



universität
wien

DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

„Untersuchung an Angiospermen- und
Gymnospermenpollenkörnern aus der
Potomac-Formation (Unterkreide) in den USA“

verfasst von

Lisa Maria Ebner

angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaften (Mag.rer.nat.)

Wien, 2014

Studienkennzahl lt. Studienblatt:

A 190 445 347

Studienrichtung lt. Studienblatt:

Lehramtsstudium UF Biologie und Umweltkunde
UF Französisch

Betreut von:

Ao. Prof. Dr. Reinhard Zetter

Eidesstattliche Erklärung

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

Wien, im Juni 2014

(Lisa Maria Ebner)

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei all jenen Menschen bedanken, die durch ihre fachliche und persönliche Unterstützung zum Ergebnis dieser Arbeit beigetragen haben.

Mein besonderer Dank gilt meiner Familie, insbesondere meinen Eltern, die mir stets den Rücken stärkten und mir dieses Studium überhaupt ermöglichten. Bedanken möchte ich mich auch bei meiner Schwester und meiner Großmutter, die mich immer auf vielfältige Art und Weise unterstützt haben.

Ich bedanke mich ganz herzlich bei Ao. Prof. Dr. Reinhard Zetter, der mir nicht nur ein interessantes Thema zur Verfügung stellte, sondern mich auch geduldig über den gesamten Arbeitsverlauf begleitete.

Außerdem möchte ich mich bei den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Arbeitsgruppe Paläobotanik an der Universität Wien für ihre wertvolle Unterstützung bedanken.

Ferner danke ich Stefanie Murhammer, die bei unzähligen Fragen und Anliegen stets ein offenes Ohr für mich hatte.

Nicht zuletzt danke ich meinen Freunden während meiner Studienzeit für die großartigen Studienjahre in Wien.

Abstract

A pollen sample from the Dutch Gap Canal, a sedimentary layer of the Potomac Formation (USA), which is a geological part of the early cretaceous, was analysed by light microscope and scanning electron microscope. Thereby the attention was drawn to pollen grains of angiosperms and gymnosperms.

Afterwards pictures of those pollen grains were taken under the light microscope as well as under the scanning electron microscope. Then those pictures were edited by the help of various image processing programs and properly arranged in 22 different plates.

Those plates served as an important basis for the following detailed descriptions and classifications of every single angiosperm and gymnosperm pollen grain.

These descriptions were preceded by a survey of the geological implications in the development of land plants as well as a summary of the most important features of angiosperm and gymnosperm pollen grains.

Zusammenfassung

Eine Pollenprobe aus dem Dutch-Gap-Canal, einer Sedimentschicht aus der Potomac-Formation (USA), die erdgeschichtlich der Unterkreide zuzuordnen ist, wurde mithilfe eines Lichtmikroskops und eines Rasterelektronenmikroskops analysiert. Dabei wurde ein besonderes Augenmerk auf Angiospermen- und Gymnospermenpollenkörner gelegt. Diese Pollenkörner wurden sowohl lichtmikroskopisch als auch rasterelektronenmikroskopisch fotografiert, mittels digitaler Bildbearbeitung aufbereitet und schließlich in insgesamt 22 Tafeln übersichtlich angeordnet. Diese Tafeln dienen einer nachfolgenden, umfangreichen Beschreibung und Bestimmung der einzelnen Angiospermen- und Gymnospermenpollenkörner. Diesen Beschreibungen geht eine kurze Zusammenfassung der Entstehungsgeschichte der Landpflanzen sowie wichtigsten Merkmale von Angiospermen- und Gymnospermenpollenkörnern voraus.

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG	1
2	METHODIK.....	3
3	FUNDSTELLE	7
3.1	Erdgeschichtliche Einordnung.....	7
3.2	Potomac-Formation	10
4	GYMNOSPERMEN	13
4.1	Übersicht über die Entstehung und Verbreitung von..... Gymnospermen	13
4.2	Morphologie früher Gymnospermenpollenkörner	15
5	ANGIOSPERMEN	17
5.1	Entstehung und Verbreitung der Angiospermen	17
5.2	Morphologie früher Angiospermenpollenkörner	19
6	TERMINOLOGIE	25
7	ERGEBNISSE	31
7.1	Tafel I.....	31
7.2	Tafel II.....	32
7.3	Tafel III.....	33
7.4	Tafel IV	34
7.5	Tafel V	36
7.6	Tafel VI	37
7.7	Tafel VII	38
7.8	Tafel VIII; Tafel IX; Tafel X.....	39
7.9	Tafel XI; Tafel XII; Tafel XIII	40
7.10	Tafel XIII; Tafel XIV.....	41

7.11	Tafel XIV; Tafel XV	42
7.12	Tafel XVI.....	43
7.13	Tafel XVII.....	44
7.14	Tafel XVIII; Tafel XIX	45
7.15	Tafel XIX; Tafel XX	46
7.16	Tafel XXI.....	47
7.17	Tafel XXII.....	48
8	DISKUSSION	49
8.1	Angiospermen.....	50
8.1.1	<i>Retimonocolpites sp.</i>	50
8.1.2	<i>Clavatipollenites sp.</i>	51
8.1.3	<i>Liliacidites sp.</i>	52
8.2	Gymnospermen	53
8.2.1	<i>Classopollis sp.</i>	53
8.2.2	<i>Cathaya sp.</i>	54
8.2.3	<i>Cedrus sp.</i>	54
8.2.4	<i>Pinus sp.</i>	55
8.2.5	<i>Picea sp.</i>	56
8.2.6	<i>Parvisaccites sp.</i>	56
8.2.7	<i>Vitreisporites pallidus</i> (Reissinger) Nilsson, 1958.....	57
8.2.8	<i>Eucommiidites sp.</i>	59
8.2.9	<i>Callialasporites sp.</i>	59
8.2.10	<i>Exesipollenites tumulus</i> Balme, 1957	60
9	CONCLUSIO	63
10	LITERATURVERZEICHNIS	65
	Anhang A	71
	Anhang B	117

1 EINLEITUNG

Die Ursprünge der Angiospermen bieten stets eine große Projektionsfläche für unzählige Debatten, denn bis heute konnte nicht geklärt werden wo, wie und vor allem wann die ersten Blütenpflanzen tatsächlich entstanden. Auch deren ursprüngliche morphologische Merkmale sind beinahe gänzlich unbekannt (Walker/Walker 1984: 510ff; Brenner 1996: 113; Vickers Rich et al 1996: 537; Sun et al 1998: 1692f).

