welche sich distal verzweigende Columellae besitzt. Die andere Gruppe ist tectat, perforat-microechinat mit Microechinae. Die Columellae stehen hier einzeln. Die dritte Gruppe weist eine semitectate, gemmate oder echinate-microgranulate-microechinate-

microreticulate Oberfläche auf. Ferguson (1977) zeigt, dass es bei den Gattungen *Merremia* (Dennstedt) und *Operculina* (Silva) auf Basis pollenmorphologischer Merkmale nicht möglich ist, diese taxonomisch auf einem Untergattungsniveau zu unterscheiden.

Fossile Belege

Fossile Belege von Convolvulaceae (Solanaceae-Convolvulaveae) stammen aus dem Eozän (Muller, 1981). Bisher konnten keine eindeutigen Makrofossile aus dieser Zeit dieser Familie zugeordnet werden.

Icacinaceae, Miers

Die Icacinaceae umfassen 54 Gattungen und mehr als 400 Arten. Ihre taxonomische Zuordnung auf Ordnungsniveau ist bisher noch ungeklärt, da diese Familie sowohl Vertreter der Aquifoliales, der Apiales sowie auch der Garryales (Martius) enthält (Karehed, 2001). Dieser schlägt auch eine alternative Einteilung der Icacinaceae vor, wobei diese Familie dann nur noch 35 Gattungen und ungefähr 200 Arten beinhaltet.

Habitus und Verbreitung

Die Vertreter der Icacinaceae können sowohl baumförmig, strauchförmig wie auch als Lianen vorkommen. Ihr Hauptverbreitungsgebiet liegt in den Tropen Südamerikas und Afrikas (pantropisch), wenige kommen auch in temperaten Gebieten wie Südafrika und das östliche Australien vor (siehe Abbildung 11).

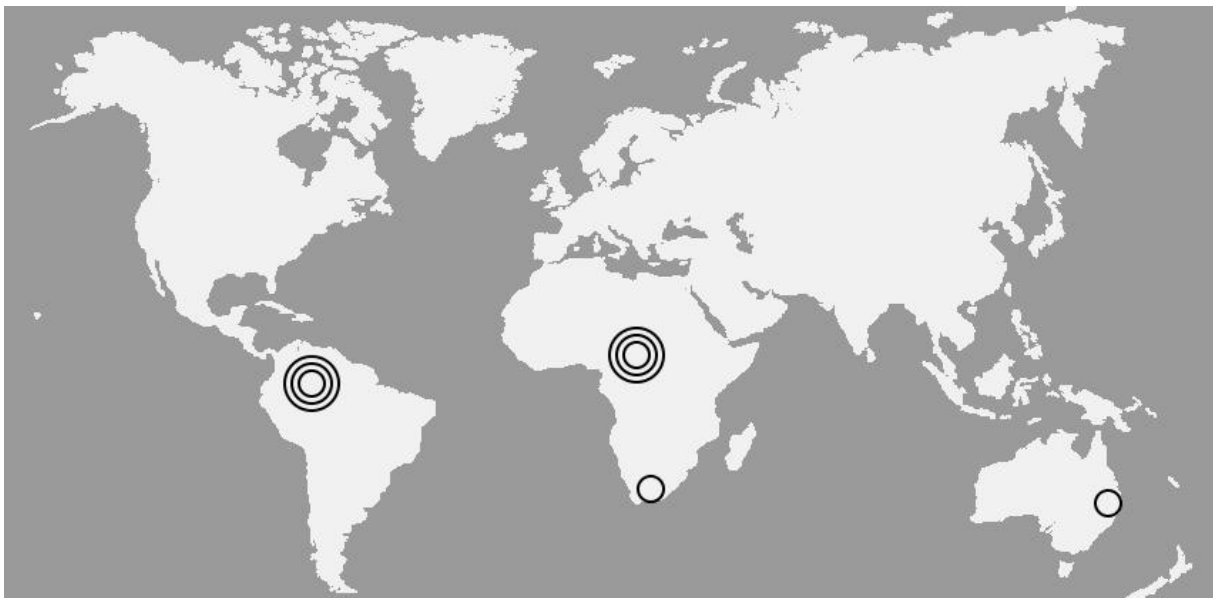


Abbildung 11: Diversitätszentren der Icacinaceae.

Pollenmorphologie

Pollen der Icacinaceen können offensichtliche Keimstellen aufweisen (aperturat) oder auch nicht inaperturat). Bei aperturaten Formen sind die Keimstellen meist dreizählig und können colpat, porat colporat sein. Man kann zwischen drei Hauptgruppen von Pollenformen innerhalb dieser Familie unterscheiden. Der *Iodes* (Blume)-Typ besitzt drei Poren und ist echinat, wobei die Echinae an der innersten Schicht der äußeren Pollenwand (foot layer, Ektexine) entspringen und durch das Tectum reichen (Lorbreau-Callen, 1972,1973). Dieser Typ kommt bei mehreren Gattungen vor. Ein anderer Pollentyp, *Platea* (Blume)-Typ genannt, kommt im Paläozän (Muller, 1981) und Eozän vor und ist tricolporat. Der *Stemonurus* (Blume)-Typ aus dem Miozän ist triporat und klein (Anderson und Muller, 1975).

Fossile Belege

Die ältesten Funde stammen aus der Kreide (Soudry und Gregor, 1997). Ab dem Eozän werden Icacinaceae sehr häufig, vermutlich hängt dies mit der Ausdehnung der tropischen Habitate auf der Nordhemisphäre zusammen. Fossile Pollenkörner des *Iodes*-Typs sind seit dem Paläozän und Eozän Europas, sowie aus dem Eozän Amerikas und dem Eozän-Miozän Afrikas bekannt (Muller, 1981). Aus dem Paläozän-Eozän Chinas sind sowohl der *Iodes*- als auch der *Platea*-Typ bekannt (Zhi-chen et al., 2004). Der *Stemonurus*-Typ kommt auf Borneo ab dem Miozän vor (Anderson und Muller, 1975).

Loranthaceae, Jussieu

Diese Familie gehört zur Familie der Santalales (Berchtold und Presl) und wird wiederum in 5 Unterfamilien unterteilt. Eine detaillierte Abhandlung der Verwandtschaftsverhältnisse unter Berücksichtigung der Biogeographie ist in Vidal-Russel, 2007 und 2008 gegeben. Unter 77 Gattungen sind ungefähr 950 Arten vertreten (Kujit und Hansen, 2015). Alle Gattungen sind entweder in der neuen oder der alten Welt vertreten.

Habitus und Verbreitung

Bei den Loranthaceen handelt es sich meist um Parasiten an Ästen von baumförmigen Pflanzen. Wenige Formen parasitieren an Wurzeln. Die Wirtspflanzen sind meist dicotyle Pflanzen oder Gymnospermen, an letzteren jedoch selten. Ihr Hauptverbreitungsgebiet sind die Tropen. Nur sehr wenige Arten sind in kälteren Klimaten zu finden. Abbildung 12 zeigt die rezente Verbreitung der Loranthaceae.

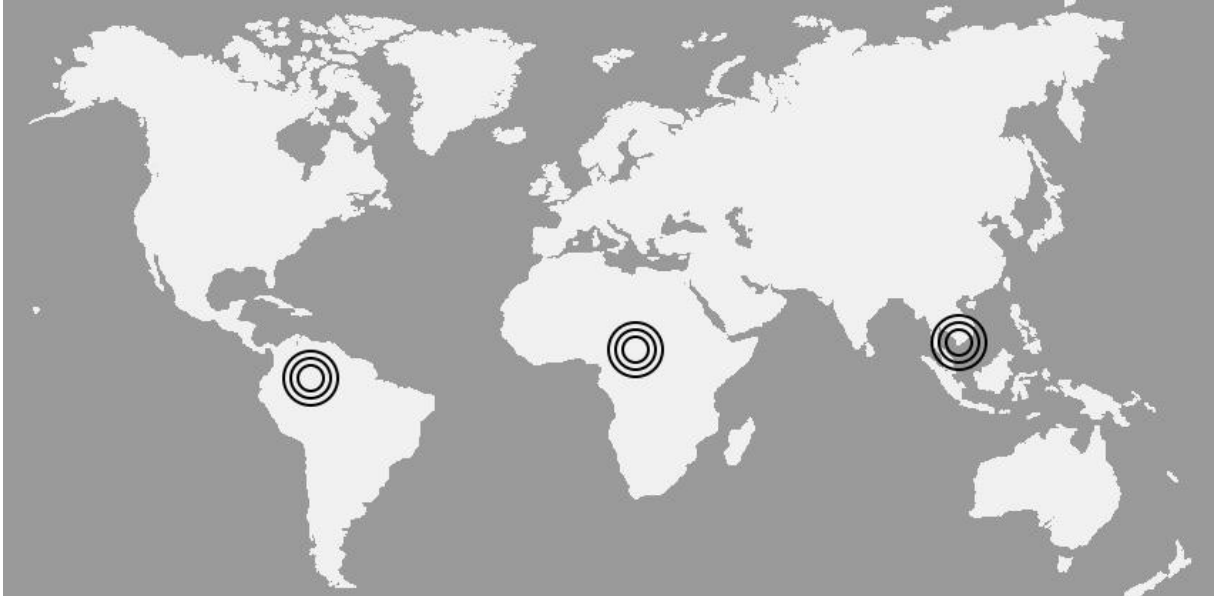


Abbildung 12: Diversitätszentren der Loranthaceae.

Pollenmorphologie

In der äußeren Erscheinungsform sind Loranthaceaeen Pollenkörner triangulär und oblat, seltener gibt es sphäroidale Formen. Die Umrissform bei triangulären Formen kann dabei sowohl konvex als auch konkav sein. Die Keimstellen sind dreizählig bei triangulären Formen und vier- oder fünfzählig bei sphäroidalen Formen, wobei diese als Syncolpen vorkommen. Diese sind am Äquator nur unscheinbar und können oftmals ganz fehlen. Die Colpi sind verdickt und heben sich deutlich von der restlichen Skulpturierung des Pollenkornes ab. Diese können sein: psilat, scabrat, verrucate und selten auch echiniate. Feuer und Kujit, 1985 geben einen Überblick über die Pollenmorphologie der neotropischen Loranthaceaeen.

Fossile Belege

Fossile Belege von Großfossilien sind sehr selten, was jedoch auf die Lebensweise zurückzuführen ist. Pollenfunde gibt es jedoch schon aus der Kreide und dem Paläozän/Eozän (Taylor, 1990). Nach Vidal-Russel und Nickrent (2007, 2008) kommt es im Oligozän zu einer Diversifikation und der Entwicklung hin zu einer parasitischen Lebensweise, welche vermutlich mehrmals entstand.

Oleaceae, Hoffmannsegg und Link

Die Oleaceae gehören zur Ordnung der Lamiales (Bromhead) und umfasst 25 Gattungen mit 600 Arten. Aufgrund molekularer Daten, scheint es sich um eine sehr basale Gruppe innerhalb der Lamiales zu handeln (Chase et al., 1993).

Habitus und Verbreitung

Oleaceae kommen vorwiegend als baumförmige Pflanzen, Sträucher oder verholzende Kletterpflanzen vor. Die Familie weist eine Verbreitung sowohl in kalten wie auch in warmtemperaten Klimaten der neuen als auch der alten Welt auf (siehe Abbildung 13). Die Gattung *Fraxinus* (Linne) ist die am weitesten verbreitete Gattung innerhalb der Oleaceae und erstreckt sich zu dem oben genannten Verbreitungsgebiet bis nach Südost-Asien und Mittelamerika im Süden.

Pollenmorphologie

Die Pollenkörner der Oleaceae sind innerhalb dieser Familie relativ einheitlich, wodurch unterschiedliche Taxa anhand der Pollen nur sehr schwer zu unterscheiden sind (Nilsson, 1988). Dabei handelt es sich um tricolporate Formen mit einer reticulaten Oberfläche. Unterschiede treten meist bei der Größe des Reticulums und der Morphologie der Muri auf. Dabei sind die ausgeprägten Skulpturierungen auf den Muri in Form von Rippen typisch für diese Familie. Eine Ähnlichkeit besteht zu nicht verwandten Familien, wie Celastraceae und Caprifoliaceae. Die meisten Oleaceae sind bei der Bestäubung auf Insekten angewiesen.



Abbildung 13: Diversitätszentren der Oleaceae.

Fossile Belege

Makrofossile Belege, welche der Familie der Oleaceae zugeordnet werden können, gibt es in Form von Blättern (Sachse, 2001), Früchten (Call und Dilcher, 1992) oder Holz (Srivastava et al., 2015). Der Ursprung liegt vermutlich in der Kreide. Zudem treten sie in vielen Proben aus dem gesamten Känozoikum in Form von Pollen auf. Besonders häufig kommen Oleaceae in Europa im Paläogen vor, wobei sie im Laufe des Neogens immer mehr abnehmen. In Hinsinger et al, 2013, ist ein auf

molekulargenetischen Methoden aufbauender Stammbaum der Gattung *Fraxinus* zu finden, welcher auch die Verbreitung beinhaltet.

Thymelaeaceae, Jussieu

Die Familie der Thymelaeaceae gehört zur Ordnung der Malvales (Berchtold und Presl) und es können ihr ungefähr 800 Arten in 45 Gattungen zugeordnet werden. Nach Domke (1934) kann man vier Unterfamilien (Gonystyloideae, Thymelaeoideae, Synandrodaphnoideae und Aquilarioideae) unterscheiden. Viele Pflanzen dieser Familie sind giftig.

Habitus und Verbreitung

Viele Vertreter der Thymelaeaceae kommen als baum- oder strauchförmige Pflanze vor, nur sehr wenige auch als krautige Pflanzen. Die Verbreitung ist weltweit, sowohl in den Tropen wie auch in temperaten Gebieten, wobei jedoch der Verbreitungsschwerpunkt auf der Südhalbkugel liegt (Abbildung 14). In Afrika kommt die Mehrzahl der Gattungen vor, sowie in Südamerika.

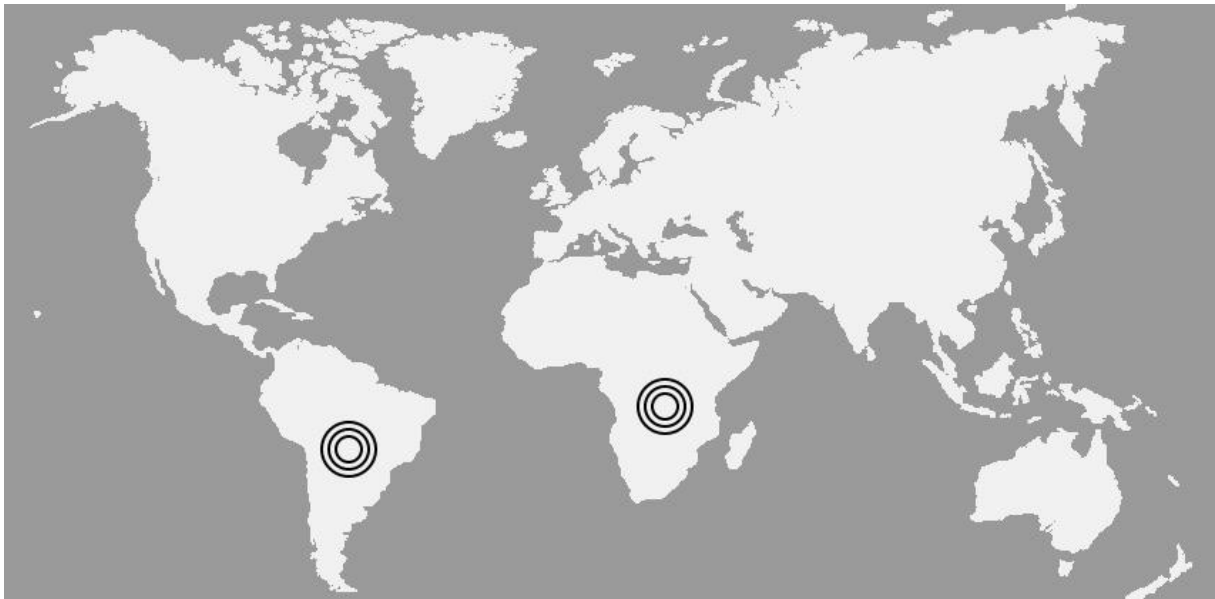


Abbildung 14: Diversitätszentren der Thymelaeaceae.

Pollenmorphologie

Thymelaeaceae Pollenkörner sind kugelige Gebilde, wobei als Skulpturierung der Exine bei den meisten Vertretern ein deutliches Croton-Muster aufweist. Auf den Muri sind zusätzliche Skulpturierungen, wie etwa feine Echinae, zu finden. Basierend auf der Variation der Skulpturierung der Exine, unterscheidet Herber (2002) vier verschiedene Pollentypen. Diese können in Verbindung zu den Unterfamilien gebracht werden, wobei die drei erst genannten (Gonystyloideae, Thymelaeoideae und Synandrodaphnoideae) sehr ähnliche Pollenstrukturen aufweisen, wohingegen sich bei den Pollen der Aquilarioideae von Art zu Art sehr große Unterschiede feststellen lassen. Eine detaillierte Studie der lichtmikroskopischen Merkmale ist in Archangelsky (1971) gegeben.

Fossile Belege

Fossile Pollenkörner, welche sich eindeutig den Thymelaeaceae zuordnen lassen, sind schon seit dem Eozän bekannt (China: Zhi-chen, 2004, Nordamerika: Bouchal et al., 2016).