Diese Arbeit beschäftigt sich vornehmlich mit Angiospermenpollenkörnern aus der Potomac-Formation in den USA. Die aus dieser Formation freigelegte Sedimentschicht des Dutch-Gap-Canal stammt aus der Unterkreide und birgt einige der - derzeitig - ältesten Exemplare an Angiospermenpollenkörnern.

Zudem werden in der vorliegenden Arbeit zahlreiche, für die Unterkreide typische Gymnospermen beschrieben, die jedoch im Verlauf der Erdgeschichte, vor allem aber ab dem Ende der Kreide, durch die anschwellende Dominanz der Blütenpflanzen zunehmend verdrängt wurden (Friis et al 2011: 19).

Die Pollenprobe aus dem Dutch-Gap-Canal ist reich an Sporen von Farnpflanzen, die, ergänzend zu der vorliegenden Arbeit, ausführlich bei Murhammer (in press) bearbeitet werden.

Neben zahlreichen Sporen, findet sich auch ein beachtlicher Anteil an Gymnospermenpollenkörnern in der Probe, die in der Folge beschrieben werden.

Jedoch sind - wie bereits im Vorherein zu erwarten war - Funde von Angiospermenpollenkörner seltener, dennoch sind diese wenigen Exemplare, wie sich in den folgenden Kapiteln herausstellen wird, aus morphologischer Sicht höchst interessant.

Wie die Pollenkörner aus der Probe isoliert wurden, wird im folgenden Kapitel zwei erörtert. Die darauffolgenden Kapitel fußen auf einer umfangreichen Literaturrecherche und beschäftigen sich vornehmlich mit der Entstehung und Verbreitung von Angiospermen und Gymnospermen sowie den morphologischen Merkmalen des Pollens jener Landpflanzen. Diese Kapitel dienen als Basis für das anschließende Kapitel sieben, welches sich speziell mit den Ergebnissen der lichtmikroskopischen und rasterelektronenmikroskopischen Analysen beschäftigt.

Abgerundet wird diese Arbeit schließlich mit einer Diskussion, welche die Ergebnisse zusammenfasst und die in dieser Arbeit aufgestellten Thesen mittels Verweisen auf die Literatur untermauern soll.

2 METHODIK

Für die Untersuchung von Angiospermen- und Gymnospermenpollenkörner empfiehlt es sich zweifellos diverse optische Instrumente zu kombinieren um eine präzisere Merkmalsbestimmung garantieren zu können.

Im Verlauf dieser Arbeit wurden hauptsächlich Lichtmikroskope, Binokulare und ein Rasterelektronenmikroskop für die Untersuchungen genutzt.

Die im Folgenden beschriebene Vorgehensweise der Aufbereitung der Proben basiert größtenteils auf Zettlers (1989) Methodik kombinierter lichtmikroskopischer und rasterelektronenmikroskopischer Untersuchungen fossiler Mikroflora.

Auf einem Objektträger werden die Pollenfunde aus der Potomac-Formation mithilfe von Glycerin ausgestrichen und ohne Deckglas unter dem Lichtmikroskop durchgemustert.

Um die Übersicht bewahren zu können und Verschmutzungen zu reduzieren bietet es sich an, einen zweiten Objektträger mit einem Tropfen Glycerin vorzubereiten. Sobald in der Ursprungsprobe für die Weiterbearbeitung interessante Pollenkörner gefunden werden, können diese auf den bereitstehenden Objektträger übertragen werden.

Um ein für die weitere Untersuchung attraktives Pollenkorn zu isolieren, wird eine Präpariernadel mit einem an deren Spitze angeklebten Haar verwendet. Dazu wird das entsprechende Pollenkornexemplar unter 200facher Vergrößerung an den Rand des Glycerintropfens bewegt und sobald es nicht mehr von Flüssigkeit bedeckt ist, bleibt es für gewöhnlich problemlos an dem Haar haften.

Anschließend wird das Pollenkorn in den Glycerintropfen auf dem vorbereiteten Objektträger übertragen, wobei es von Vorteil ist, alle Exemplare eher am Rand der Flüssigkeit zu platzieren, um sie später mühelos wiederfinden zu können. Um die Übersicht zu behalten, bieten sich

maximal zehn Pollenkörner in einem Glycerintropfen als überschaubare Menge an.

Anschließend werden für später folgende Vergleiche und für die Anfertigung von Bildtafeln, Fotos der einzelnen Pollenkörner erstellt.

Nachdem die ausgesuchten Pollenkörner lichtmikroskopisch bearbeitet wurden, folgt die Aufbereitung derselben für die Untersuchungen unter dem Rasterelektronenmikroskop.

Dazu wird ein für die Rasterelektronenmikroskopie geeignetes Objekttrichter verwendet, welches im Vorhinein mit reinem Alkohol (100% Ethanol) gereinigt wurde.

Die bereits lichtmikroskopisch untersuchten Exemplare werden nun, erneut mittels einer Präpariernadel an deren Spitze ein Haar befestigt ist, auf das Objekttrichter übertragen.

Um Bildstörungen während der rasterelektronenmikroskopischen Untersuchung zu verhindern, muss das überschüssige Glycerin vom Pollenkorn entfernt werden. Aus diesem Grunde trägt man mithilfe einer Kapillarpipette einen kleinen Tropfen des hochprozentigen Alkohols in der Mitte des Objekttrichters auf und legt das Pollenkorn darin ab.