Material und Methoden

Material

Das in dieser Arbeit untersuchte Material stammt aus dem Braunkohle Tagebau bei Profen, Sachsen-Anhalt, Deutschland. Dieser Tagebau liegt südlich von Leipzig in einem Gebiet, welches als Leipziger Bucht oder Weißelster-Senke bezeichnet wird. Das Material entstammt nach Krutzsch (2008b) der in Abbildung 15 gezeigten Bank II (SSP 18o und 18u). Dies entspricht den Bruckdorf Schichten der Borna Formation mit den Flötzen II und III (Standke, 2008). Die Bruckner Schichten gehören zur Borna Formation, welche die Zeitz, Bruckner und Domsen Schichten umfasst und dem Priabonium (spätes Eozän, 38-33,9 Ma) entspricht. Im Liegenden der Bruckdorf Schichten liegen die Zeitz Schichten. Diese bestehen zum Großteil aus sandig-kiesigen Ablagerungen, in die Tonlinsen eingelagert sind. Darin sind vielfach Pflanzenreste einer wärmeliebenden Flora zu finden (Mai und Walther, 2000). Innerhalb der Bruckdorf Schichten sind Farbbänderungen der Flötze II und III zu beobachten. Diese werden als unterschiedliche Moorbereiche und Pflanzenvergesellschaftungen interpretiert. Im oberen Bereich sind Quarzlinsen und marine Spurenfossilien (*Ophiomorpha*) zu finden, welche für einen klastischen Eintrag in das Moor und später einen marinen Einfluss sprechen (Standke, 2008). Im Hangenden zu den Bruckdorf Schichten befinden sich die Domsen Schichten. Auch in diesen lassen sich Pflanzenreste finden, jedoch auch eindeutige Hinweise auf eine Küstenfazies (Muscheln, Spurenfossilien). Die Pollenvergesellschaftung beinhaltet gegenüber den älteren Schichten Elemente aus kühleren Klimaten, was auf einen drastischen Klimawandel hindeuten (Mai und Walther, 1978, 1983).

Die Aufbereitung der Probe erfolgte nach der Methode zur Untersuchung von Pollen wie in Grimsson et al. (2011) beschrieben. Die Probe wurde mit einem Mörser zerkleinert und anschließend mit Salzsäure (HCl) über einen Tag lang behandelt. Vom übrig gebliebene Material wurde das HCl dekantiert und anschließend mit Zugabe von Flusssäure (HF) über einen Zeitraum von zehn Minuten gekocht. Der Rückstand wurde mit destilliertem Wasser gründlich ausgewaschen und mehrere Male zentrifugiert. Nach diesen ersten Schritten sollte die Probe von anorganische Verunreinigungen befreit sein. Nun erfolgte die Entfernung von organischen Verunreinigungen mit Hilfe von Essigsäure. Dazu wurde die Probe mit Essigsäure überschichtet und eine Natriumchlorat-Lösung und zwei bis drei Tropfen Salzsäure hinzugefügt. Es folgte nochmaliges Zentrifugieren und das Auswaschen mit Essigsäure. Als nächsten Schritt wurde die Probe mit einem Schwefelsäuregemisch

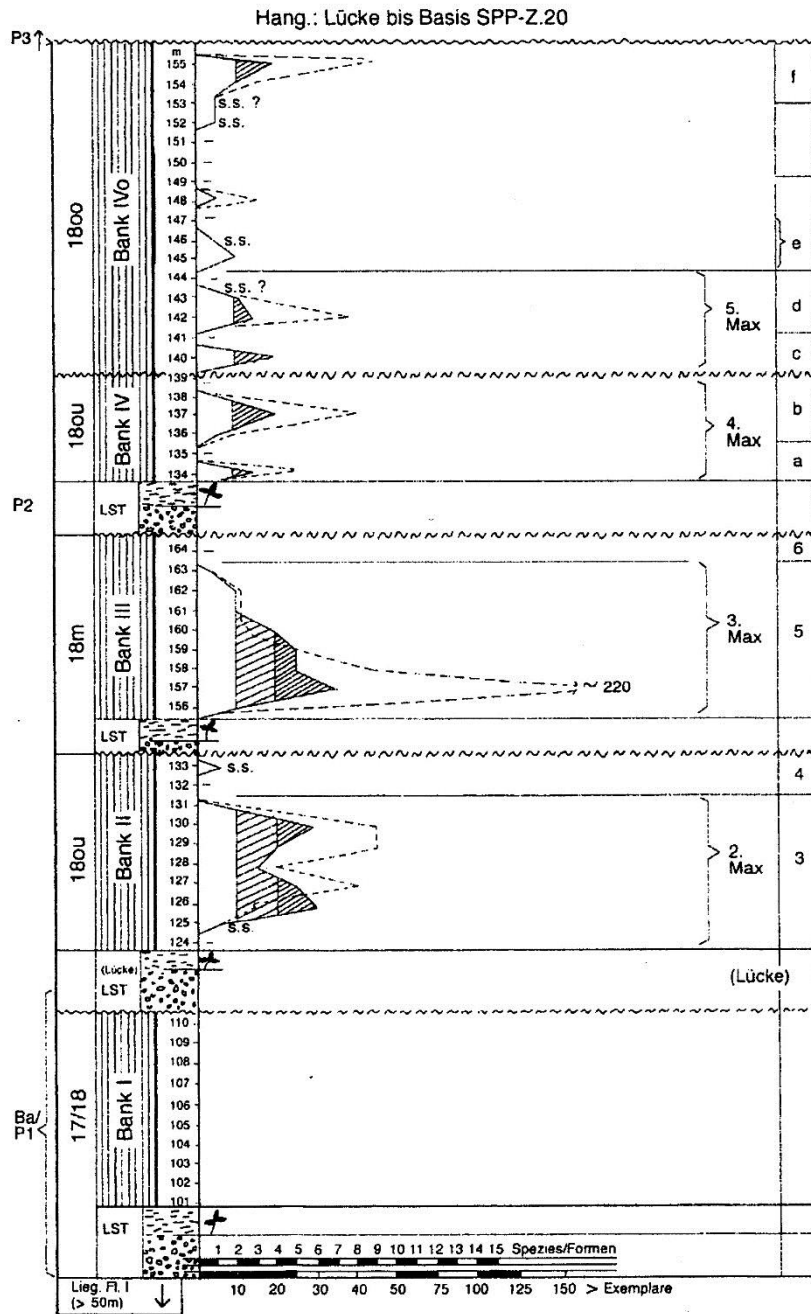


Abb. 10: Profil des Tagebaues Profen 1967/68.
 ~~~~ - Diskordanzflächen

Abbildung 15: Profil des Tagebau Profen nach Krutzsch, 2008b

(Essigsäureanhydrid und Schwefelsäure in einem Verhältnis von 9:1) behandelt. Anschließend erfolgte nochmals ein mehrmaliges Zentrifugieren und Auswaschen der Probe mit destilliertem Wasser. Das übrig gebliebene Material wurde nun mit Glycerin versetzt.

## Methoden

Die Auswertung erfolgte über die Single-Grain-Methode (Traverse, 2007), wobei lichtmikroskopische (LM) und elektronenmikroskopische (REM) Aufnahmen kombiniert wurden (Zetter, 1989).

Die mit Glycerin vermischten Proben wurden auf Objektträger dünn aufgetragen und anschließend unter dem LM untersucht. Es wurden Exemplare der verschiedensten Vertreter der Altingiaceae, Aquifoliaceae, Araceae, Araliacea, Buxaceae, Caprifoliaceae, Convolvulaceae, Icacinaceae, Loranthaceae, Oleaceae, Poaceae, Restionaceae und Thymelaeaceae mit Hilfe einer Nadel, an deren Ende sich ein Haar befindet, aus der vorbereiteten Probe ausgesucht und bei einer Vergrößerung von 60-fach im LM fotografiert.

Diese bereits im LM fotografierten Vertreter wurden für eine weitere Untersuchung am REM (Jeol 6400, 10kV) vorbereitet. Dies erfolgte über das Auftragen der Pollenkörner mit dem Manipulator (Nadel mit Haar) und Ethanol, wodurch die Pollenkörner vom Glycerin gereinigt wurden, auf sogenannte „stubs“ (siehe auch Ferguson et al., 2007). Die Pollenkörner auf den „stubs“ wurden mehrere Male bei einer Laufzeit von vier Minuten mit Gold beschichtet. Im REM wurden dann sowohl Gesamtbilder der einzelnen Pollenkörner sowie auch Detailaufnahmen angefertigt.

Die Bearbeitung der Aufnahmen, sowohl der LM wie auch der REM Aufnahmen, erfolgte mit Photoshop CS6.

## Terminologie

In dieser Arbeit wird die Terminologie nach Hesse et al. (2009) verwendet. Im Folgenden ist ein kurzes Glossar gegeben, in dem die wichtigsten Begriffe, welche in dieser Arbeit verwendet werden, beschrieben sind.

**Annulus:** Ringförmige Verdickung der Pollenwand um einen Porus oder Ulcus.

**Apertur:** Region der Pollenwand, welche sich morphologisch und/oder anatomisch deutlich von der restlichen Pollenwand unterscheidet; wichtige Funktion bei der Keimung und Formveränderung des Pollenkorns.

**Aperturat:** Pollenkorn mit einer oder mehreren Aperturen.

**Äquatorialansicht:** Ansicht des Pollenkorns, bei der man gerade auf die Polachse sieht.

**Areolae:** Skulpturelement; kleine, meist konvexe Inseln auf der Exine.

**Areolat:** Pollenwand mit Areolae.

**Atectat:** Pollenkorn ohne Tectum.

**Baculae:** Skulpturelement; stabförmige, freistehende Elemente, welche größer als 1  $\mu\text{m}$  und niemals zugespitzt sind.

**Baculat:** Pollenwand mit Baculae.

**Clavae:** Skulpturelement; keulenförmige Elemente, welches größer als 1  $\mu\text{m}$  sind.

**Clavat:** Pollenwand mit Clavae.

**Colporus:** Zusammengesetzte Apertur aus Colpus und Porus.

**Colpus:** Langgestreckte Apertur (Länge/Breite > 2) an der Äquatorgegend gelegen oder gleichmäßig über Pollenkorn verteilt.

**Columellae:** Strukturelement; säulenartige Strukturelemente in der Pollenwand, welches das Tectum stützt.

**Columellat:** Pollenkornwand mit Columellae.

**Costa:** Verdickung der Nexine/Endexine an der Endoapertur.

**Croton-Muster:** Spezialtyp des Reticulum Cristatum mit regelmäßig angeordneten Skulpturelementen auf den Muri.

**Echinae:** Skulpturelement; zugespitztes Skulpturelement mit einer Größe von > 1  $\mu\text{m}$ .

**Echinat:** Pollenwand mit Echinae.

**Ektexine:** Äußere Schicht der Exine.

**Exine:** Äußere Schicht der Pollenwand.

**Foot layer:** Innere Schicht der Ektexine; kann durchgehend, unterbrochen oder perforat sein oder auch ganz fehlen.

**Fossulae:** Skulpturelement; irreguläre geformte Furchen der Pollenwand.

**Fossulat:** Pollenwand mit Fossulae.

**Foveolae:** Skulpturelement; rundliches Lumen mit einem Durchmesser von mehr als 1  $\mu\text{m}$ , wobei der Abstand zwischen zwei Lumen größer sein muss als deren Durchmesser.

**Foveolat:** Pollenwand mit Foveolae.

**Gemmae:** Skulpturelement; globuläre Exinenelemente mit einem Durchmesser von  $> 1 \mu\text{m}$ .

**Gemmat:** Pollenwand mit Gemmae

**heterobrochates Reticulum:** Reticulate Pollenwand mit unterschiedlich großen Lumina.

**Inaperturat:** Pollenkorn mit nicht offensichtlichen Aperturen.

**Lobat:** Beschreibung für Umrissform; zirkulär mit Einschnitten.

**Lumen:** Bezeichnung für von Muri abgegrenzten Bereich.

**Keimstelle:** Siehe Apertur.

**Keimstellenmembran:** (Aperturmembran) Schicht der Exine, welche die Apertur bedeckt; kann mit oder ohne Skulpturierung sein.

**Mesocolpium:** Region zwischen Aperturen.

**Microbaculae:** Skulpturelement; Baculae, die kleiner als 1  $\mu\text{m}$  sind.

**Microechinae:** Skulpturelement; Echinae, die kleiner als 1  $\mu\text{m}$  sind.

**Microreticulum:** Skulpturelement; Reticulum, die kleiner als 1  $\mu\text{m}$  sind.

**Microverrucae:** Skulpturelement; Verrucae, die kleiner als 1  $\mu\text{m}$  sind.

**Monade:** Verbreitungseinheit, bestehend aus einem Pollenkorn.

**Muri:** Strukturelement; Exinenelemente, die die Maschen des Reticulums bilden.

**Nexine:** Bezeichnet die innere, unstrukturierte Schicht der Exine; nur im LM sichtbar.

**Oblat:** Pollenkorn, bei dem die Polachse kürzer als der äquatoriale Durchmesser ist.

**Operculum:** Zusammenhängende Struktur der Exine, welche die Apertur bedeckt.

**Perforation:** Strukturelement; regelmäßige Durchbrüche unterschiedlicher Größe (meist  $\ll 1 \mu\text{m}$ ) des Tectums.

**Perforat:** Pollenkorn mit Perforationen.

**Plicae:** Skulpturelement; parallel umlaufende Faltungen auf der Pollenwand.

**Plicat:** Pollenkorn mit Plicae.

**Polachse:** Gedachte Linie zwischen proximalen und distalen Pol des Pollenkorns.

**Polansicht:** Ansicht des Pollenkorns, bei dem die Polachse auf den Betrachter zeigt.

**Pollenwand:** Lagen, die das Zytoplasma im Inneren des Pollenkorns umschließt; meist Sporopollenin.

**Porat:** Pollenkorn mit einem oder mehreren Pori.

**Poroid:** Zirkuläre oder elliptische Aperturen mit unklaren Abgrenzungen zur restlichen Pollenwand.

**Porus:** Zirkuläre Aperturen am Äquator gelegen oder regelmäßig über die Oberfläche des Pollenkorns verteilt.

**Prolat:** Pollenkorn mit einer längeren Polachse als der Äquatordurchmesser.

**Psilat:** Skulpturmerkmal; Pollenwand mit einer glatten Oberfläche.

**Reticulat:** Pollenwand mit einem Reticulum.

**Reticulum:** Skulptur-/Strukturelement; netzförmiges Muster mit Lumen, welches von Exinenelementen (Muri) gebildet wird; Lumen > 1 µm.

**Reticulum Cristatum:** Spezialtyp eines Reticulums, bei dem die Muri mit auffallenden Skulpturelementen besetzt sind.

**Rudimentäre Columellae:** Columellae, welche in den Lumen bei Pollen mit Reticulum zu sehen sind und oftmals reduzierter sind.

**Rugulae:** Skulpturelement; langgezogenes und irregulär angeordnetes Element der Pollenwand mit einem Durchmesser von > 1 µm.

**Rugulat:** Pollenkorn mit Rugulae.

**Scabrat:** Skulpturmerkmal; Begriff, der im LM oft für nicht näher beschreibbare Elemente verwendet wird, welche aufgrund des Auflösungsvermögens des LM nicht weiter beschrieben werden können.

**Semitectate:** Pollenwand mit einem Semitectum.

**Semitectum:** Nicht durchgängiges Tectum, welches weniger als 50% des Pollenkorns überzieht.

**Sexine:** Bezeichnet die äußere Schicht der Exine; nur im LM sichtbar.

**Skulpturierung:** Elemente auf dem Tectum.

**Striae:** Skulpturelement; langgezogene Elemente, die durch meist parallel angeordnete Furchen getrennt sind.



**Striat:** Pollenwand mit Striae.

**Sulcat:** Pollenkorn mit einem Sulcus.

**Sulcus:** Längliche Apertur am distalen Pol.

**Syncolpus:** Mehrere miteinander verwachsene Colpi.

**Tectat:** Pollenkorn mit einem Tectum.

**Tectum:** Äußere Schicht der Ektexine; meist durchgängig.

**Ulcus:** Zirkuläre, distal gelegene Apertur.

**Ulcerat:** Pollenkorn mit einem Ulcus.

**Verrucae:** Skulpturelement; warzenförmige Elemente, die breiter als höher sind und 1 µm groß.

**Verrucat:** Pollenwand mit Verrucae.

## Ergebnisse

Auf den folgenden Seiten werden die Aufnahmen der relevanten Taxa beschrieben. Die Abbildungen dazu sind im Anhang (Anhang 1 – 14) zu finden. Die Einteilung erfolgt in monocotyle Pflanzen, mit Araceae, Poaceae und Restionaceae, und dicotyle Pflanzen, mit Altingiaceae, Aquifoliaceae, Araliaceae, Buxaceae, Caprifoliaceae, Convolvulaceae, Icacinaceae, Loranthaceae, Oleaceae und Thymelaeaceae. Wenn möglich, wurde die LM Aufnahme der REM Aufnahme zugeordnet. In solchen Fällen, bei denen dies nicht möglich war, wurden ähnlich Formen einander gegenübergestellt. Die Detailaufnahmen des REM entsprechen immer der gezeigten Übersicht der REM Abbildung.

### Monocotyle Pflanzen

Im Folgenden werden in der Fundstelle vorkommende Vertreter der Familien Araceae, Poaceae und Restionaceae, aus der Gruppe der monocotylen Pflanzen, beschrieben.

#### Araceae (Tafel 1)

##### Araceae gen. et spec. indet\_1

Abbildungen A-C: Pollen; Monade; oblat-sphäroidale Form; zirkulärer Umriss in Polansicht; Äquatorialdurchmesser 25-28 µm; ringförmige Apertur um Äquator herum (in A sichtbar); Exine 1-2 µm, wobei Nexine kleiner als Sexine (LM, A)); tectat; Skulpturierung in LM (A) psilat, im REM (B) psilat mit wenigen Perforationen (psilat-perforat, C).