Der hundertprozentige Alkohol verdunstet außerhalb des Aufbewahrungsbehälters relativ schnell und deshalb muss nach jeder Übertragung ein neuer Tropfen auf das Trichter aufgebracht werden, wobei darauf zu achten ist, die bereits auf dem Objekttrichter aufgetragenen Pollenkörner dadurch nicht wegzuspülen.

In Zusammenhang mit dieser Problematik ist es somit sicherlich sinnvoll, nicht mehr als fünf Exemplare auf einem Objekttrichter abzulegen.

Nun sind die Proben bereit für die Beobachtungen unter dem Rasterelektronenmikroskop, werden davor jedoch noch mit einer dünnen Schicht aus einer Gold-Palladium-Verbindung überzogen, beziehungsweise „besputtert“.

Nach den rasterelektronenmikroskopischen Analysen werden die Pollenkörner mithilfe eines befeuchteten Haars, welches an der Spitze der

Präpariernadel angebracht wurde, am Tischchen umgedreht. Anschließend werden die Probestischchen erneut „besputtert“ und unter dem Rasterelektronenmikroskop betrachtet.

Die gesamten Aufnahmen des Rasterelektronenmikroskops werden fotografiert und anschließend einzeln mit diversen Bildbearbeitungsprogrammen (Gimp, Photoshop) bearbeitet sowie in insgesamt 22 Tafeln arrangiert. Diese Tafeln werden abschließend, basierend auf einer vorangehenden, umfassenden Literaturrecherche, beschrieben und sind gesammelt im Anhang A dieser Arbeit zu finden.

3 FUNDSTELLE

3.1 Erdgeschichtliche Einordnung

Erdgeschichtlich konzentrieren sich die in dieser Arbeit beschriebenen Angiospermen auf die Kreidezeit, die mithilfe moderner Datierungen, je nach Definition, vor 144 beziehungsweise 142 Millionen Jahren begann und mit dem Massenaussterben vor 65 Millionen Jahren ein Ende fand (Skelton et al 2003: 9). Viele dieser Angiospermen zählen zu den ersten ihrer Art und entwickelten sich höchstwahrscheinlich in der Unterkreide. Ab der mittleren Kreide begann die extensive Ausbreitung der Angiospermen, die nach und nach die bisher dominierenden Landpflanzen, die Gymnospermen und Pteridophyten, zurückdrängten (Friis et al 2011: 19).

Großen Einfluss auf die Vorherrschaft der Angiospermen hatten zweifellos klimatische und geologische Faktoren, die die Welt vor 140 Millionen Jahren formten. Die Kreidezeit war geprägt von tektonischen Entwicklungen und der daraus resultierenden Kontinentaldrift; Prozesse, welche die Entstehung von Warm- und Kaltzeiten zur Folge hatten und somit die Evolution von Fauna und Flora außergewöhnlich stark beeinflussten (Nabors 2007: 387). Der Superkontinent Pangäa zerfiel, Gondwana und Laurasien entfernten sich immer weiter auseinander und die Kontinente näherten sich langsam ihrer heutigen Position an. Durch das damalige Arrangement der Kontinente drang warmes Meerwasser zu den Polgebieten vor und ließ die Eiskappen schmelzen. In weiterer Folge kam es zu einem erheblichen Anstieg des Meeresspiegels, der folglich 250 bis 300 Meter über dem heutigen Stand lag (Willmann/Egli-Broz 2003: 55, 229; Rogers 1993: 224).

Durch das Schmelzen der Polkappen und dem sich daraus ergebenden erhöhten Meeresspiegel, kam es zu regelmäßigen Überflutungen. Dadurch wurden die küstennahen Landmassen immerzu mit sandigem und, später in der Oberkreide, mit kalkigem Material angereichert (Storch et al 2013: 182).

Die enormen tektonischen Kräfte resultierten in einer gesteigerten vulkanischen Aktivität. Unzählige Eruptionen steigerten den Anteil an Kohlendioxid in der Atmosphäre wodurch der Treibhauseffekt zweifellos verstärkt wurde (Willimann/Egli-Broz 2003: 55).

Basierend auf charakteristischen Gesteinen und fossilisiertem Material lässt sich schlussfolgern, dass auf der Erde ein zunehmend gemäßigtes, subtropisches bis tropisches Klima herrschte. Auch die in dieser Arbeit beschriebenen Pollenkörner aus Potomac-Formation in Nordamerika wurden in Zeiten subtropischen Klimas fossilisiert (Willimann/Egli-Broz 2003: 55; Vakhramee 1991: 137; Skelton et al 2003: 29).

Diese außergewöhnlichen Bedingungen hatten immensen Einfluss auf die Entstehung und Evolution der frühen Blütenpflanzen, die aufgrund dessen im Verlauf der Kreidezeit zum leitenden Bestandteil der damaligen Flora aufstiegen (Friis et al 2011: 39).

In Bezug auf die Entwicklung von Angiospermen kann man insgesamt zwischen vier Palynofloren in der frühen Entstehungs- und Verbreitungsphase unterscheiden.

Im nördlichen Laurasien herrschte temperiertes, feuchtes Klima. Diese Provinz lag ungefähr über dem sechzigsten Breitengrad, in der heutigen Arktis. Hier finden sich vor allem bisaccate Pollenkörner der Pinaceae. Ähnliche Pollenkörner findet man bis südlich der Potomac-Formation, der Fall River Formation in Wyoming und Colorado sowie in Blairmore im westlichen Kanada. Generell sind die Mikrofloren dieses Gebietes ärmer an bisaccaten Gymnospermenpollenkörnern, was vor allem daran liegt, dass die Gymnospermenpopulationen durch nicht saccaten Pollen wie beispielsweise aus den Gattungen *Classopollis*, *Eucommiidites*, *Araucariacites* und *Exesipollenites* ergänzt wird. *Classopollis* ist in diesen Mikrofloren außergewöhnlich stark vertreten, wurde jedoch nicht in nördlichen, arktischen Klimata gefunden. Das Vorkommen beschränkt sich vornehmlich auf mittlere Breiten im Süden des nördlichen Laurasiens (Brenner 1976: 30, 34).