##### Araceae gen. et spec. indet\_2

Abbildung D-J: Pollen; Monade; sphäroidal-oblate Form; zirkulärer Umriss in Polansicht (D,G) und zirkulär mit äquatorialen Einschnitten in Äquatorialansicht (D); der Durchmesser beträgt 24-30 µm; die Exine ist 1-2 µm dick und an der Apertur verdickt, wobei die Nexine dünner als die Sexine ist (LM, D,G); Apertur ringförmig um den Äquator; tectat; im LM (D,G) psilat; im REM (E,F,H,I) microrugulat, perforat und fossulat.

Bemerkung: Es lassen sich die Formen Araceae gen. et spec. indet\_1 und Araceae gen. et spec. indet\_2 unterscheiden. Die Unterschiede liegen hier in der Skulpturierung. Araceae gen. et spec. indet\_1 weist eine deutlich psilate und perforate Oberfläche auf, wohingegen Araceae gen. et spec. indet\_2 microrugulat und perforat ist. Im LM lassen sich diese Formen nicht unterscheiden.

#### Poaceae (Tafel 2)

#### Poaceae gen. et spec. indet\_1

Abbildungen A-F: Pollen; Monade; sphäroidale Form; Umriss zirkulär; Durchmesser 30-40 µm; Ulcus 3-4 µm mit Annulus 8-11 µm (sichtbar in A-F); tectat; Exine 2-3 µm mit Sexine dicker als Nexine (A,D); Skulpturierung im LM (A,D) psilat; im REM (B,C,E,F) microrugulat-microverrucat mit aufsitzenden Microechinae, areolat.

#### Poaceae gen. et spec. indet\_2

Abbildungen G-I: Pollen; Monade; sphäroidale Form; zirkulärer-elliptischer Umriss; Durchmesser 22-27 µm; Ulcus 2-3 µm im LM (G) mit Annulus 7-8 µm; Exine 2-3 µm, Nexine kleiner als Sexine; tectat; Skulpturierung im LM (G) psilat, im REM (H,I) microrugulat-microverrucat mit Microechinae, areolat.

Bemerkung: Es lassen sich hier zwei Formen unterscheiden. Der deutlichste Unterschied zwischen diesen besteht in der Größe der Pollenkörner. Bei dem in (G-I) gezeigten Exemplar sind zudem die Skulpturelemente kleiner als in (A-F).

#### Restionaceae (Tafel 3)

##### Restionaceae gen. et spec. indet

Abbildungen A-I: Pollen; Monade; sphäroidale Form; zirkulärer-elliptischer Umriss; Durchmesser des Pollenkorns 18-32 µm; ein Ulcus im LM (A,D,G), Durchmesser 5-6 µm, Andeutung von Operculum in (G); Exine 2-3 µm dick, Nexine dünner als Sexine (A,D,G); tectat; im LM (A,D,G) scabrat, im REM rugulat mit aufsitzenden Microechinae und perforat (C,F,I).

Bemerkung: Es lassen sich die drei Exemplare nicht unterscheiden und werden daher als Restionaceae gen. et spec. indet bezeichnet.

#### Dicotyle Pflanzen

Es werden in der Fundstelle vorkommende Vertreter der Familien Altingiaceae, Aquifoliaceae, Araliaceae, Buxaceae; Caprifoliaceae, Convolvulaceae, Icacinaceae, Loranthaceae, Oleaceae und Thymelaeaceae beschrieben.

#### Altingiaceae (Tafel 4)

##### *Steinhauera* sp.

Abbildungen D-F: Pollen; Monade; sphäroidale Form; Umriss zirkulär, Durchmesser 22-25 µm; pantoporat, Poren mit 2-3 µm Durchmesser, Keimstellenmembran skulpturiert; Exine 1-2 µm, mit Nexine dünner als Sexine; tectat; Skulpturierung im LM (A,D,G) psilat, im REM (B,C,E,F,H,I) psilat-microechinat, Keimstellenmembran Microechinat.

##### *Liquidambar* sp.

Abbildungen J-L: Pollen; Monade; sphäroidale Form; zirkulärer Umriss; Durchmesser 24-28 µm; pantoporat; Poren mit Durchmesser von 4-5 µm mit skulpturierter Keimstellenmembran; semitectat; im REM (J-L) microreticulat-perforat, Lumendurchmesser 0,2-0,3 µm mit 0,1-0,2 µm breiten Muri, Microechinae auf Muri, Keimstellenmembran mit verwachsenen Microechinae (K).

Bemerkung: Nach den REM Abbildungen lassen sich diese beiden Gattungen deutlich unterscheiden. Auffallend ist hier die microreticulate-perforate Oberfläche von *Liquidambar* im Vergleich zur psilaten-microechinaten Oberfläche von *Steinhauera*. Beide sind relativ häufig in eozänen Fundstellen Europas.

#### Aquifoliaceae (Tafel 5)

##### *Ilex* sp.

Abbildungen A-I: Pollen; Monade; prolate Form; zirkulär-lobater Umriss in Polansicht (A), elliptische Form in Äquatorialansicht (A,D,G); Polachsenlänge 30-34 µm, Äquatorialdurchmesser 23-26 µm; tricolporat, Poren 4-5 µm, Colpi 20-25 µm lang; Exine 3-4 µm dick, Nexine dünner als Sexine; atectat; im LM (A) clavat-scabrat, Columellae als clavat geformte Skulpturelemente im REM (B,C,E,F,H,I), Clavae mit kurz-striater Supraskulptur (C,F,I), Clavae 2-3 µm hoch, zu den Keimstellen hin in ihrer Größe abnehmend, zwischen Columellae rudimentäre Columellae.

Bemerkung: Die beschriebenen Exemplare werden zu einer Form zusammengefasst und der Gattung *Ilex* zugeordnet.

## Araliaceae (Tafel 6)

Araliaceae gen. et spec. indet

Abbildungen A-E: Pollen; Monade; Form prolat; triangulärer Umriss in Polansicht (A), elliptische Form in Äquatorialansicht (A); Länge der Polachse 28-31  $\mu\text{m}$ , Äquatorialdurchmesser 23-26  $\mu\text{m}$ ; tricolporat, Endoporus 4-6  $\mu\text{m}$  rectangular, Colpus 19-22  $\mu\text{m}$  lang; Exine 1,5-3  $\mu\text{m}$ , Nexine dünner als Sexine; tectat-semitectat; im LM (A) scabrat-reticulat, heterobrochates Reticulum im REM (B), Lumendurchmesser 1-2  $\mu\text{m}$  mit Muri 0,4-0,6  $\mu\text{m}$  breit, Colpi mit tectat-perforater Costa (C,E).

Bemerkung: Diese Form kann keiner Gattung zugeordnet werden und wird als Araliaceae gen. et spec. indet bezeichnet.

## Buxaceae (Tafel 7)

*Buxus sp. 1*

Abbildungen A-F: Pollen; Monade; sphäroidale Form; zirkulärer Umriss; Durchmesser 16-22  $\mu\text{m}$ ; pantoporat, Porusdurchmesser 1-3  $\mu\text{m}$ , Keimstellenmembran skulpturiert (microechinat); Exine 1-3  $\mu\text{m}$ , Nexine dünner als Sexine; semitectat; im LM (A, D) reticulat-scabrat, im REM (B,C,E,F) microreticulat-perforat mit Lumendurchmesser 0,5-1  $\mu\text{m}$  und 0,5-1  $\mu\text{m}$  breiten Muri, Muri mit microechinater Supraskulptur (C,F).

*Buxus sp. 2*

Abbildungen G-L: Pollen; Monade; Form sphäroidal; zirkulärer Umriss; Durchmesser 18-22  $\mu\text{m}$ ; pantocolporat, Porus 1-2  $\mu\text{m}$ , Colpenlänge 4-10  $\mu\text{m}$ , 3-4 Pori pro Colpus; Exine 1-2  $\mu\text{m}$  dick, Nexine dünner als Sexine; semitectat; im LM (G,J) psilat-scabrat, microreticulat im REM (H,I,K,L), Lumendurchmesser 0,5-1  $\mu\text{m}$  und Muri 0,3-0,6  $\mu\text{m}$ , Muri mit microverrucater Supraskulptur (I,L).

Bemerkung: Aufgrund der Keimstellen und der Supraskulptur der Muri lassen sich zwei *Buxus* Formen unterscheiden. Zum einen die Form *Buxus sp. 1*, welche pantoporat ist und microechinater Supraskulptur der Muri, und zum anderen die Form *Buxus sp. 2*, mit mehreren ungeordnet über die Oberfläche verteilten Colpori und einer microverrucaten Supraskulptur der Muri. Ähnliche eozäne Formen werden in Krutzsch (2008) beschrieben.

## Caprifoliaceae (Tafel 8)

### *Viburnum sp. 1*

Abbildungen A-F: Pollen; Monade; Form prolat; zirkulär-lobater Umriss in Polansicht (D) und elliptisch in Äquatorialansicht (A, D); Länge der Polachse 25-30 µm, Äquatordurchmesser 24-28 µm; tricolporat, Pori rectangular, Colpi 21-25 µm lang; Exine 2-4 µm dick, Nexine dünner als Sexine; semitectat; im LM (A,D) baculat-clavat-scabrat, im REM (B,C,E,F) reticulat, Lumendurchmesser 3-5 µm, Muri 0,4-0,5 µm breit, Columellae 1-2 µm hoch und unterschiedlich dick, manchmal verwachsen, rudimentäre Columellae vorhanden und kürzer als Columellae, dicht und teilweise verwachsen, tectat-perforate Costa.

### *Viburnum sp. 2*

Abbildungen G-I: Pollen; Monade; sphäroidale Form; zirkulärer Umriss; Durchmesser 21-24 µm; tricolporat, Colpuslänge 14-16 µm; Exine 2-3 µm dick, im Mesocolpium dicker, Nexine dünner als Sexine; semitectat; im LM (G) semitectat, im REM (H,I) reticulat mit Lumendurchmesser von 2-3 µm, Muri 0,8-1 µm breit, Columellae bis zu 1 µm hoch und breit, teilweise verwachsen, rudimentäre Columellae kürzer als Columellae und vielfach verwachsen und dicht, tectat-perforate Costa.

Bemerkung: Die Formen *Viburnum sp. 1* und *Viburnum sp. 2* unterscheiden sich vor allem in der Ausprägung der reticularen Oberfläche. Bei *Viburnum sp. 1* sind die Muri dünn. Bei *Viburnum sp. 2* sind diese dicker. Auch die rudimentären Columellae scheinen bei *Viburnum sp. 2* kürzer zu sein.

## Convolvulaceae (Tafel 9)

### *Merremia sp.*

Abbildungen A-F: Pollen; Monade; Form prolat; zirkulär-lobater Umriss in Polansicht (A), elliptischer Umriss in Äquatorialansicht (A); Länge der Polachse 40-60 µm, Äquatorialdurchmesser 39-43 µm; tricolpat, Länge der Colpi 50-55 µm; Exine 3-5 µm dick, Columellae 3-4 µm hoch, Nexine dünner als Sexine; tectat; im LM (A,D) scabrat, microechinat-perforat im REM (B,C,E,F).

Bemerkung: Die abgebildeten zwei Pollenkörner werden der Gattung *Merremia* zugeordnet und unterscheiden sich kaum von rezenten Formen (siehe Ferguson, 1977).

## Icacinaceae (Tafel 10)

### *Iodes* sp.

Abbildungen A-L: Pollen; Monade; Form sphäroidal; zirkulärer Umriss; Durchmesser 15-20 µm; triporat, Poridurchmesser 3-4 µm, im Bereich der Pori Sexine leicht aufgewölbt (C,H); Exine 1,5-3 µm, Nexine dünner als Sexine; tectat; im LM (A-D) echinat-scabrat, im REM (E-L) echinat mit microverrucat-microechinater Skulpturierung dazwischen, Echinae schlank und 2-4 µm lang, teilweise verwachsen und hackenförmig gebogen, manchmal auch keilförmig nach oben verbreiterte Formen.

Bemerkung: Die abgebildeten Pollenkörner werden der Gattung *Iodes* zugeordnet. Es handelt sich hier vermutlich um eine Form. Auffallend dabei sind die teilweise recht unterschiedlich geformten Echinae (H).

## Loranthaceae (Tafel 11)

### Loranthaceae gen. et spec. indet

Abbildungen A-E: Pollen; Monade; Form oblat; triangulärer Umriss in Polansicht, elliptischer Umriss in Äquatorialansicht; Durchmesser 22-24 µm; syndemicolpat; Exine 1-3 µm dick, Nexine in zentralem Polbereich verdickt, ansonsten dünner als Sexine; tectat; im LM (A) psilat, im REM (B-E) microechinat, in Mesocolpium sehr dichtstehende Microechinae, an Äquator und zu Keimstellen hin Skulpturierung abnehmend (D), Microechinae schlank, am Ende abgerundet, manchmal verwachsen.

Bemerkung: Dieses Pollenkorn kann keiner Gattung zugeordnet werden und wird als Loranthaceae gen. et spec. indet bezeichnet. Es handelt sich um eine oblate Form mit zirkulärem Umriss mit einem Syncolpus und microechinater Skulptur.

## Oleaceae (Tafel 12)

### Oleaceae gen. et spec. indet\_1

Abbildungen A-F: Pollen; Monade; Form sphäroidal; zirkulärer Umriss, lobat in Polansicht (D); Durchmesser 14-20 µm; tricolporat; Exine im Mesocolpium 3-4 µm dick und zu Keimstellen hin abnehmend, Nexine dünner als Sexine; semitectat; im LM (A,D) scabrat-reticulat, im REM (B,C,E,F) reticulat, Lumendurchmesser 1-2 µm; Muri 0,4-0,6 µm breit mit Rippensulptur, Rippen dicht, Columellae 1-1,5 µm hoch und 0,4-0,6 µm breit, kurze verwachsene rudimentäre Columellae vorhanden.

#### Oleaceae gen. et spec. indet\_2

Abbildungen G-I: Pollen; Monade; Form prolat; elliptischer Umriss in Äquatorialansicht (H); Polachsenlänge 14-16  $\mu\text{m}$ , Äquatordurchmesser 8-11  $\mu\text{m}$ ; tricolporat, Colpus 9-12  $\mu\text{m}$  lang; semitectat; Exine 1-2  $\mu\text{m}$ , Nexine dünner als Sexine; im LM (G) scabrat, im REM (H,I) reticulat mit Lumendurchmesser 2-3  $\mu\text{m}$ , Muri 0,5-0,6  $\mu\text{m}$  breit, Muri mit Rippensulptur, Rippen wenig dicht zusammen, Columellae 1-1,5  $\mu\text{m}$  hoch und 0,3-0,4  $\mu\text{m}$  breit, rudimentäre Columellae vorhanden, teilweise verwachsen.

#### Oleaceae (Tafel 13)

##### Oleaceae gen. et spec. indet\_3

Abbildungen A-C: Pollen; Monade; Form sphäroidal; Umriss zirkulär; Durchmesser 17-20  $\mu\text{m}$ ; tricolporat; Exine 2-3  $\mu\text{m}$  dick, Exine in Mesocolpium verdickt und zu keimstellen hin weniger dick, Nexine dünner als Sexine; semitectat; im LM (A) reticulat, im REM (B,C) reticulat, Lumendurchmesser 1-2  $\mu\text{m}$ , Muri mit Rippensulptur, Rippen dicht, Columellae 1  $\mu\text{m}$ .

##### Oleaceae gen. et spec. indet\_4

Abbildungen D-I: Pollen; Monade; sphäroidale Form; zirkulärer Umriss, lobat in Polansicht (D); Durchmesser 14-16  $\mu\text{m}$ ; tricolporat; semitectat; im LM (D,G) reticulat-scabrat, im REM (E,F,H,I) reticulat mit Lumendurchmesser 1-2  $\mu\text{m}$ , Muri 0,4-0,7  $\mu\text{m}$  breit mit schwach ausgebildeter Rippensulptur, Columellae 0,5-0,8  $\mu\text{m}$  hoch.

Bemerkung: Bei den Oleaceae lassen sich vier verschiedene Formen unterscheiden. Dabei ist die Ausprägung der Rippensulptur auf den Muri und die Columellae von Bedeutung. Basierend darauf, werden die Formen hier als Oleaceae gen. et spec. indet\_1 – 4 bezeichnet.

#### Thymelaeaceae (Tafel 14)

##### Thymelaeaceae gen. et spec. indet 1

Abbildungen A-C: Pollen; Monade; Form sphäroidal; Umriss zirkulär; Durchmesser 25-30  $\mu\text{m}$ ; pantoporat, Poridurchmesser 1-2  $\mu\text{m}$ ; Exine 2-3  $\mu\text{m}$  dick, Nexine dünner als Sexine; semitectat; im LM (A) reticulat, im REM (B,C) Reticulum Cristatum mit Croton-Muster, Lumendurchmesser 0,3-0,6  $\mu\text{m}$ , Muri 0,5-0,7  $\mu\text{m}$  breit, die auf den Muri aufsitzenden Skulpturelemente sind tetraederförmig.



Thymelaeaceae gen. et spec. indet 2

Abbildungen D-F: Pollen; Monade; sphäroidale Form; zirkulärer Umriss; Durchmesser 26-30  $\mu\text{m}$ ; pantoporat, Durchmesser der Pori 1-2  $\mu\text{m}$ ; Exine 2-3  $\mu\text{m}$  dick, Nexine dünner als Sexine; semitectat; im LM (D) Reticulum Cristatum (Croton-Muster) im REM (E,F), Lumendurchmesser 0,2-0,4  $\mu\text{m}$ , auf den Muri aufsitzende Skulpturelemente zeigen eine Tetraederform, wobei die einzelnen Tetraeder eine kurz-striate Supraskulptur aufweisen.

Bemerkung: Es lassen sich die Formen Thymelaeaceae gen. et spec. indet 1 und Thymelaeaceae gen. et spec. indet 2 unterscheiden. Der Hauptunterschied liegt in der Skulptur der Tetraederelemente des Reticulum Cristatum. Bei Thymelaeaceae gen. et spec. indet 1 weisen die Tetraederelemente keine Supraskulptur auf, wohingegen eine kurz-striate Supraskulptur in Thymelaeaceae gen. et spec. indet 2 vorhanden ist. Vermutlich handelt es sich bei beiden Formen um Vertreter aus der Gattung *Wikströmia*.

## Diskussion

Bei den Pollenkörnern, welche den Araceaeen zugeordnet werden (Tafel 1), können zwei Formen unterschieden werden. Zum einen die in Tafel 1, (A-C) beschriebene Form (Araceae gen. et spec. indet\_1) mit einer überwiegend psilaten und leicht perforaten Oberfläche. Die andere Form (Araceae gen. et spec. indet\_2) ist in (D-G) ersichtlich und weist eine stark microrugulate Skulpturierung auf. Die zwei beschriebenen Exemplare dieser Form unterscheiden sich untereinander kaum und werden daher zu einer Form zusammengefasst. Es wäre auch möglich, dass es sich bei dieser Form um Araceaeen (Palmen) handelt (Ferguson und Harley, 1993), welche ähnliche Oberflächenskulpturierungen aufweisen. Lichtmikroskopisch sind beide Formen jenen eozänen Araceaeen, welche in Zetter et al. (2001) beschrieben wurde, ähnlich, wobei die erste Form (A-C) deutlich weniger Perforationen aufweist. Es werden keine Formen beschrieben, welche eine Oberflächenstruktur, wie jener in (D-G) beschrieben, aufweisen. Diese Unterschiede lassen sich auf den REM Aufnahmen erkennen.

Die Poaceaeen, welche in Tafel 2 gezeigt werden, lassen sich nur schwer unterscheiden. Die Exemplare in (A-C) und (D-F) sind nahezu identisch was Form und Größe, Keimstelle und Oberflächenskulptur betrifft. Das Exemplar in (G-I) ist lediglich kleiner als die zuvor beschriebenen Exemplare und weist eine geringfügig andere Form auf, ist jedoch identisch was die Keimstelle und die Oberflächenskulptur angeht. Die zwei großen Exemplare (A-F, 30-40 µm) können im Eozän als Cerealien ausgeschlossen werden. Wahrscheinlicher ist, dass es sich hier um Bambusformen handelt. Hier werden die beiden großen Exemplare zu einer Form Poaceae gen. et spec. indet\_1 zusammengefasst. Die Form (G-I) wird hier auf Grund des markanten Größenunterschiedes als eigene Form Poaceae gen. et spec. indet\_2 angeführt.

Die drei gezeigten Exemplare der Restionaceaeen (Tafel 3) lassen sich zu einer Form, Restionaceae gen. et spec. indet zusammenfassen. Die Pollenkörner sind identisch was die Oberflächenskulpturierung und die Keimstelle angeht. Die Größe ist hier kein ausschlaggebendes Unterscheidungsmerkmal.

Die in Tafel 4 gezeigten Altingiaceae lassen sich zwei Gattungen zuordnen. Die Exemplare in (A-I) gehören zur Gattung *Steinhauera*. Diese weist im Gegensatz zur in (J-L) dargestellten Gattung *Liquidambar* eine tectat-microechinat-psilate Oberfläche auf. *Liquidambar* weist eine microreticulate-perforate-microechinate Oberfläche auf. Die Keimstellen bei beiden Gattungen sind ähnlich und mit einer Keimstellenmembran verschlossen. Vermutlich handelt es sich bei der microreticulaten-perforaten Oberfläche von *Liquidambar* um eine abgeleitete Form der

Oberflächenstruktur von *Steinhauera*. In Mai und Walther (1985) ist die Art *Steinhauera subglobosa* (Presl) anhand von fossilen Früchten und Samen aus Profen nachgewiesen.

In Tafel 5 sind Vertreter der Familie Aquifoliaceae gezeigt. Alle Exemplare können einer Form zugeordnet werden und unterscheiden sich nur in der Größe geringfügig. Diese Form kann aufgrund der skulpturierten Columellae der einzigen rezenten Gattung *Ilex* zugeordnet werden.

Das einzige Exemplar, welches den Araliaceae zugeordnet werden kann, ist in Tabelle 6 abgebildet. Das Pollenkorn weist die typische trianguläre Form in Polansicht, das Reticulum und die Costa auf. Diese Form unterscheidet sich jedoch merklich von jenen Araliaceae, welche in Hofmann et al. (2015) beschrieben werden. Da das Exemplar nicht weiter bestimmt werden kann, wird es hier als Araliaceae gen. et spec. indet angegeben.

Bei den Buxaceae (Tafel 7) lassen sich zwei Typen ausmachen. Zum einen die zwei in (A-F) abgebildeten Exemplare. Diese sind untereinander sehr ähnlich und werden daher derselben Form zugeordnet. Diese ist rezenten Vertreter aus Eurasien ähnlich (Brückner, 1993) und entspricht dem *Buxus balearica*-Typ, welcher heute noch in Europa und Ostasien vorkommt. Dem gegenüber stehen die Exemplare in (G-L), welche sich wiederum in einer Form zusammenfassen lassen. Nach Krutzsch (2008) lässt sich diese Form vor allem aufgrund der unregelmäßigen Pori und deren Verbindung durch Exocolpen der Pollengattung *Irregularispollis* (Krutzsch) zuordnen. Ähnliche Formen kommen rezent in der Karibik vor (Köhler und Brückner, 1982).

Innerhalb der in Tafel 8 abgebildeten *Viburnum* (Caprifoliaceae) Pollenkörner sind zwei Typen zu unterscheiden. Diese unterscheiden sich vor allem im Aufbau des Reticulums. Die Exemplare in (A-F) haben höhere Columellae und schmale Muri, wohingegen das Exemplar in (G-I) kürzere Columellae, dafür breitere Muri aufweist. Auch die Ausprägung der rudimentären Columellae ist hier offensichtlich. In (C) und (F) sind diese relativ hoch und breit und in (I) sind die rudimentären Columellae sehr klein. Die Form, dargestellt in (A-F) wird hier als *Viburnum* sp.1 und jene in (G-I) als *Viburnum* sp.2 bezeichnet.