Der südliche Teil Laurasiens zeichnet sich - im Vergleich zum nördlichen Teil - durch eine enorme Artenvielfalt aus. Auffallend ist in diesem Bereich vor allem die Dominanz der Pteridophyten. Neben zahlreichen Sporen findet man in mittleren Breiten zusätzlich auch Pollen der Gattungen *Brachyphyllum* und *Pagiophyllum* sowie Gymnospermen mit bisaccaten Pollenkörnern. *Classopollis* verschwindet in diesen Breiten jedoch zunehmend im Verlauf des Apts, bleibt aber dominierendes Element in tropischen Bereichen. Im mittleren Alb wird die Palynoflora schließlich durch die ersten eindeutigen Angiospermen erweitert.

Prinzipiell ist der Bereich des südlichen Laurasiens durch warmes, subtropisch feuchtes Klima gekennzeichnet (Brenner 1976: 30, 34f).

Ähnliches Klima herrschte im Gebiet des südlichen Gondwanakontinents, dem heutigen Südamerika, Afrika, Australien, Neuseeland und Indien. In fossilisierten Mikrofloren aus diesem Bereich der südlichen Hemisphäre sind bisaccate Pollenkörner der Podocarpaceae vorherrschend (Brenner 1976: 30, 38, 40).

Die Mikrofloren des nördlichen Gondwanakontinents, welcher nachweislich durch tropisches, semiarides Klima gekennzeichnet war, sind jenen der arktischen Regionen sehr ähnlich. Es gibt hier generell nur wenige Farne, am häufigsten finden sich Individuen der Gattungen *Cyanthidites* und *Deltoideospora*. Gymnospermen mit bisaccaten Pollenkörnern kommen in dieser Mikroflora interessanterweise nicht vor, jedoch sind Vertreter der Gattungen *Classopollis*, *Araucariacites* und *Callilasporites* hier durchaus vertreten.

Ein Charakteristikum dieser Flora ist zudem, dass monosulcate Pollenkörner zahlreicher und differenzierter vorkommen als in den drei anderen Floren. Auch die ältesten tricolpaten Pollenkörner stammen aus dem nördlichen Bereich des Gondwanakontinents, dem heutigen Israel und Brasilien (Brenner 1976: 30, 35, 38).

3.2 Potomac-Formation

Ein Großteil fossiler Angiospermen kann auf die geografische Breite des heutigen östlichen Nordamerikas eingegrenzt werden. Die Fundorte erstrecken sich dabei von Massachusetts im Norden bis nach Georgia im Süden (Friis et al 2011: 72).

Neben der Raritan- und Magothy-Formation nimmt in diesem Bereich zweifellos die Potomac-Formation einen besonderen Stellenwert ein. Die Fundstelle erstreckt sie sich von Virginia, Maryland, Delaware bis nach New Jersey (Friis et al 2011: 73f; Doyle 1977a: 347f).

Die sich von Nord-Ost bis nach Süd-West erstreckende Formation ist durch ein weit verzweigtes Flusssystem und eine daraus hervorgegangene Sedimentation gekennzeichnet. Je nach Sedimentzusammensetzung wird die Potomac-Formation in drei Zonen unterteilt. Die Patuxent-Formation zeichnet sich durch sandigen und kiesigen Untergrund aus, die Arundel-Formation dagegen ist reich an organischem Lehm. Die Patapsco-Formation schließlich als dritte Zone ist aus limnologischer Perspektive aufgrund ihrer stark heterogenen Zusammensetzung schwer einem Sedimentationstypus zuzuordnen (Friis et al 2011: 73f; Doyle 1977a: 347f).

Häufig wird auch eine vierte Zone innerhalb der Potomac-Formation erwähnt. Diese ist jedoch jünger und fällt teilweise bereits in die Oberkreide (Walker/Walker 1984: 465f; Friis et al 2011: 74).

Die stratigraphische Einstufung der einzelnen Zonen basiert größtenteils auf Funden von Pollen und Sporen, die mithilfe von Vergleichsanalysen mit anderen Fundorten einem bestimmten Abschnitt der Kreide zugeordnet werden konnten.

Zone I, welche die Patuxent- und Arundel-Formation umfasst, ist durch einen bedeutenden Anteil an Pteridophyten Sporen und Pollen von Gymnospermen gekennzeichnet. In den ältesten Sedimentschichten dieser Formation, die höchstwahrscheinlich dem Barrem zuzuordnen sind, finden sich vereinzelt

monosulcate Angiospermenpollenkörner, die sich von jenen der Gymnospermen nur durch ihr reticulates Tectum unterscheiden. Zu diesen Schichten zählen beispielsweise Trent's-Reach, Potomac-Run und Dutch-Gap-Canal. Aus letztgenannter Schicht stammen auch die in dieser Arbeit beschriebenen Pollenkörner. Pollenkörner der Angiospermen zeigen eine Vielfalt an Größen, Formen und Ausprägungen ihrer Exinen auf (Hickey/Doyle 1977: 21).

Die ersten tricolpaten Pollenkörner kommen bereits in Subzone II-A vor. Diese können in unterschiedlichen Größen auftreten und sowohl psilate als auch grobkörnige skulpturierte Oberflächen zwischen den Colpi ausbilden (Doyle/Robbins 1977: 54).