In Tafel 9 sind zwei Exemplare der Familie der Convolvulaceae abgebildet. Sowohl (A-C) als auch (D-F) unterscheiden sich kaum und können derselben Form zugeordnet werden. Nach Telleria und Daners (2003) handelt es sich hier um Formen der Gruppe mit den Merkmalen tectat, perforat-microechinat und mit Echinae (Microechinae). Die abgebildeten Pollenkörner werden hier der Gattung *Merremia* zugeordnet.

Die Pollenkörner in Tafel 10 (Icacinaceae) sind triporat und besitzen auffallende Echinae. Alle Exemplare können derselben Form zugeordnet werden und entsprechend dem *Iodes*-Typ (Lorbreau-Callen, 1972,1973) und vermutlich auch der Gattung *Iodes*.

In Tafel 11 ist ein Exemplar der Familie der Loranthaceae abgebildet. Diese Form kann nicht weiter bestimmt werden und wird als Loranthaceae gen. et spec. indet bezeichnet. Nach Feuer und Kujit (1985) handelt es sich um eine Typ III oder IV Form.

Die Vertreter der Familie der Oleaceae sind in Tafel 12 und 13 gezeigt. Es wird zwischen vier verschiedenen Typen unterschieden, wobei diese Unterschiede in der Ausprägung des Reticulums und der Skulpturierung der Muri liegen. In Tafel 12 sind zwei Typen abgebildet. Der erste Typ (A-F), hier Oleaceae gen. et spec. indet\_1 genannt, unterscheidet sich vom zweiten Typ (G-I, Oleaceae gen. et spec. indet\_2) dahingehend, dass die Rippen auf den Muri wesentlich dichter stehen. Zudem kommen bei Oleaceae gen. et spec. indet\_2 rudimentäre Columellae vor. In (F) sind diese kleiner als in (I). Hierbei kann es sich um zwei verschiedene Formen handeln. Zwei weitere Typen sind in Tafel 13 abgebildet. Der Typ mit der Bezeichnung Oleaceae gen. et spec. indet\_3 (A-C) weist im Vergleich zu den übrigen drei Typen sehr schmale Muri mit dicht aneinander liegenden Rippen auf (siehe C). Der vierte Typ, Oleaceae gen. et spec. indet\_4, ist in (D-I) zu sehen und kennzeichnet sich durch eine lockere und reduzierte Rippenskulptur. Zwischen (F) und (I) lässt sich ein Unterschied in der Breite und Form der Muri feststellen, was zwei unterschiedliche Formen sein könnten. Die genannten Unterschiede lassen sich nur in REM Abbildungen erkennen.

In Tafel 14 sind zwei Exemplare der Thymelaeaceae zu sehen. Eine Unterscheidung anhand von LM Aufnahmen ist nicht möglich, jedoch unterscheiden sich die Formen in der Detailaufnahme des REM (Vergleich C und F). Die Skulpturelemente des Reticulum Cristatum weisen in (F) eine kurz-striate Skulptur auf, welche in (C) fehlt. Hier werden diese Typen Thymelaeaceae gen. et spec. indet\_1 und Thymelaeaceae gen. et spec. indet\_2 benannt. Nach Herber (2002) lassen sich beide Formen der Gattung *Wikströmia* zuordnen. Diese ist im Eozän bekannt, wobei nach Krutzsch (1966) es auch eozäne wie auch rezente Formen gibt, die kein Croton-Muster aufweisen.

## Schlussfolgerung

Die in dieser Arbeit untersuchten Pflanzenfamilien stellen nicht das ganze Spektrum der in der Fundstelle Profen vorkommenden Taxa dar, sondern sind als kleine Auswahl zu verstehen. Was jedoch auffallend ist, dass viele der hier beschriebenen Familien und Gattungen, rezent in tropischen oder wärmeren Gebieten zu finden sind. So sind bei den Buxaceae Formen zu finden, welche heute auch in der Karibik vorkommen. Diese Aussage deckt sich mit Moraweck et al. (2015), welcher für das eozäne Klima und die Pflanzenvergesellschaftung in Mitteleuropa Ähnlichkeiten mit den rezenten tropischen Wäldern in Südostasien sieht. Fast alle der hier beschriebenen Taxa kommen auch dort vor.

## Literaturverzeichnis

Anderson, J.A.R., Muller, J., 1975. Palynological study of a Holocene peat and a Miocene coal deposit from NW. Borneo. *Review of Palaeobotany and Palynology* 19, p. 291-351.

Archangelsky, D.B., 1971. The palynotaxonomy of Thymelaeaceae s. l. In *Pollen morphology*. Nauka, Leningrad, p. 104–234.

Austin, D.F., 1975. Convolvulaceae. Flora of Panama. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 62, p. 157–224.

Balthazar, M., Endress, P.K., Qui, Y.L., 2000. Phylogenetic Relationship in Buxaceae Based on Nuclear Internal Transcribed Spacers and Plastid ndhF Sequences. *International Journal of Plant Sciences* 161, p. 785-792.

Barrett P.J. (1996) Antarctic paleoenvironment through Cenozoic times: a review. *Terra Antarctica*, 3, p. 103–119.

Bodiselitsch, B., Montanari, A., Köberl, C., Coccioni, R., 2004. Delay climate cooling in the Late Eocene caused by multiple impacts: high-resolution geochemical studies at Massignano, Italy. *Earth and Planetary Science Letters* 223, p. 283-302.

Bogner, J., 1978. A critical list of the aroid genera. *Aroideana* 1, p. 63-73.

Bouchal, J.M., Zetter, R., Denk, T., 2016. Pollen and spores of the uppermost Eocene Florissant Formation, Colorado: a combined light and scanning electron microscopy study. *Grana*, 2016, p. 1-67.

Brückner, P., 1993. Pollen morphology and taxonomy of Eurasian species of the genus *Buxus* (Buxaceae). *Grana* 32, p. 65-78.

Bush, M.B., 2002. On the interpretation of fossil Poaceae pollen in the lowland humid neotropics. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 177, p. 5-17.

Call, V.B., Dilcher, D.L., 1992. Investigations of angiosperms from the Eocene of southeastern North America: samaras of *Fraxinus wilcoxiana* Berry. *Review of Palaeobotany and Palynology* 74, p. 249-266.

Chanda, S., 1966. On the Pollen Morphology of the Centrolepidaceae, Restionaceae and Flagellariaceae, with Special Reference to Taxonomy. *Grana* 6, p. 355-415.

- Chanda, S., Rowley, J., 1967. Apertural Types in Pollen of the Restionaceae and Flagellariaceae. *Grana* 7, p. 16-36.
- Chase, M.W. et al., 1993. Phylogenetics of seed plants: an analysis of nucleotide sequences from plastid gene *rcbL*. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 80, p. 528-580.
- Coxall, H.K., Wilson, P.A., Pälike, H., Lear, C.H., Backman, J., 2005. Rapid stepwise onset of Antarctic glaciation and deeper calcite compensation in the Pacific Ocean. *Nature* 433, p. 53–57.
- Cronquist, A., 1988. *The evolution and classification of flowering plants*. Allen Press, Lawrence, Kansas.
- Danert, S., 1994. *Urania Pflanzenreich, Band 4, Blütenpflanzen 2*. Leipzig: Urania-Verlag, p. 195-201.
- Dilcher, D.L., Dolph, G.E., 1970. Fossil leaves from Eocene sediments of southeastern North America. *American Journal of Botany* 57, p. 153–160
- Domke, W., 1934. Untersuchungen über die systematische und geographische Gliederung der Thymelaeaceen. *Biblioth. Bot.* 27, p. 1-151.
- Donoghue, M.J., 1992. Phylogenetic relationships of Discapales based on *rbcl* sequences. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 79, p. 333-345.
- Drinnan, A.N., Crane, P.R., Friis, E.M., Pedersen, K.R., 1991. Angiosperm Flowers and Tricolpate Pollen of Buxaceous Affinity from the Potomac Group (Mid-Cretaceous) of Eastern North America. *American Journal of Botany* 78, p. 153-176.
- Eldrett, J.S., Harding, I.C., Firth, J.V., Roberts, A.P., 2004. Magnetostratigraphic calibration of Eocene-Oligocene dinoflagellate cyst biostratigraphy from the Norwegian-Greenland Sea. *Marine Geology* 204, p. 91–127.
- Engler, A., 1920. *Araceae pars generalis et index familiae generalis*. In *Das Pflanzenreich* 74, p. 1-71.
- Erdtman, G., 1952. *Pollen morphology and plant taxonomy. Angiosperms*. Almqvist & Wiksell, Stockholm.
- Ferguson, I.K., Verdcourt, B., Poole, M.M., 1977. Pollen Morphology in the Genera *Merremia* and *Operculina* (Convolvulaceae) and Its Taxonomic Significance. *Kew Bulletin* 32, p. 763-773.
- Ferguson, D.K., 1989. A survey of the Liquidambaroideae (Hamamelidaceae) with a view to elucidating its fossil record. In *Evolution, Systematics, and Fossil History of the Hamamelidae* 1, Clarendon Press, Oxford, UK, p. 249–272.

- Ferguson, I.K., Harley, M.M., 1993. The Significance of New and Recent Work on Pollen Morphology in the Palmae. *Kew Bulletin* 48, p. 205-243.
- Ferguson, D.K., Zetter, R., Paudyal, K.N., 2007. The need for the SEM in palaeopalynology. *Comptes Rendus Palevol*, 6, p. 423-430.
- Feuer, S.M., Kujit, J., 1985. Fine Structure of Mistletoe Pollen VI. Small-Flowered Neotropical Loranthaceae. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 72, p. 187-212.
- Fukuoka, N., 1972. Taxonomic study of the Caprifoliaceae. Faculty of Science Kyoto, Series of Biology 6, p. 15-58.
- Goldblatt, P., Manning, J.C., 2000. Cape Plants. A conspectus of the Cape flora of South Africa, National Botanical Institute, Pretoria.
- Grímsson, F., Zetter, R., Baal, C., 2011. Combined LM and SEM study of the Middle Miocene (Sarmatian) palynoflora from the Lavanttal Basin Austria: Part I. Bryophyta, Lycopodiophyta, Pteridophyta, Ginkgophyta and Gnetophyta. *Grana* 50, p. 102–128.
- Herber, B.E., 2002. Pollen morphology of the Thymelaeaceae in relation to its taxonomy. *Plant Systematics and Evolution* 232, p. 107-121.
- Herendeen, P.S., Magallon-Puebla, S., Lupia, R., Crane, P.R., Kobylinska, J., 1999. A preliminary conspectus of the Allon Flora from the Late Cretaceous (Late Santonian) of central Georgia, USA. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 86, p. 407–471.
- Hesse, M., Weber, M., Halbritter, H.M., 1999. Pollen walls of Araceae, with special reference to their fossilization potential. *Grana* 38, p. 203-209.
- Hesse, M., Halbritter, H., Zetter, R., Weber, M., Buchner, R., Frosch-Radivo, A., Ulrich, S., 2009. Pollen Terminology. Springer Verlag.
- Hinsinger, D.D., Basak, J., Gaudeul, M., Cruaud, C., Bertolino, P., Frascaria-Lacoste, N., Bousquet, J., 2013. The Phylogeny and Biogeographic History of Ashes (*Fraxinus*, Oleaceae) Highlight the Roles of Migration and Vicariance in the Diversification of Temperate Trees. *PLoS ONE* 8, p. 1-14.