Die Gegend um Mount Vernon, White House Bluff, Wellhams und Deep Bottem bilden gemeinsam die Subzone II-B in der die morphologische Vielfalt an Angiospermen Pollen explosionsartig zunimmt (Hickey/Doyle 1977: 27). Zeitlich ist diese Zone dem Alb zuzuordnen und bildet somit das Ende der Unterkreide (Doyle/Robbins 1977: 57). Subzone II-C, welche zeitlich in das späte Alb einzuordnen ist, umfasst unter anderem das Maryland-Raritan beziehungsweise die Elk-Neck-Beds. Diese Zone weist ähnliche Formen, wie sie schon in Subzone II-B zu finden waren, auf. Sehr viele frühe Taxa sind hier bereits verschwunden, dafür treten andere Formen zum ersten Mal auf, wie beispielsweise neue, sehr kleine und wenig skulpturierte, tricolporoidate Pollenkörner. Tricolporoidate Pollenkörner mit triangulären Umrissen und kleinere, prolate Formen mit langen, schmalen Columellae findet man im Cedar-Point, welcher ebenfalls zur Subzone II-C zählt (Hickey/Doyle 1977: 41ff; Doyle/Robbins 1977: 58). Schließlich charakterisieren tricolporate Angiospermenpollenkörner Zone III, die dem frühen Cenoman und somit bereits der Oberkreide zugeordnet werden kann. Diese Pollenkörner sind äquatorial gekennzeichnet durch dreieckige Keimstellen (Walker/Walker 1984: 466). Diese Form bleibt auch in Zone IV, der Raritan-Formation in der Gegend um New Jersey, bestehen, in welcher sich zusätzlich die ersten triporaten Pollenkörner finden. In Zone V tauchen schließlich zum ersten Mal

moderne tricolporate Pollenkörner auf (Hickey/Doyle 1977: 17; Doyle/Robbins 1977: 66).

4 GYMNOSPERMEN

4.1 Übersicht über die Entstehung und Verbreitung von Gymnospermen

Da sich diese Arbeit vorwiegend mit den frühen Angiospermenpollenkörnern beschäftigt und eine detaillierte Zusammenfassung über die Entstehung und Verbreitung von Gymnospermen den Rahmen dieser Arbeit sprengen würde, wird an dieser Stelle lediglich eine kurze Übersicht über den Ursprung und die Verbreitung von Gymnospermen dargelegt.

In der Geschichte der Landpflanzen zählt die Entstehung und Evolution von samenträgenden Pflanzen zweifellos zu einem wichtigen Ereignis. Der Ursprung der ersten Gymnospermen liegt ungefähr 350 Millionen Jahre zurück und ist erdgeschichtlich auf das späte Devon bis frühe Karbon festzulegen. Die ältesten fossilen Funde von Samenpflanzen stammen aus dem späten Oberdevon aus Pennsylvania. Zunächst war die Entstehung der Gymnospermen umstritten. Die beiden „Missing-Links“ *Archaeopteris* und *Callixylon* bestätigten schließlich die Theorie, dass sich im Laufe der Evolution Gymnospermen aus den Sporenpflanzen entwickelten. *Archaeopteris* beispielsweise wurde bis zu acht Meter hoch und bildete einen den Gymnospermen ähnlichen Stamm aus, der einen Durchmesser von bis zu 1,5 m erreichen konnte. Dieser Fund führte schließlich dazu, dass sich die Klasse der Progymnospermen etablierte, zu der man die drei Ordnungen Aneurophytales, Archaeopteridales und Protopityales zählt (Taylor 1982: 23; Bhatnagar/Moitra 1996: 30f, Willis/McElwain 2014: 116).

Die Gymnospermen selbst scheinen möglicherweise diphyletischen Ursprungs zu sein. Die Linie der Cycadales und jene der Koniferen sind unabhängig voneinander entstanden. Es liegt die Annahme nahe, dass die Cycadales aus den älteren Aneurophytales und die Koniferen aus den

jüngeren Archaeopteridales hervorgegangen sind. Zu letzteren zählen Vertreter der Gingkoales, Cordaitales und Koniferen. Repräsentanten der Cycadales sind Gnetales und Pteridospermae (Walker/Walker 1984: 510f).

Die Linie der Koniferen ist gekennzeichnet durch einfache, kleine Blätter und Holz mit wenig parenchymatischen Zellen. Die weiblichen Fortpflanzungsorgane sind für gewöhnlich Zapfen in denen bilaterale Samen mit einem zweigeteilten Integument heranwachsen.

Im Gegensatz dazu haben Vertreter der Linie der Cycadales zusammengesetzte Blätter, parenchymreiches Holz. Die Samen sind radiärsymmetrisch mit einem mehrgeteilten Integument, welches von einer Cupula umgeben ist.

Koniferen haben einen monopodialen, stark verzweigten Habitus während Cycadales eher, schwach verzweigte kleine Bäume oder strauchartige Formen ausbilden (Walker/Walker 1984: 510f).

In Bezug auf den Pollen ist in diesem Zusammenhang vor allem die Tatsache erwähnenswert, dass Vertreter der Koniferen dazu tendieren, saccate Pollenkörner auszubilden, die man jedoch kaum bei der Ordnung der Cycadales findet.

Diese entscheidenden Unterschiede lassen somit Raum für die Theorie, dass Angiospermen eher aus der Linie der Cycadales entstanden sind, da sie aufgrund ihrer Merkmale, wie beispielsweise dem parenchymatischen Holz, dem Aufbau ihrer Fortpflanzungsorgane und ihrem reduzierten Habitus große Ähnlichkeiten mit den Cycadales aufweisen (Walker/Walker 1984: 510f).

Prinzipiell unterscheiden sich Gymnospermen von Angiospermen vor allem in der Art der Samenreifung. Bei Gymnospermen liegen die Samen, beispielsweise in den Zapfen der Koniferen, frei, bei Angiospermen werden sie vom Karpel geschützt. Koniferen zählen heute zur arten- und individuenreichsten Gruppe der Gymnospermen (Andrews 1963: 925).

Zu den frühen Gymnospermen zählt auch die Ordnung der Ginkgoales, die während des Mesozoikums noch durch 16 Gattungen vertreten war, heute jedoch nur mehr durch die Art *Ginkgo biloba*. Des Weiteren zählen auch die Palmfarne, Cycadales, zu den ersten Gymnospermen, die heute vor allem in den Tropen und Subtropen beheimatet sind. Sie ähneln aufgrund ihrer Blätter sehr stark den Farnen, bilden jedoch enorm große Zapfen aus, die in jeder holzigen Schuppe mindestens ein Paar Samen tragen. Im Zusammenhang mit frühen, heute noch existierenden Gymnospermen ist in weiterer Folge auch die Ordnung der Gnetales mit den Gattungen *Ephedra*, *Welwitschia* und *Gnetum* anzuführen. Ausgestorben sind dagegen die im Mesozoikum weit verbreiteten Ordnungen Pteridospermae, Bennettitales und die Ordnung der Cordaitales (Andrews 1963: 925).

Mit der voranschreitenden Evolution der Angiospermen, ging die Diversität und Verbreitung der Gymnospermen immer weiter zurück und so kam es, dass ein Großteil der Nacktsamer am Ende des Mesozoikums ausstarb (Govil 2007: 1).

4.2 Morphologie früher Gymnospermenpollenkörner

Im Vergleich zu Angiospermen, weisen Gymnospermen nicht nur in ihrem äußerlichen Habitus eine Vielzahl an Unterschieden auf, sondern auch in Bezug auf die Morphologie ihrer Pollenkörner.

Die Endexine der Gymnospermen ist stets lamellat und das Infratectum kann granular oder alveolat sein, jedoch niemals columellat. Zudem gibt es zwischen den Ordnungen große Unterschiede hinsichtlich der Ausbildung der Aperturen (Hesse et al 2009: 23).

Dadurch, dass der Pollen der Gymnospermen größtenteils durch den Wind verbreitet wird, bilden einige Taxa Pollen mit Luftsäcken aus. Der Saccus ist eine Abweichung der typischen Pollenwand und entsteht durch eine Abhebung der äußeren Pollenkornwand von der inneren. Dieser Luftsack

besteht aus einer äußeren Exine und einer alveolaten Struktur im Inneren (Hesse et al 2009: 23).

In den meisten Fällen liegen zwei Luftsäcke vor, doch es gibt auch Taxa, die nur einen oder sogar drei Sacci ausbilden.

Saccate Pollenkörner zeigen auf ihrer proximalen Seite des Corpus eine Region, die als Cappa bezeichnet wird. Der verdünnte Bereich an der distalen Seite des Pollenkorns wird als Leptoma bezeichnet (Hesse et al 2009: 23).

Pollenkörner früher Gymnospermen können sich in ihrer Morphologie relativ stark unterscheiden. Im Karbon unterscheidet man beispielsweise bei den Pteridospermae, den Samenfarne, zwischen vier Pollenkorn Typen.

Dazu zählen die 40-80 µm großen, trileten Pollenkörner der Lygnopteridales, die monosaccaten Pollenkörner der Callistopytales und die polysaccaten Pollenkörner der Medullosales, die keine eindeutige Apertur aufweisen und eine Größe von bis zu 500 µm erreichen können. Vertreter der Ordnung Cordaitales bildeten beispielsweise 200 µm große, monosaccate Formen aus (Taylor 1982, 24).

5 ANGIOSPERMEN

5.1 Entstehung und Verbreitung der Angiospermen

Wie sich aus Nacktsamern Bedecktsamer entwickelten, konnte bis heute noch nicht geklärt werden. Man nimmt an, dass Gymnospermen mit größter Wahrscheinlichkeit zuerst die Eigenschaft der Entomophilie angenommen haben und dass Charakteristika wie Perianth, Karpel und Bisexualität die Antwort auf die zunehmende Insektenbestäubung war. Allein die Entwicklung des Perianths durchlief mindestens sechs Phasen, bis es eine adäquate Form angenommen hat (Walker/Walker 1984: 513).

Die große Varietät an unterschiedlichen Arten von Blütenpflanzen in der Kreidezeit lässt darauf schließen, dass die Geschichte der Angiospermen zumindest in der frühen Kreide im nördlichen Gondwana begonnen haben muss (Brenner 1996: 113; Vickers Rich et al 1996: 537). Die ältesten fossilen Funde stammen von Pollenkörnern aus einer Fundstelle in Israel, die dem späten Valangin bis frühen Apt der Unterkreide zuzuordnen ist. Von hier aus haben sich die basalen Angiospermenpollenkörner weiterentwickelt.

Die ältesten fossilen Funde aus der Potomac-Formation in Maryland und Virginia stammen erst aus dem späten Barrem oder frühen Apt.

Die Pollenkörner aus dem Valangin sind klein, inaperturat, globulär mit tectate-columellat und reticulater Struktur. Diese Funde legen nahe, dass sie die Vorläufer der monosulcaten *Clavatipollenites* Gruppe sind (Brenner 1996: 91, 113f, 109).

Aufgrund ihrer monosulcaten Apertur und anderen morphologischen Eigenschaften zählt man *Clavatipollenites hughesii*, *Liliacidites peroreticulatus* und *Retimonocolpites* zu den ältesten Angiospermen, denn sie weisen teilweise noch Ähnlichkeiten mit Gymnospermen wie Cycadales, Bennetitales, Pentoxylales und Ginkgoales auf. Unterschiede lassen sich nur in den Ausprägungen ihrer Exinen feststellen. Dazu zählen beispielsweise

das Vorkommen von Columellae oder Perforationen im Tectum. Vertreter der *Clavatipollenites* zeigen eine sehr hohe Variabilität in der Ausprägung ihrer Exinen. Die Struktur reicht von reticulat über freie Clavae bis hin zu tectat, wobei das entstehende Tectum aus den miteinander fusionierenden Köpfen der Clavae entsteht. Das distale Reticulum ähnelt dabei sehr stark Pollenkörnern der Familie der Liliaceae oder der basaleren Gattung *Ascarina*, die der Familie der Chloranthaceae angehört. *Liliacidites peroreticulatus* aus der Familie der Liliaceae beispielsweise weist eine typisch monosulcate Apertur auf und wurde in der Patuxent- und Arundel-Formation aus dem frühen Alb sowie in der Zeweira-Formation im nördlichen Teil der Wüste Negev in Israel gefunden. Die *Clavatipollenites* Pollenkörner unterscheiden sich von jenen der *Liliacidites peroreticulatus* vor allem durch die längeren und weiter auseinanderliegenden Columellae (Hickey/Doyle 1977: 47; Brenner 1976: 24).