- Hofmann, C.C., Egger, H., King, C., 2015. SEM investigation of pollen from the lower Eocene (Carinthia and Salzburg in Austria and Brixton, London area, in England): new findings of Vitaceae, Euphorbiaceae, Phyllanthaceae, Fabaceae, Anacardiaceae, Araliaceae and Apiaceae. *Plant System Evolution* 301, 2291-2312.



- Ickert-Bond, S.M., Wen, J., 2013. A taxonomic synopsis of Altingiaceae with nine new combinations. *PhytoKeys* 31, p. 21-61.
- Judd, W.S., Sanders, R.W., Donoghue, M.J., 1994. Angiosperm family pairs: Preliminary cladistic analyses. *Harvard Papers in Botany* 5, p. 1-51.
- Karehed, J., 2001. Multiple Origin of the Tropical Forest Tree Family Icacinaceae. *American Journal of Botany* 88, p. 2259-2274.
- Kedves, M., 1962: *Nagypollis*, a new pollen-fgen. from the Hungarian Lower Eocene. *Acta Biologica Szegediensis* 8, p. 83-84.
- Knobloch E, Mai D (1986) Monographie der Früchte und Samen in der Kreide von Mitteleuropa. *Rozprawy ustredniho ustavu geologickelho* 47.
- Köhler, E., 1981. Pollen morphology of the West Indian-Central American species of the genus *Buxus* L. (Buxaceae) with reference to taxonomy. *Pollen Spores* 23, p. 37-91.
- Köhler, E., Brückner, P., 1982. Die Pollenmorphologie der afrikanischen *Buxus*- und *Notobuxus*-Arten (Buxaceae) und ihre systematische Bedeutung. *Grana* 21: 71–82.
- Köhler, E., 2006. Three New *Buxus* Species (Buxaceae) from Eastern Cuba. *Willdenowia* 36, p. 479-489.
- Krutzsch, W., 1966. Zur Kenntnis der präquartären periporaten Pollenformen. *Geologie* 15, p. 16-71.
- Krutzsch, W., 2008. *Buxus*- (Buxaceen) Pollenformen aus alttertiären Ablagerungen Mitteleuropas und ihre paläochronologische Bedeutung. *Feddes Repertorium* 119, p. 207-216.
- Krutzsch, W., 2008b. The importance of the fossil pollen type *Mediocolpopollis* (KRUTZSCH 1959 (fam. Santalaceae) for the structure of the Upper Eocene in central German estuaries. In *Hallisches Jahrbuch für Geowissenschaften, Beiheft* 25.
- Kujit, J., Hansen, B., 2015. The Families and Genera of Vascular Plants XII, Flowering Plants-Eudicots. p. 73-119.
- Kvacek, Z., Walther, H., 2001. The Oligocene of Central Europe and the development of forest vegetation in space and time based on megafossils. *Palaeontographica Abteilung B* 259, p. 125–148.
- Kvacek, Z., Teodoridis, V., Mach, K., Prikryl, T., Dvůrák, Z., 2014. Tracing the Eocene-Oligocene transition: a case study from North Bohemia. *Bulletin of Geosciences* 89, p. 21–66.

- Lenz, O.K., Wilde, V., Riegel, W., 2011. Short-term fluctuations in vegetation and phytoplankton during the Middle Eocene greenhouse climate: a 640-kyr record from the Messel oil shale (Germany). *International Journal of Earth Sciences, GR Geologische Rundschau* 100, p. 1851-1874.
- Lewis, W.H., Oliver, R.L., 1965. Realignment of *Calystegia* and *Convolvulus* (Convolvulaceae). *Annals of the Missouri Botanical Garden* 52 (2), p. 217-222.
- Li, X., Sun, B., Xiao, L., Wu, J., Lin, Z., 2010. Leaf macrofossils of *Ilex protocornuta* sp. Nov. (Aquifoliaceae) from the Late Miocene of East China: Implications for palaeoecology. *Review of Palaeobotany and Palynology* 161, 87-103.
- Linder, H.P., Eldenäs, P., Briggs, B.G., 2003. Contrasting Patterns of Radiation in African and Australian Restionaceae. *Evolution* 57, p. 2688-2702.
- Lorbreau-Callen, D., 1972. Pollen of Icacinaceae. I. Atlas (1). *Pollen and Spores* 14, p. 345-388.
- Lorbreau-Callen, D., 1973. Le pollen des Icacinaceae. II. Observations en microscopie électronique, correlations, conclusions (1). *Pollen and Spores* 15, p. 47-89.
- Maciejewska, I., 1997. Pollen Morphology of the Polish Species of the Family Caprifoliaceae. Part 1 & 2. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* 66, p. 133-151.
- Magallon, S., Crane, P.R., Herendeen, P.S., 1999. Phylogenetic pattern, diversity, and diversification of eudicots. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 86, 297-372.
- Mai, D.H., 1968. Zwei ausgestorbene Gattungen im Tertiär Europas und ihre florengeologische Bedeutung. *Palaeontographica* 123 B, p. 184-199.
- Mai, D.H., Walther, H., 1978. Die Floren der Haselbacher Serie im Weißelster-Becken (Bezirk Leipzig, DDR). In *Abhandlungen des Staatlichen Museums für Mineralogie und Geologie zu Dresden* 28. VEB Deutscher Verlag für Großstoffindustrie, Leipzig.
- Mai, D.H., Walther, H., 1983. Die fossilen Floren des Weißelster-Beckens und seiner Randgebiete. In *Abhandlungen des Staatlichen Museums für Mineralogie und Geologie zu Dresden* 33. VEB Deutscher Verlag für Großstoffindustrie, Leipzig.
- Mai, D.H., Walther, H., 1985. Die Obereozänen Floren des Weißelster-Beckens und seiner Randgebiete. In *Abhandlungen des Staatlichen Museums für Mineralogie und Geologie zu Dresden* 33. VEB Deutscher Verlag für Großstoffindustrie, Leipzig.
- Mai, D.H., 1995. *Tertiäre Vegetationsgeschichte Europas*. Jena, Stuttgart, New York: Gustav Fischer Verlag.

- Mai, D.H., Walther, H., 2000, Die Fundstellen eozäner Floren des Weißelster-Beckens und seiner Randgebiete. *Altenburger Naturwissenschaftliche Forschung* 13, Altenburg.
- Mander, L., Li, M., Mio, W., Fowlkes, C.C., Punyasena, S.W., 2013. Classification of grass pollen through the quantitative analysis of surface ornamentation and texture. *Proceedings of The Royal Society B* 280.
- Manen, J.F., Boulter M.C., Naciri-Graven, Y., 2002. The complex history of the genus *Ilex* L. (Aquifoliaceae): evidence from the comparison of plastid and nuclear DNA sequences and from fossil data. *Plant Systematics and Evolution* 235, p. 79-98.
- Martin, H. A., 1977. The history of *Ilex* (Aquifoliaceae) with special reference to Australia: evidence from pollen. *Austral. J. Bot.* 25: 655-673.
- Mayo, S.J., Bogner, J., Boyce, P.C., 2015. The Families and Genera of Vascular Plants IV. Flowering Plants-Monocotyledons., p. 26-74.
- Moraweck, K., Uhl, D., Kunzmann L., 2015. Estimation of late Eocene (Bartonian-Priabonian) terrestrial palaeoclimate: Contributions from megafloral assemblages from central Germany. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 433, p. 247-258.
- Muller, J., 1975. Note on the pollen morphology of Crypteroniaceae s.l. *Blumea* 22, p. 275-294.
- Muller, J., 1981. Fossil pollen records of extant angiosperms. *The Botanical Review* 47, p. 1-142.
- Nicolson, D.H., 1984. Suprageneric names attributable to Araceae. *Taxon* 33, p. 680-690.
- Nilsson, S., 1988. A Survey of the Pollen Morphology of *Olea* with Particular Reference to *Olea europaea* Sens.Lat.. *Kew Bulletin* 43, p. 303-315.
- Pigg, K.B., Ickert-Bond, S.M., Wen, J., 2004. Anatomically preserved Liquidambar (Altingiaceae) from the Middle Miocene of Yakima Canyon, Washington State, USA, and its Biogeographic Implications. *American Journal of Botany* 91, p. 499-509.
- Piperno, D.R., Sues, H.D., 2005. Dinosaurs dined on Grass. *Science* 310, p. 1126-1128.
- Prothero, D.R., Berggren, W.A., 1992. Eocene-Oligocene Climatic and Biotic Evolution. Princeton Univ. Press, Princeton.
- Punt, W., Reitsma, T., Reuvers, A.A.M.L., 1974. The Northwest European Pollen Flora (NEPF). Caprifoliaceae. *Review of Palaeobotany and Palynology* 17, p. 5-29.

- Punt, W., Schmitz, M.B., 1981. The Northwest European Pollen Flora (NEPF). Aquifoliaceae. Review of Palaeobotany and Palynology 33, p. 69-74.
- Raven, P. H., Axelrod D. I., 1974. Angiosperm biogeography and past continental movements. Annals of the Missouri Botanical Garden 61, p. 539-673.
- Röhl, U., Westerhold, T., Bralower, T.J., Zachos, J.C., 2007. On the duration of the Paleocene-Eocene thermal maximum (PETM). Geochemistry Geophysics Geosystems 8.
- Sachse, M., 2001. Oleaceous laurophyllous leaf fossils and pollen from the European Tertiary. Review of Palaeobotany and Palynology 115, p. 213-234.
- Sengupta, S., 1972. On the pollen morphology of Convolvulaceae with special reference to taxonomy. Review of Palaeobotany and Palynology 13, p. 157–212.
- Soudry, D., Gregor, H.J., 1997. *Jodes israelii* sp. Nov.: A huge phosphate-mineralized icacinacean fructification from the Late Cretaceous of the Negev, southern Israel. Cretaceous Research 18, p. 161-178.
- Srivastava, R., Wheeler, E.A., Manchester, S.R., Baas, P., 2015. Wood of Oleaceae from the latest Cretaceous of India-The earliest olive branches?. IAWA Journal 36, p. 443-451.
- Standke, G., 2008. Tertiär. In: Geologie von Sachsen. Geologischer Bau und Entwicklungsgeschichte. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, p. 358–419.
- Tan, X., Gilder, S., Kodama, K.P., Jiang, W., Han, Y., Zhang, H., Xu, H., Zhou, D., 2010. New paleomagnetic results from the Lhasa Block: Revised estimation of latitudinal shortening across Tibet and implications for dating the India-Asia collision. Earth and Planetary Science Letters 293, p. 396-404.
- Taylor, D.W., 1990. Paleobiographic relationships of Angiosperms from the Cretaceous and Early Tertiary of the North American Area. Botanical Review 56, p. 279-417.
- Telleria, M.C., Daners, G., 2003. Pollen types in Southern New World Convolvulaceae and their taxonomic significance. Plant Systematics and Evolution 243, p. 99-118.
- Traverse, A., 2007. Paleopalynology 2.ed. In Topics in Geobotany 28. Springer Verlag.
- Varner, 2009. <http://www.americanroads.us/oceanlinks/eocene.html>, Zugriff: 22.04.16
- Van Campo, M., 1976. Patterns of pollen morphological variation within taxa. In The evolutionary significance of the exine. Linnean Society Symposium 1. Academic Press, London, p. 125-137.