Neben der Annahme, dass Angiospermen in der Unterkreide entstanden sind, werden stets neue Hypothesen aufgestellt, welche die Idee untermauern, dass die ältesten Angiospermen noch gar nicht gefunden wurden (Vickers Rich et al 1996: 537).

Die Möglichkeit, dass Angiospermen bereits viel früher entstanden sein könnten wurde durch den 1998 in Science veröffentlichten Artikel von David Dilcher und Ge Sun unterstützt. Darin wird ein Fund der neuartigen Gattung *Archaeofructus* beschrieben, deren fossilisierte Blüten jenen der Angiospermen sehr ähnlich sind, denn auch sie weisen das für Blütenpflanzen typisch geschlossene Karpell auf. Dieser damals außergewöhnliche Fund stammt aus dem Jianshangou Bett aus der Yixian-Formation von Huangbanjiegou im nordöstlichen China (Dilcher et al 1998: 1692ff).

Aus der Fundstelle im nordöstlichen China konnte 1998 unter anderem auch Pollen in situ aus den Antheren extrahiert werden. Laut den Forschern ist dieser Pollen monosulcat und mit 17 bis 36 µm Länge von moderater Größe. Die Exine ist wurmförmig bis fossulat und ähnelt sehr stark den größeren

ebenso monosulcaten Pollenkörnern, die aus der Unterkreide bekannt sind (Sun et al 2002: 900).

2003 wurde die These von *Archaeofructus* als basalste Gruppe jedoch in Frage gestellt. Dadurch, dass die extrahierten Pollenkörner in fraglichem Zustand waren, für Angiospermen schlichtweg zu groß sind und keine Details über die Wandstruktur bekannt sind, bleibt die Debatte um Angiospermen aus dem Jura bestehen. Man nimmt an, dass *Archaeofructus* eher die phylogenetische Stellung einer Kronengruppe annimmt als jene einer Schwesterngruppe. Dennoch ist *Archaeofructus* essentiell für das Verständnis ökologischer und morphologischer Merkmale, vor allem in Hinsicht auf die Tendenz dieser Pflanze sich in aquatischen Gebieten anzusiedeln (Friis et al 2003: 372f).

2012 revidieren die Forscher, dass *Archaeofructus* aus dem Jura stammt und legen den Zeitraum der Präsenz dieser Gattung auf die frühe Kreide fest (Wang/Zheng 2012: 201).

5.2 Morphologie früher Angiospermenpollenkörner

Äußerlich tendieren die ersten Angiospermenpollenkörner dazu, eher globuläre Formen anzunehmen und seltener stößt man auch auf einen bootförmigen Habitus (Walker/Walker 1984: 508).

Wie bei allen Pollenkörnern ist die äußere Pollenwand, die Exine, aus widerstandsfähigem Sporopollenin aufgebaut und kann fossilisiert werden. Die Intine bestand aus Cellulose und wird größtenteils nicht erhalten (Walker/Walker 1984: 469). In heute noch existierenden Angiospermen dient die Intine unter der Apertur als Depot für Erkennungsproteine, die bei der Ausbildung des Pollenschlauchs eine entscheidende Rolle spielen (Brenner 1996: 112). Generell ist die Exine jedoch komplexer aufgebaut und dadurch

sind Bestimmungen der Angiospermenpollenkörner möglich (Walker/Walker 1984: 469).

Allgemein werden sieben wichtige Charakteristika herangezogen, die für die Beschreibung von Angiospermen hilfreich sind. Auffälligste Merkmale sind zweifellos die Pollenform, die Pollengröße und der Apertur-Typ (Walker/Walker 1984: 493). Generell sind distale monosulcate Aperturen die primitivste Form unter den Angiospermen und diese Eigenschaft eignet sich daher gut, frühe Angiospermen als solche zu identifizieren. Diese Ansicht, die von einem Großteil der Autoren geteilt wird, wurde durch die Funde von Brenner (1996) jedoch in Frage gestellt. Die von ihm untersuchten Angiospermen, die teilweise aus dem späten Valangin stammen, wiesen inaperturate Typen auf, was darauf hinweist, dass inaperturate Formen zumindest genauso basal sind wie monosulcate Formen und durchaus als Vorläufer der *Clavatipollenites* gelten könnten (Brenner 1996: 108).

Monosulcate Formen findet man unter den modernen Blütenpflanzen nur mehr bei Vertretern der Subklasse Magnoliidae (Zavada 1984: 446; Hickey/Doyle 1977: 20). Jedoch haben auch viele Gymnospermen nur eine Apertur, was dieses Bestimmungskriterium natürlich in Frage stellt, sowie auch die Tatsache, dass dieses Phänomen bereits seit dem Perm bekannt ist. Dennoch kann man eine monosulcate Apertur als Bestimmungsmerkmal, in Verbindung mit der für Angiospermen typischen Wandstruktur, heranziehen (Zavada 1984: 446; Walker 1974: 892ff). Die nonaperturate Exinstruktur sowie die nonaperturate Exinsulptur und die Schichtfolge der Exine sind aussagekräftige Merkmale in Bezug auf die Bestimmung des Pollenkorns. Schließlich kann auch die Aperturultrastruktur, also die äußerlich anders skulpturierte Exine beziehungsweise die Apertur als Unterbrechung des Reticulums, als hilfreiches Kennzeichen während der Bestimmung dienen (Walker/Walker 1984: 493ff).