- Van Helvoort, H.A.M., Punt, W., 1984. The Northwest European Pollen Flora (NEPF). Araliaceae. *Review of Palaeobotany and Palynology* 42, p. 1-5.
- Vidal-Russel, R., Nickrent, D.L., 2007. The Biogeographic History of Loranthaceae. *Darwiniana* 45, p. 34-54.
- Vidal-Russel, R., Nickrent, D.L., 2008. Evolutionary relationships in the showy mistletoe family (Loranthaceae). *American Journal of Botany* 95, p. 1015-1029.
- Watson, L., Dallwitz, M.J. 1992 onwards. The families of flowering plants: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval. Version: 13th April 2016.
- Weber, M., Halbritter H.M., Hesse, M., 1999. The Basic Pollen Wall Types in Araceae. *International Journal of Plant Sciences* 160, p. 415-423.
- Wen, J., Plunkett, G.M., Mitchell, A.D., Wagstaff, S.J., 2001. The Evolution of Araliaceae: A Phylogenetic Analysis Based on ITS Sequences of Nuclear Ribosomal DNA. *Systematic Botany* 26, p. 144-167.
- Wilde, V., Kvacek, Z., Bogner, J., 2005. Fossil Leaves of the Araceae from the European Eocene and Notes on Other Aroid Fossils. *International Journal of Plant Sciences* 166, p. 157-183
- Wolfe, J.A., 1985. Distribution of major vegetational types during the Tertiary. In: *The carbon cycle and atmospheric CO<sub>2</sub>: Natural variations archean to present*. American Geophysical Union, p. 357–375.
- Zavada, M.S., Dilcher, D.L., 1986. Comparative Pollen Morphology and its Relationship to Phylogeny of Pollen in the Hamamelidae. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 73, p. 348-381.
- Zetter, R., 1989. Methodik und Bedeutung einer routinemäßig kombinierten lichtmikroskopischen und rasterelektronenmikroskopischen Untersuchung fossiler Mikroflora. *Courier Forschungsinstitut Senckenberg* 109, p. 41–50.
- Zetter, R., Hesse, M., Frosch-Radivo, A., 2001. Early Eocene zona-aperturate pollen grains of the *Proxapertites* type with affinity to Araceae. *Review of Palaeobotany and Palynology* 117, p. 267-279.
- Zhi-chen, S., Wie-ming, W., Fei, H., 2004. Fossil Pollen Records of Extant Angiosperms in China. *Botanical Review* 70, p. 425-458.
- Zhou, Z.K., Crepet, W.L., Nixon, K.C., 2001. The earliest fossil evidence of the Hamamelidaceae: Late Cretaceous (Turonian) inflorescences and fruits of Altingioideae. *American Journal of Botany* 88, p. 753-766.



## Anhang

Tafeln der untersuchten Pollenkörner aus der eozänen Fundstelle Profen.

# Tafel 1

Araceae gen. et spec. indet

Abb. A: Übersicht, Polansicht, LM, Balken=10 µm

Abb. B: Übersicht, Polansicht, REM, Balken=10 µm

Abb. C: Detail, REM, Balken=1 µm

Araceae gen. et spec. indet

Abb. D: Übersicht, Polansicht und Äquatorialansicht, LM, Balken=10 µm

Abb. E: Übersicht, Polansicht, REM, Balken=10 µm

Abb. F: Detail, REM, Balken=1 µm

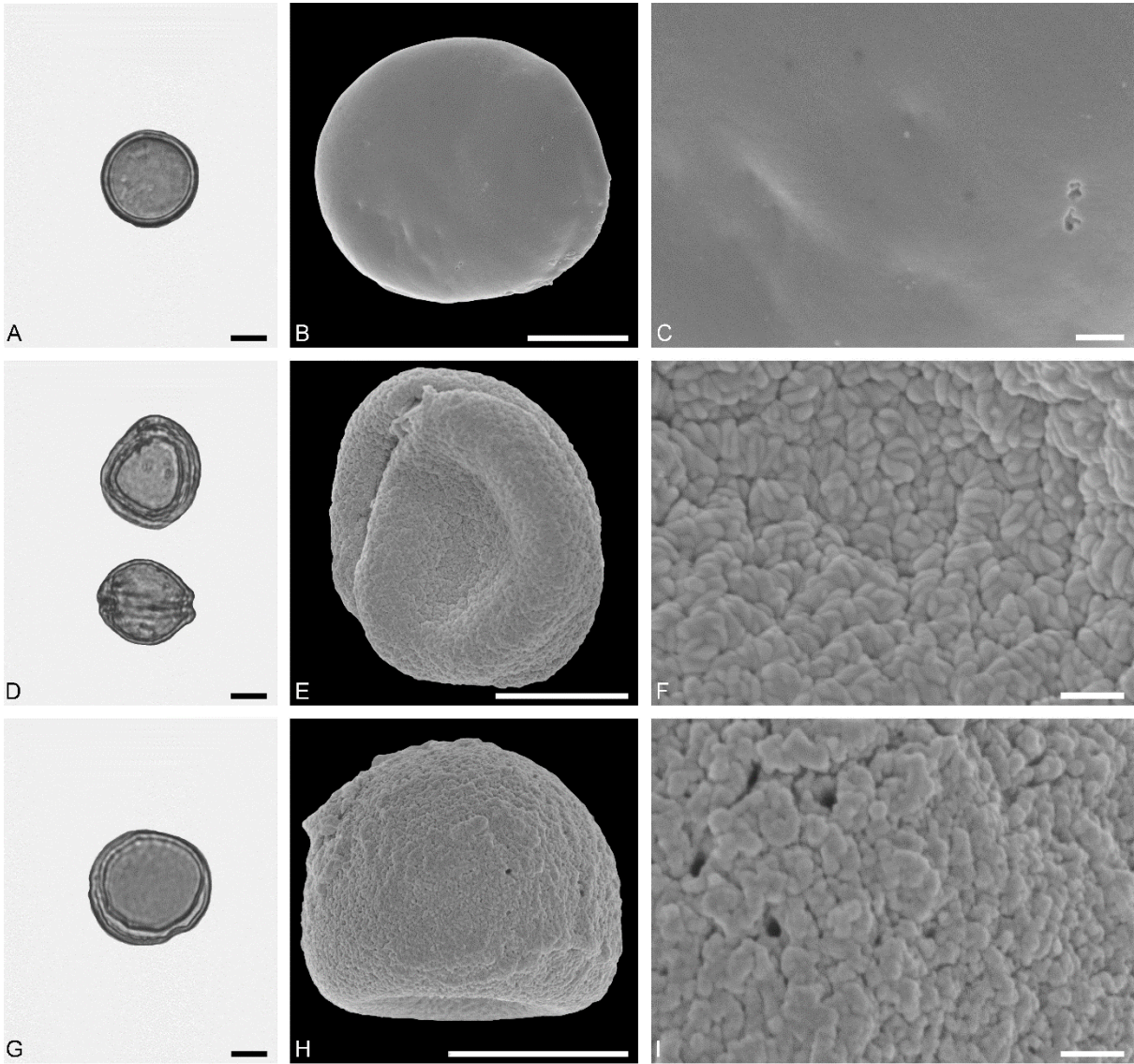
Araceae gen. et spec. indet

Abb. G: Übersicht, Polansicht, LM, Balken=10 µm

Abb. H: Übersicht, Polansicht, REM, Balken=10 µm

Abb. I: Detail, REM, Balken=1 µm





## Tafel 2

Poaceae gen. et spe. Indet\_1

Abb. A: Übersicht, Polansicht, LM, Balken=10 µm

Abb. B: Übersicht, Polansicht, REM, Balken=10 µm

Abb. C: Detail, REM, Balken=1 µm

Poaceae gen. et spe. Indet\_1

Abb. D: Übersicht, Polansicht, LM, Balken=10 µm

Abb. E: Übersicht, Polansicht, REM, Balken=10 µm

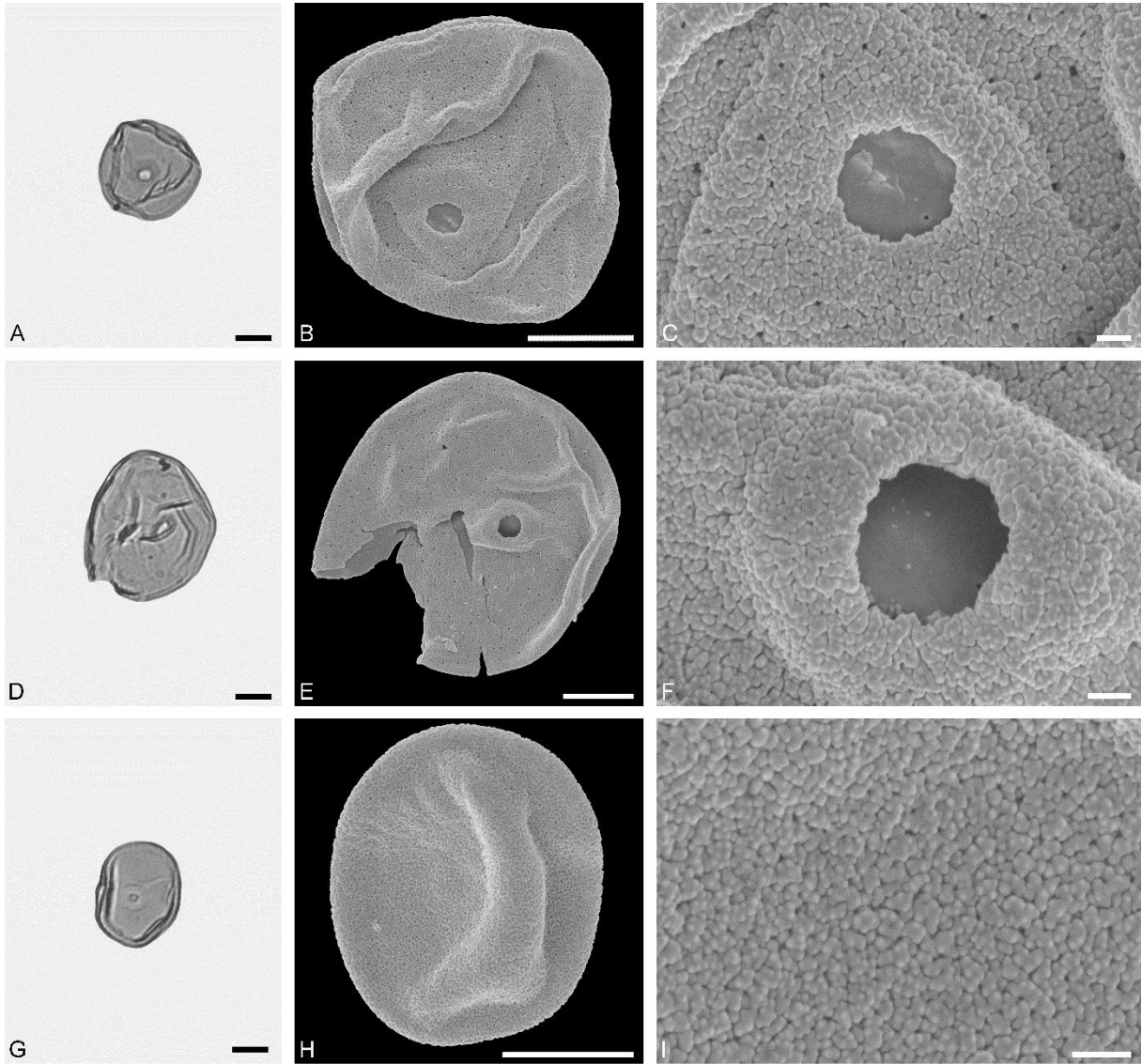
Abb. F: Detail, REM, Balken=1 µm

Poaceae gen. et spe. Indet\_2

Abb. G: Übersicht, Polansicht, LM, Balken=10 µm

Abb. H: Übersicht, Polansicht, REM, Balken=10 µm

Abb. I: Detail, REM, Balken=1 µm



## Tafel 3

Restionaceae gen. et spec. indet

Abb. A: Übersicht, Polansicht, LM, Balken=10 µm

Abb. B: Übersicht, Polansicht, REM, Balken=10 µm

Abb. C: Detail, REM, Balken=1 µm

Restionaceae gen. et spec. indet

Abb. D: Übersicht, Polansicht, LM, Balken=10 µm

Abb. E: Übersicht, Polansicht, REM, Balken=10 µm

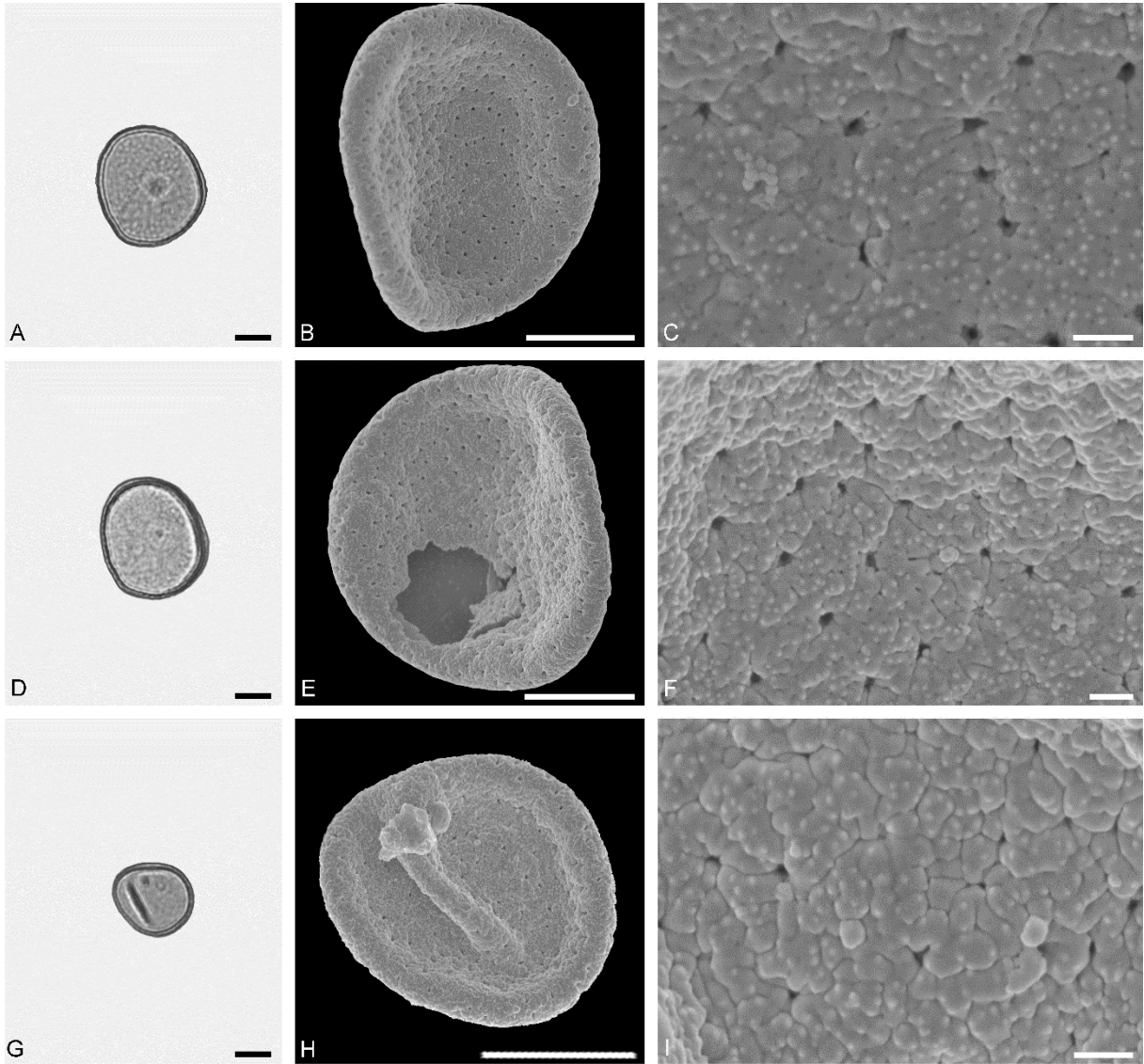
Abb. F: Detail, REM, Balken=1 µm

Restionaceae gen. et spec. indet

Abb. G: Übersicht, Polansicht, LM, Balken=10 µm

Abb. H: Übersicht, Polansicht, REM, Balken=10 µm

Abb. I: Detail, REM, Balken=1 µm



## Tafel 4

*Steinhauera sp.*

Abb. A: Übersicht, LM, Balken=10 µm

Abb. B: Übersicht, REM, Balken=10 µm

Abb. C: Detail, REM, Balken=1 µm

*Steinhauera sp.*

Abb. D: Übersicht, LM, Balken=10 µm

Abb. E: Übersicht, REM, Balken=10 µm

Abb. F: Detail, REM, Balken=1 µm

*Steinhauera sp.*

Abb. G: Übersicht, LM, Balken=10 µm

Abb. H: Übersicht, REM, Balken=10 µm

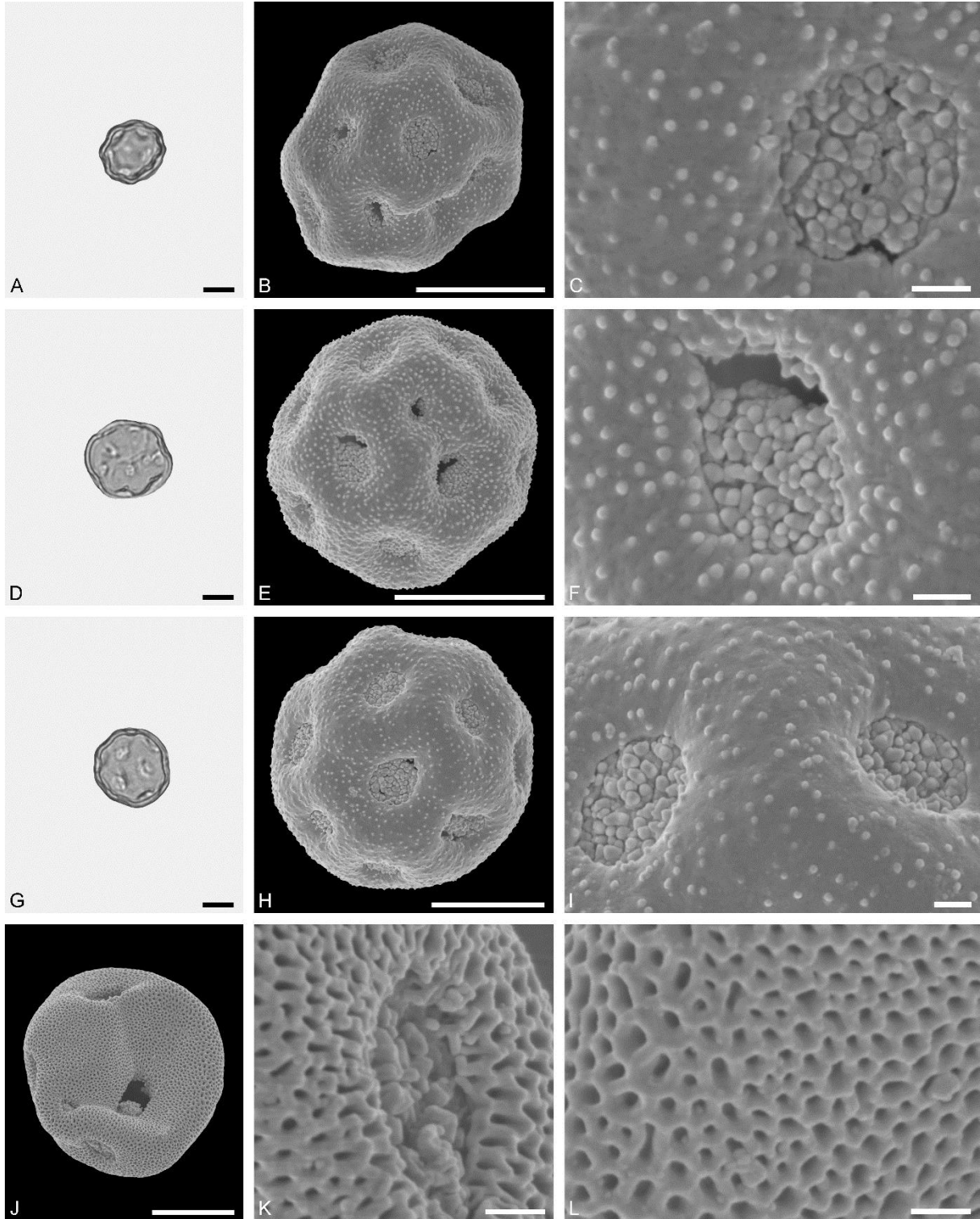
Abb. I: Detail, REM, Balken=1 µm

*Liquidambar sp.*

Abb. J: Übersicht, REM, Balken=10 µm

Abb. K: Detail, REM, Balken=1 µm

Abb. L: Detail, REM, Balken=1 µm



## Tafel 5

*Ilex sp.*

Abb. A: Übersicht, Äquatorialansicht, Polansicht, LM, Balken=10 µm

Abb. B: Übersicht, Äquatorialansicht, REM, Balken=10 µm

Abb. C: Detail, REM, Balken=1 µm

*Ilex sp.*

Abb. D: Übersicht, Äquatorialansicht, LM, Balken=10 µm

Abb. E: Übersicht, Äquatorialansicht, REM, Balken=10 µm

Abb. F: Detail, REM, Balken=1 µm

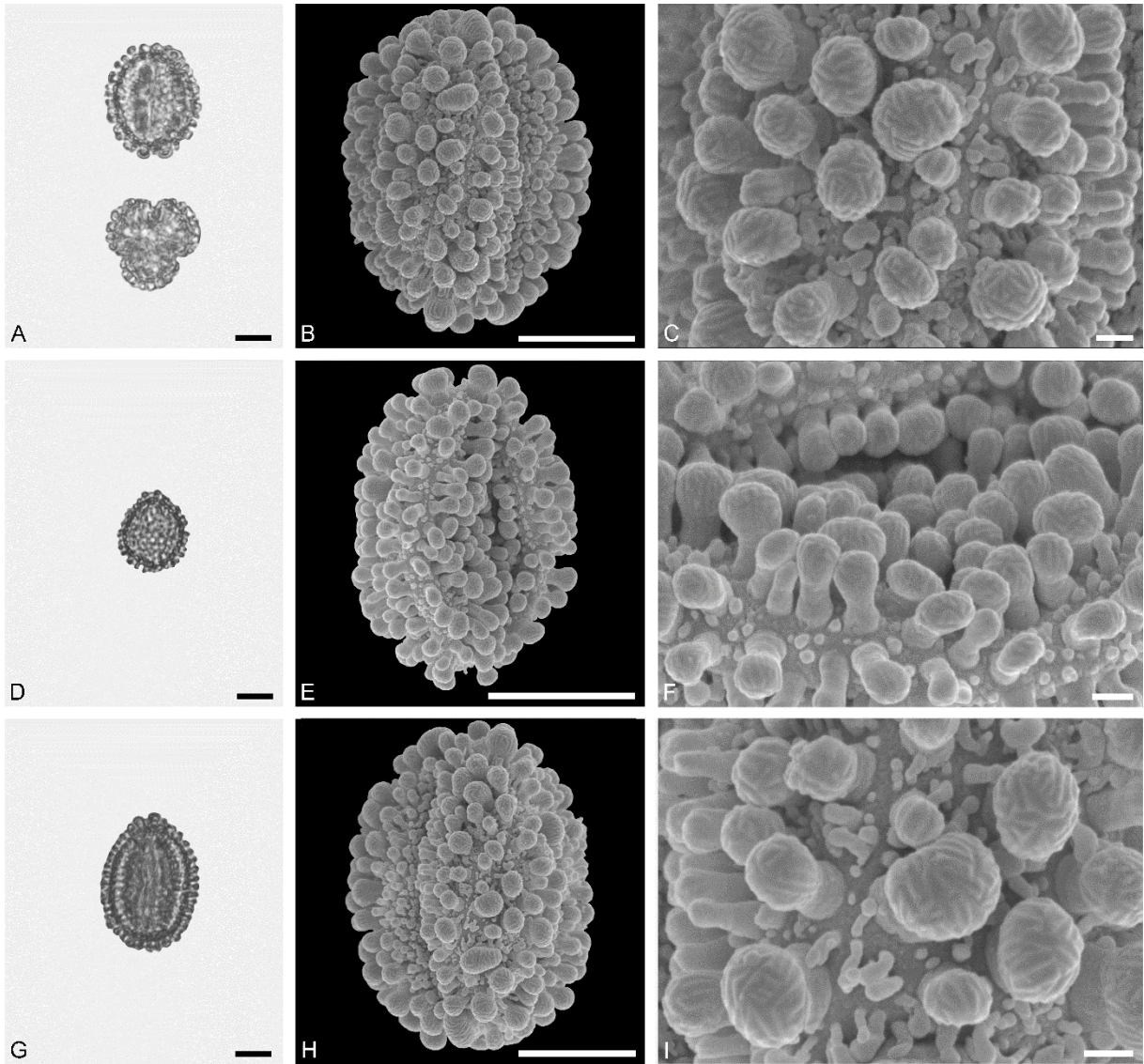
*Ilex sp.*

Abb. G: Übersicht, Äquatorialansicht, LM, Balken=10 µm

Abb. H: Übersicht, Äquatorialansicht, REM, Balken=10 µm

Abb. I: Detail, REM, Balken=1 µm





## Tafel 6

Araliaceae gen. et spec. indet

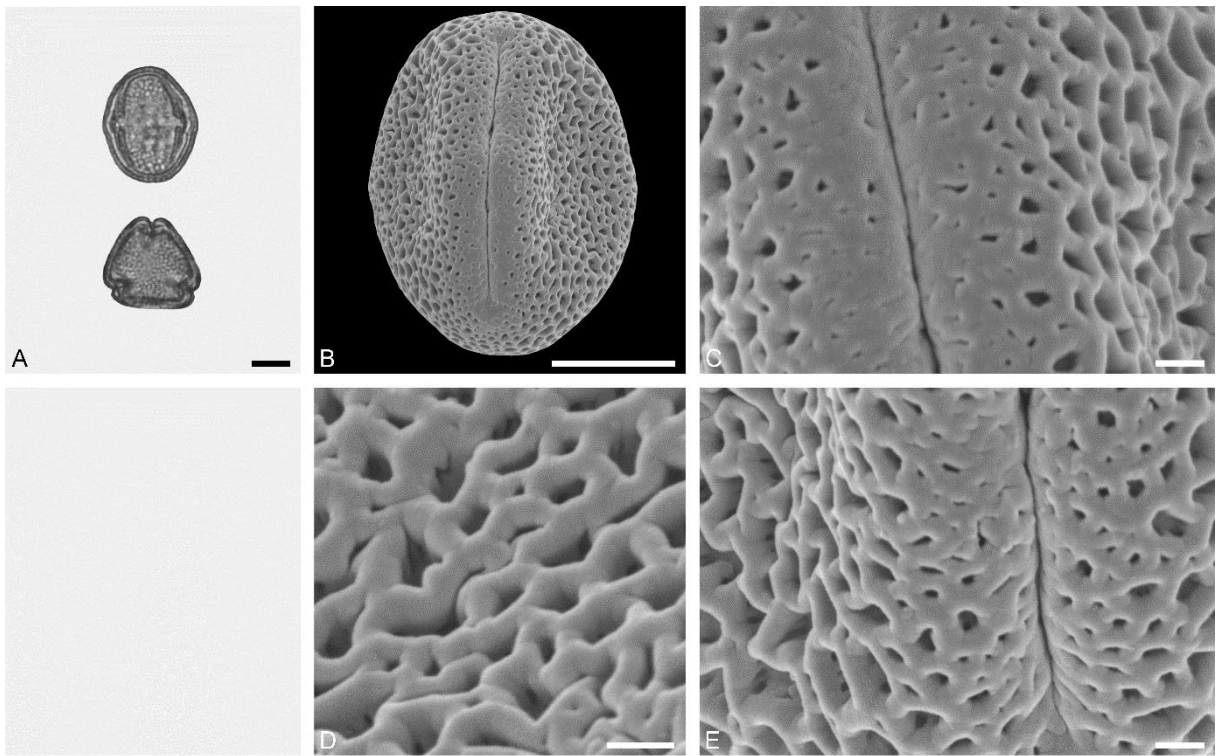
Abb. A: Übersicht, Äquatorialansicht, Polansicht, LM, Balken=10 µm

Abb. B: Übersicht, Äquatorialansicht, REM, Balken=10 µm

Abb. C: Detail, REM, Balken=1 µm

Abb. D: Detail, REM, Balken=1 µm

Abb. E: Detail, REM, Balken=1 µm



## Tafel 7

### *Buxus sp.1*

Abb. A: Übersicht, LM, Balken=10 µm

Abb. B: Übersicht, REM, Balken=10 µm

Abb. C: Detail, REM, Balken=1 µm

### *Buxus sp.1*

Abb. D: Übersicht, LM, Balken=10 µm

Abb. E: Übersicht, REM, Balken=10 µm

Abb. F: Detail, REM, Balken=1 µm

### *Buxus sp.2*

Abb. G: Übersicht, LM, Balken=10 µm

Abb. H: Übersicht, REM, Balken=10 µm

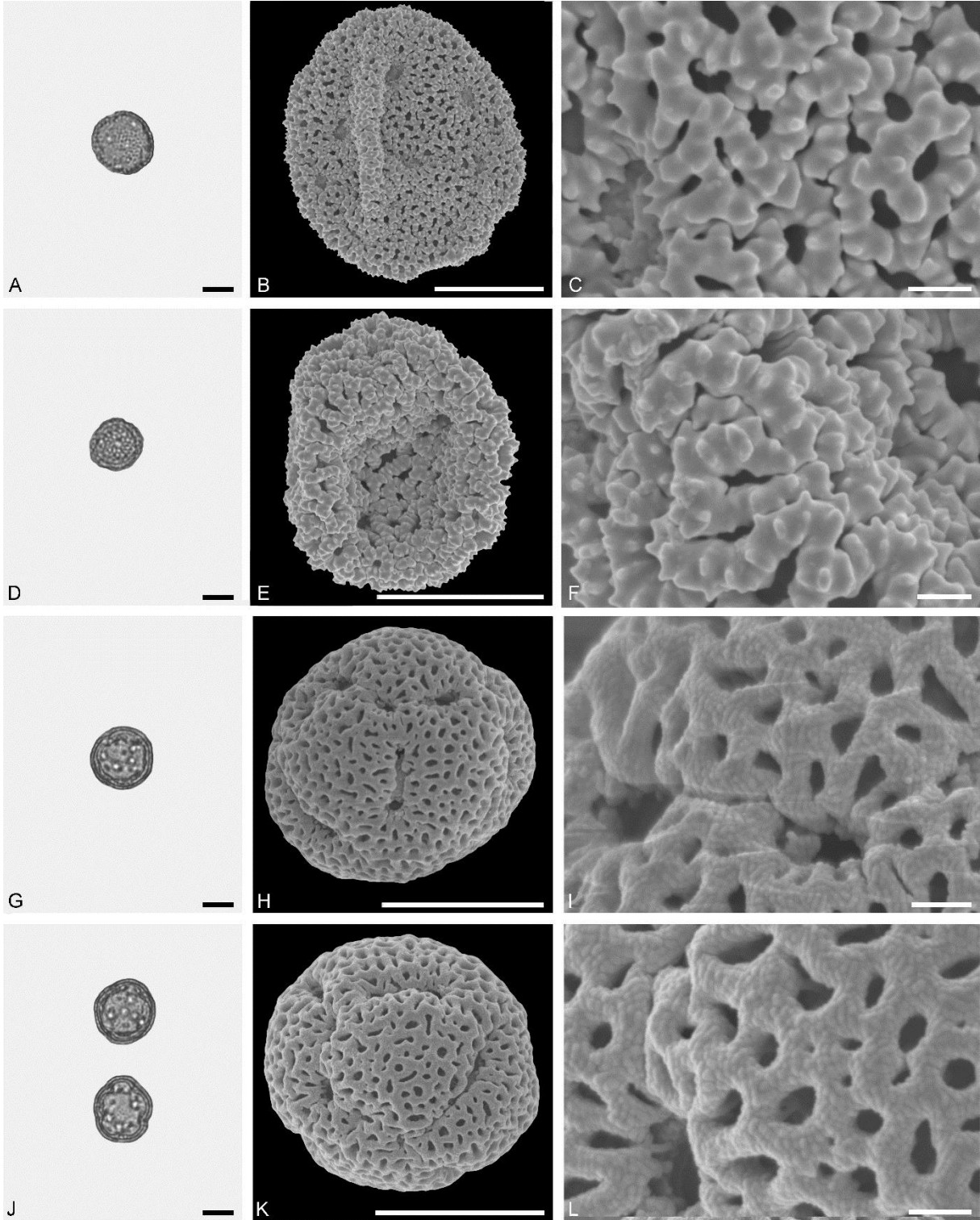
Abb. I: Detail, REM, Balken=1 µm

### *Buxus sp.2*

Abb. J: Übersicht, LM, Balken=10 µm

Abb. K: Übersicht, REM, Balken=10 µm

Abb. L: Detail, REM, Balken=1 µm



## Tafel 8

### *Viburnum sp.1*

Abb. A: Übersicht, Äquatorialansicht, LM, Balken=10 µm

Abb. B: Übersicht, Äquatorialansicht, REM, Balken=10 µm

Abb. C: Detail, REM, Balken=1 µm

### *Viburnum sp.1*

Abb. D: Übersicht, Äquatorialansicht, Polansicht, LM, Balken=10 µm

Abb. E: Übersicht, Äquatorialansicht, REM, Balken=10 µm

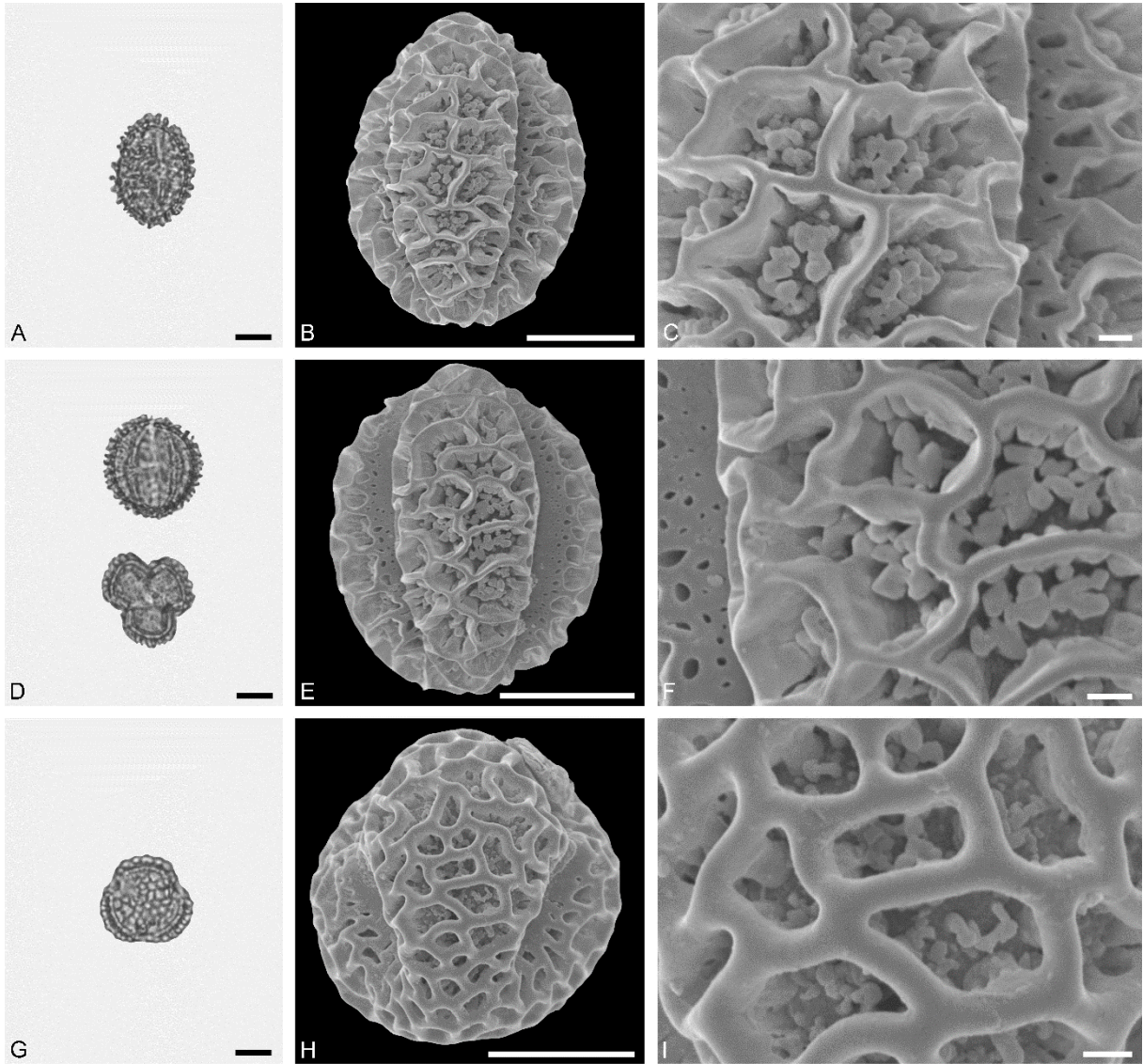
Abb. F: Detail, REM, Balken=1 µm

### *Viburnum sp.2*

Abb. G: Übersicht, Polansicht, LM, Balken=10 µm

Abb. H: Übersicht, Äquatorialansicht, REM, Balken=10 µm

Abb. I: Detail, REM, Balken=1 µm



## Tafel 9

*Merremia sp.*

Abb. A: Übersicht, Äquatorialansicht, Polansicht, LM, Balken=10 µm

Abb. B: Übersicht, Äquatorialansicht, REM, Balken=10 µm

Abb. C: Detail, REM, Balken=1 µm

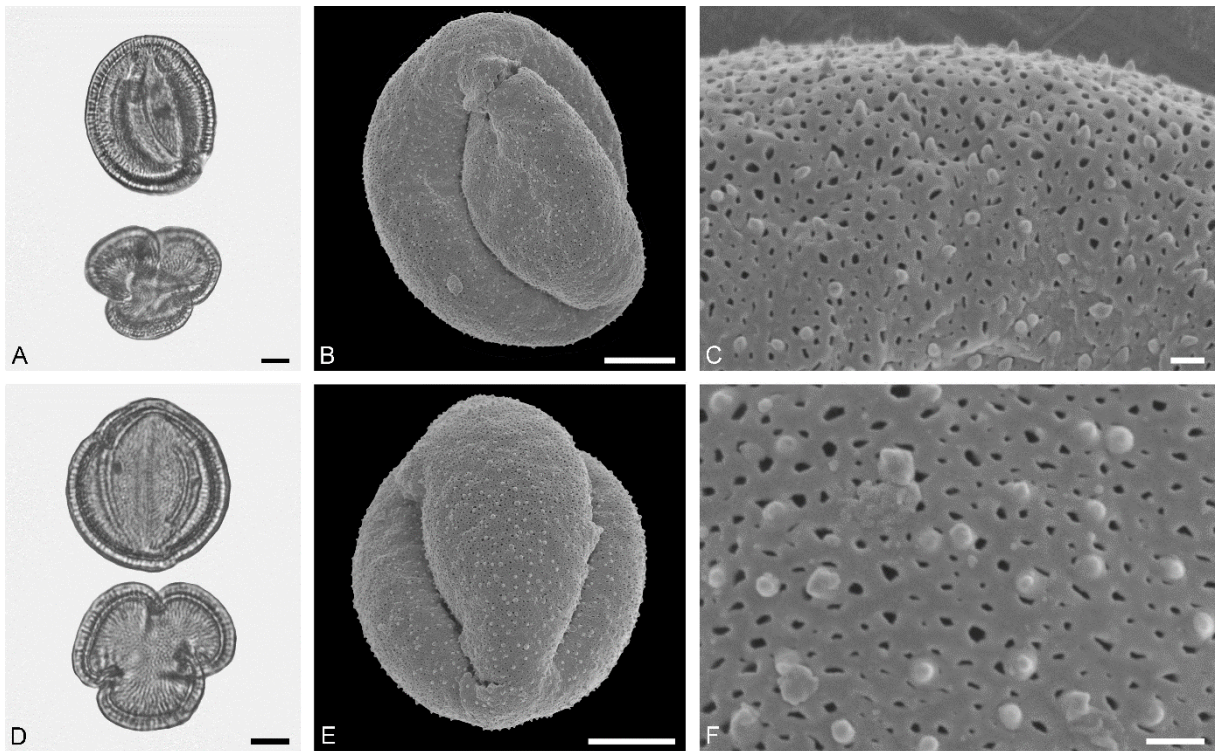
*Merremia sp.*

Abb. D: Übersicht, Äquatorialansicht, Polansicht, LM, Balken=10 µm

Abb. E: Übersicht, Äquatorialansicht, REM, Balken=10 µm

Abb. F: Detail, REM, Balken=1 µm





## Tafel 10

*Iodes sp.*

Abb. A: Übersicht, LM, Balken=10 µm

Abb. B: Übersicht, LM, Balken=10 µm

Abb. C: Übersicht, LM, Balken=10 µm

Abb. D: Übersicht, LM, Balken=10 µm

*Iodes sp.*

Abb. E: Übersicht, REM, Balken=10 µm

Abb. F: Detail, REM, Balken=1 µm

*Iodes sp.*

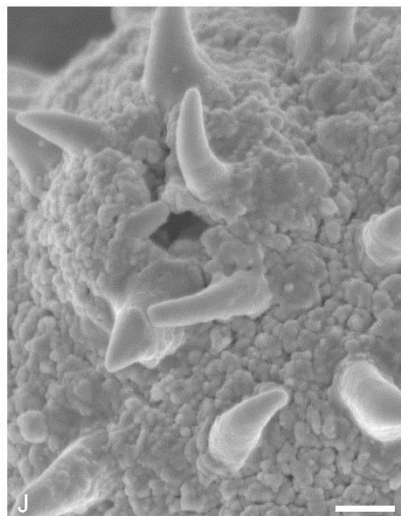
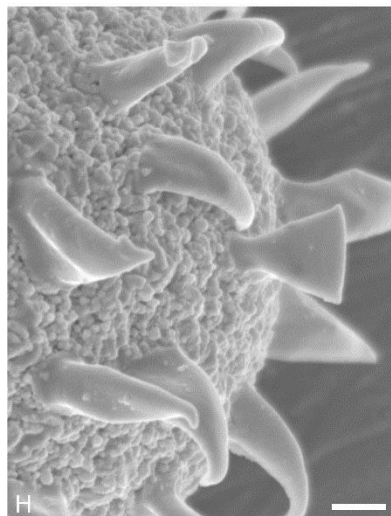
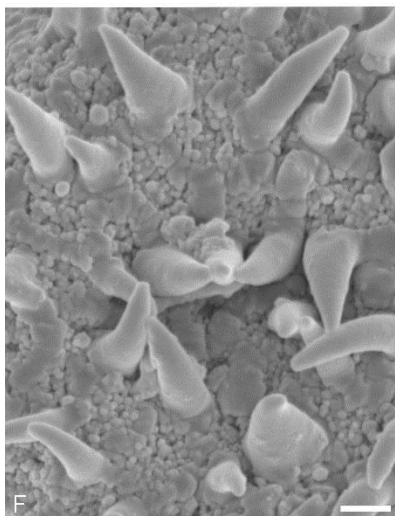
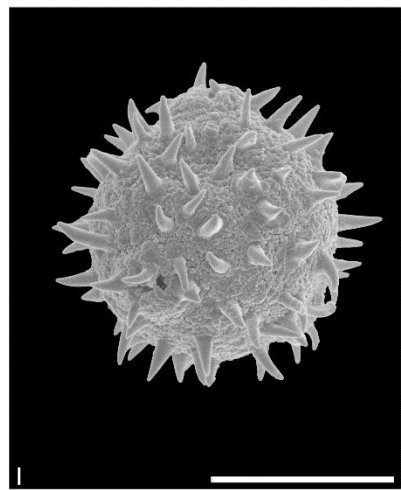
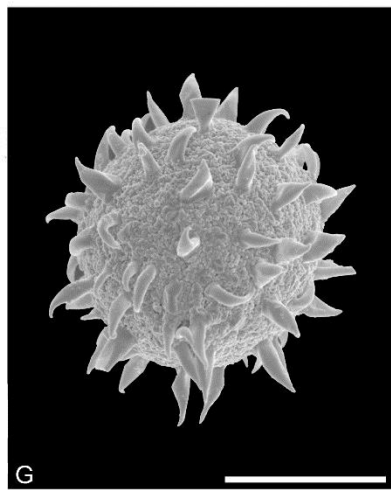
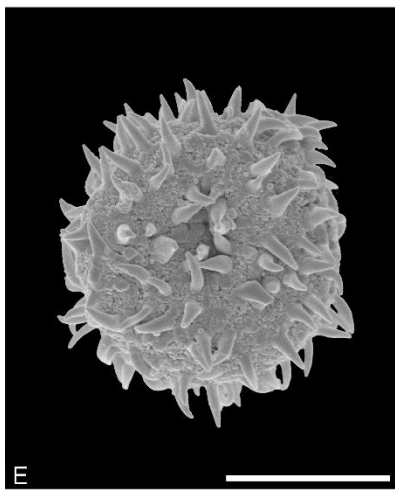
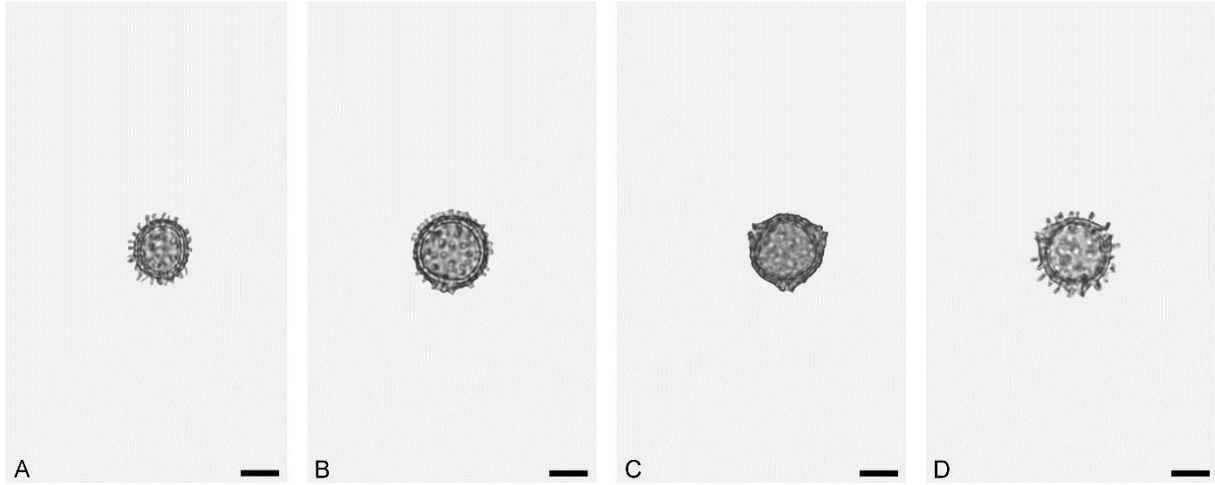
Abb. G: Übersicht, REM, Balken=10 µm

Abb. H: Detail, REM, Balken=1 µm

*Iodes sp.*

Abb. I: Übersicht, REM, Balken=10 µm

Abb. J: Detail, REM, Balken=1 µm



## Tafel 11

Loranthaceae gen. et spec. indet

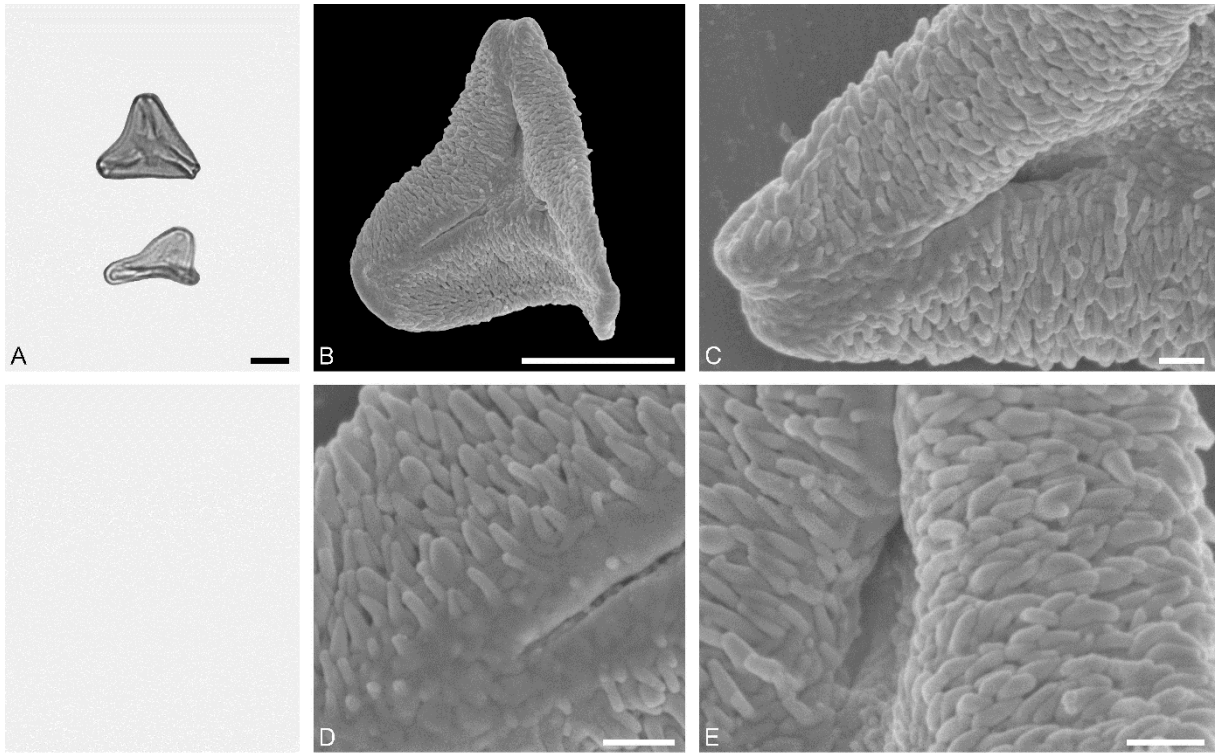
Abb. A: Übersicht, Polansicht, Äquatorialansicht, LM, Balken=10 µm

Abb. B: Übersicht, Polansicht, REM, Balken=10 µm

Abb. C: Detail, REM, Balken=1 µm

Abb. D: Detail, REM, Balken=1 µm

Abb. E: Detail, REM, Balken=1 µm



## Tafel 12

Oleaceae gen. et spec indet\_1

Abb. A: Übersicht, Äquatorialansicht, LM, Balken=10 µm

Abb. B: Übersicht, REM, Balken=10 µm

Abb. C: Detail, REM, Balken=1 µm

Oleaceae gen. et spec indet\_1

Abb. D: Übersicht, Polansicht, LM, Balken=10 µm

Abb. E: Übersicht, REM, Balken=10 µm

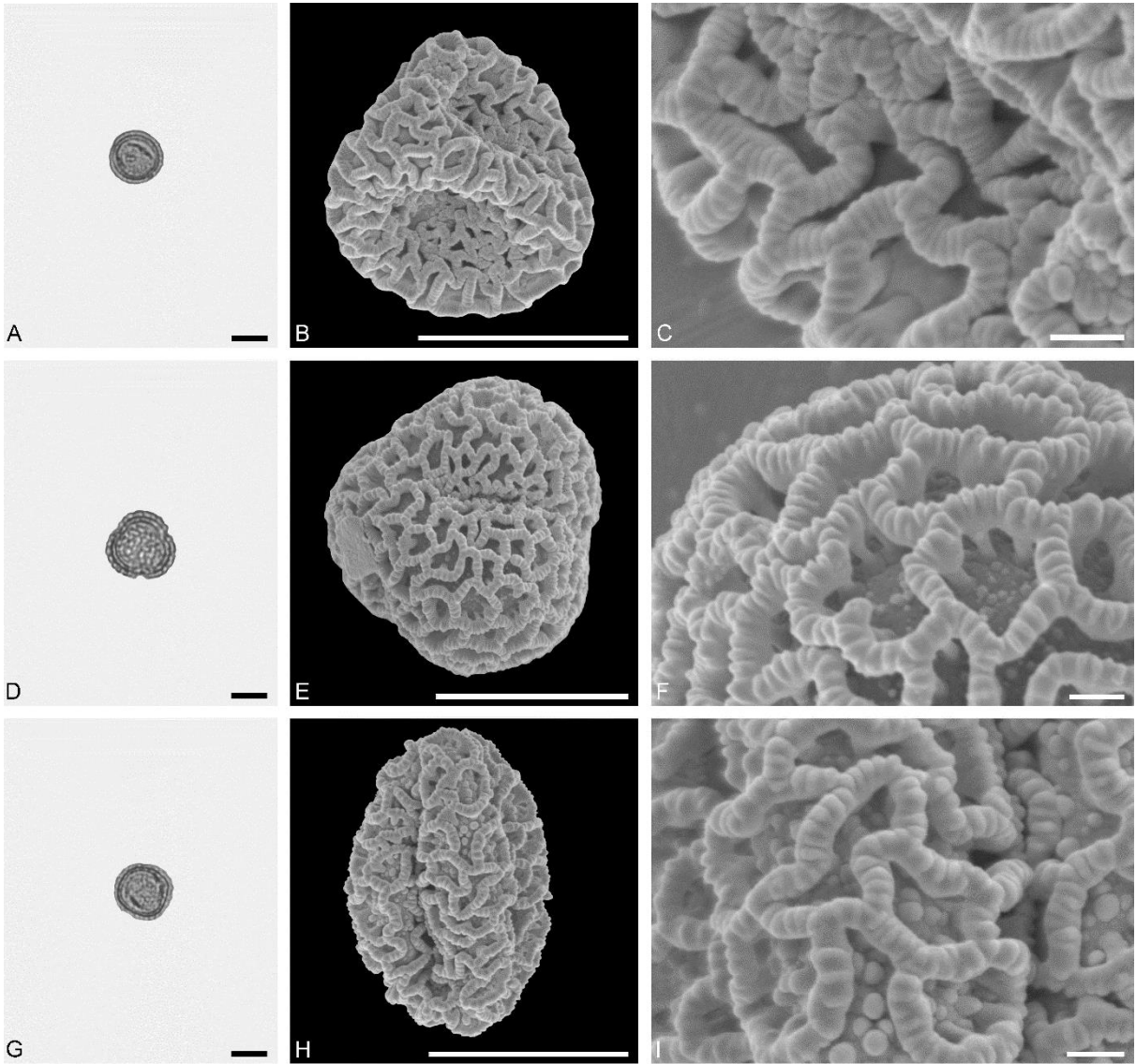
Abb. F: Detail, REM, Balken=1 µm

Oleaceae gen. et spec indet\_2

Abb. G: Übersicht, Äquatorialansicht, LM, Balken=10 µm

Abb. H: Übersicht, Äquatorialansicht, REM, Balken=10 µm

Abb. I: Detail, REM, Balken=1 µm



## Tafel 13

Oleaceae gen. et spec indet\_3

Abb. A: Übersicht, Äquatorialansicht, LM, Balken=10 µm

Abb. B: Übersicht, REM, Balken=10 µm

Abb. C: Detail, REM, Balken=1 µm

Oleaceae gen. et spec indet\_4

Abb. D: Übersicht, Polansicht, LM, Balken=10 µm

Abb. E: Übersicht, REM, Balken=10 µm

Abb. F: Detail, REM, Balken=1 µm

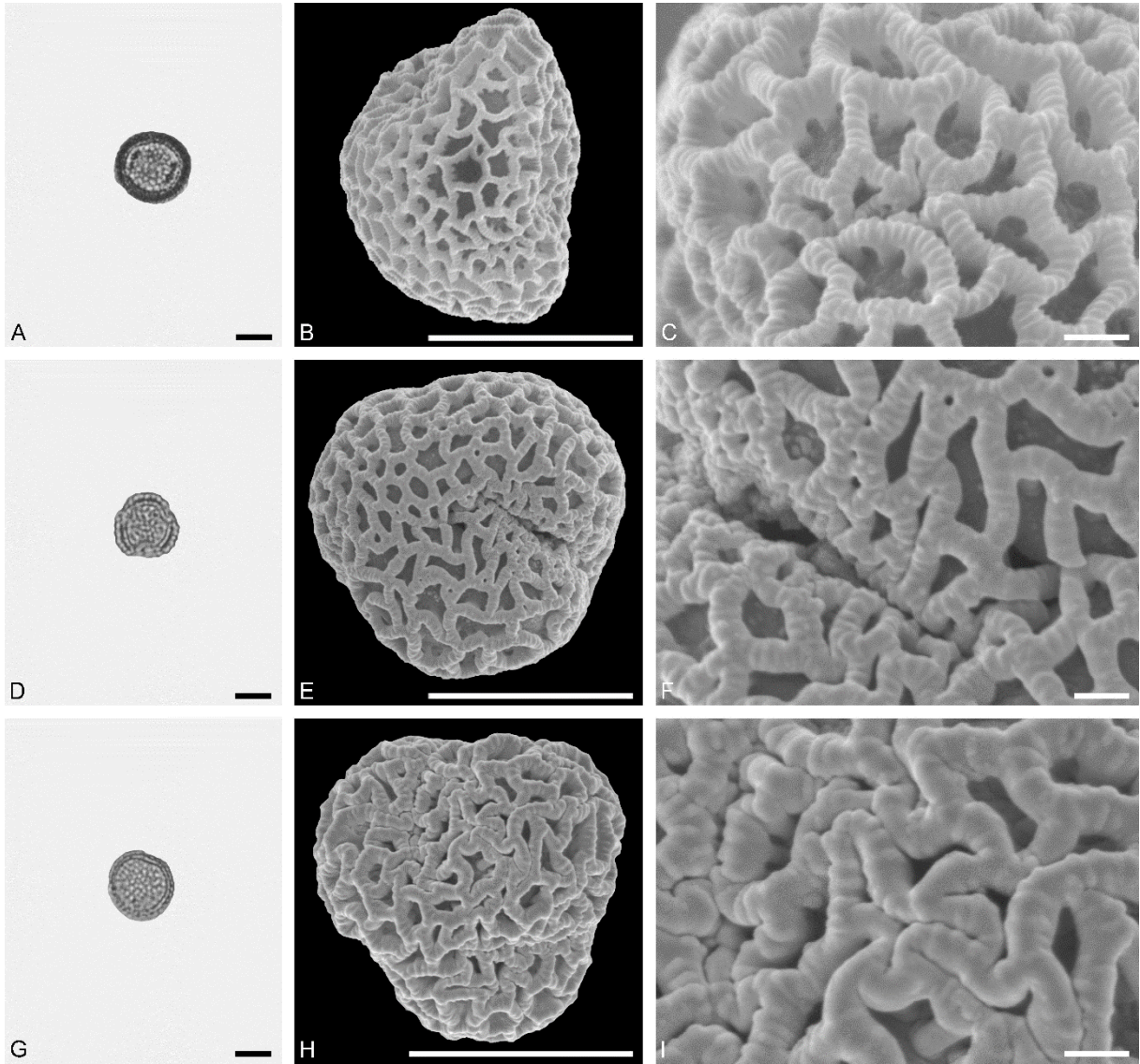
Oleaceae gen. et spec indet\_4

Abb. G: Übersicht, LM, Balken=10 µm

Abb. H: Übersicht, REM, Balken=10 µm

Abb. I: Detail, REM, Balken=1 µm





## Tafel 14

Thymelaeaceae gen. et spec indet\_1

Abb. A: Übersicht, LM, Balken=10 µm

Abb. B: Übersicht, REM, Balken=10 µm

Abb. C: Detail, REM, Balken=1 µm

Thymelaeaceae gen. et spec indet\_2

Abb. D: Übersicht, LM, Balken=10 µm

Abb. E: Übersicht, REM, Balken=10 µm

Abb. F: Detail, REM, Balken=1 µm