Typisch für Angiospermenpollenkörner der Unterkreide sind reticulate Formen. Das Reticulum wird von säulenartigen Strukturen, den Columellae,

getragen und besteht aus Wänden, den sogenannten Muri, sowie dazwischen liegenden Freiräumen, die als Lumina bezeichnet werden (Walker/Walker 1984: 470).

Die Muri können die unterschiedlichsten Skulpturen zeigen. Als psilat bezeichnet man vollkommen glatte Oberflächen. Befinden sich stachelige Skulpturen auf den Muri, so wird das Pollenkorn als echinat bezeichnet. Sind diese eher körnig, so spricht man von einer granularen Oberfläche. Sehr charakteristisch sind auch gebänderte oder perlenartig angeordnete Skulpturen. Neben den varietätenreichen Skulpturierungen der Muri können diese auch, vor allem dort wo sie auf die darunterliegende Columella treffen, leicht verdickt sein (Walker/Walker 1984: 470).

Neben den auffälligen Ausprägungen der Muri können auch die unterschiedlichen Lumina als aussagekräftiges Merkmal für die Bestimmung herangezogen werden. Diese können rund oder kantig sein sowie variable Größen innerhalb des Pollenkorns oder im Vergleich mit anderen Pollenkörnern haben (Walker/Walker 1984: 470).

Im Bereich der Apertur stößt man auf Abweichungen in Bezug auf die Struktur und Skulptur gegenüber der restlichen Oberfläche. Äußerlich sind Aperturen anders skulpturierte Bereiche der Exine, aber im Inneren bilden sie unorganisierte Bereiche der Sexine.

Die Endexine bildet eine neue Schicht, die der Entwicklung der Apertur zu Grunde liegt und findet sich sowohl bei inaperturaten als auch monosulcaten Formen. Bei inaperturaten Formen jedoch, beschränkt sich die Entwicklung der Endexine größtenteils auf eine Seite des Pollenkorns (Brenner 1996: 111, 114). Außerdem sind Pollenkörner, die eine Endexine aufweisen im Bereich der Apertur verdickt und nicht lamelliert wie es bei Gymnospermen der Fall ist. Insgesamt haben frühe Angiospermen eine sehr gut ausgeprägte Endexine, nicht nur unter der Apertur, sondern über die gesamte nonaperturate Exine verteilt (Walker/Walker 1984: 472, 510; Zavada 1984: 446).

Angiospermen haben sich im Laufe der Erdgeschichte stets weiterentwickelt und so ist auch eine Evolution des Pollens klar erkenntlich. Generell wird diese Entwicklung bei Walker/Walker (1984) in fünf Etappen eingeteilt.

Die erste Phase in der Entwicklung der Angiospermen bilden primitive monosulcate Pollen des Magnolia-Typs. Diese Phase begann im frühen Barrem in dem man sowohl monokotylen als auch dikotylen Pollen findet, was in weiterer Folge die Annahme nahe legt, dass sich die beiden entwicklungsgeschichtlich bereits getrennt hatten. Später ist ein fortschrittlicher entwickelter monosulcater Pollen typisch. Charakteristisch sind hier die höheren Magnoliidae, zu denen auch die Chloranthaceae zählen.

Tricolpate Pollen wie bei den niederen Hamamelididae im Apt von Westgondwana, dem heutigen Afrika und Südamerika und später während des letzten Abschnitts der Unterkreide, dem Alb, in Westlurasien, dem heutigen Europa und Nordamerika, sind für die dritte Etappe der Entstehungsgeschichte von Angiospermen typisch. In diese Zeit fällt auch die Differenzierung von tricolpaten zu tricolporoidaten und tricolporaten Angiospermenpollenkörnern. Diese Differenzierung wird in der vierten Etappe weitergeführt, ein Merkmal welches man unter anderem bei den Rosidae finden kann.

Triporate Pollenkörner entstehen im mittleren Cenoman in Europa und Nordamerika. Dazu zählen die höheren Hamamelididae wie beispielsweise Betulaceae, Casuarinaceae, Myricaceae oder Juglandaceae (Walker/Walker 1984: 511ff; Brenner 1976: 24).

Auch Brenner (1996) unterteilt die Entwicklung anhand der Aperturen in fünf Etappen. Seine Hypothese jedoch legt den Schwerpunkt auf den vor dem Barrem gefundenen Pollen und erweitert somit die von Walker/Walker (1984) postulierte These. Er nimmt an, dass es eine Proto-Angiospermen Phase gegeben haben muss, die aber noch nicht bekannt ist. Basierend auf seinen Funden in Israel ist es sehr wahrscheinlich, dass sich in einer zweiten Phase tectat-columellate und inaperturate Pollenkörner entwickelten. Im Hauteriv

entwickeln sich die ersten Ansätze eines Sulcus, der später weiterentwickelt wird und schließlich in der vierten Etappe zum entscheidenden Merkmal monosulcaten Pollens wird. Schließlich bilden sich aus diesen basalen Formen tricolpate Pollen heraus, wie bereits in der von Walker/Walker (1984) beschriebenen Phase drei. Zeitlich ist diese Evolution auf das frühe Apt festzulegen (Brenner 1996: 110; Walker/Walker 1984: 511ff; Hughes 1994: 199f).

Neben der Weiterentwicklung der Aperturen, untersuchte Walker (1974) auch die Evolution der Exinstruktur. Die überwiegende Mehrheit primitiver Angiospermen bilden tectate Pollenkörner aus. Semitectate Formen findet man lediglich bei den Familien Winteraceae, Illiciaceae und Schisandraceae sowie bei einigen Vertretern der Myristicaceae und Chloranthaceae. Bei Myristicaceae findet man zudem atectate Formen, die zu den seltensten Exinstrukturen bei primitiven Angiospermen zählen. Auch bei Anonaceae zeigt sich die atectate Form als vorherrschend.

In Verbindung mit anderen Merkmalen stellt man fest, dass jene Blütenpflanzen mit tectaten Pollenkörnern weniger spezialisiert sind und eher primitive Merkmale ausbilden. Jedoch sind andere Familien, die semi- oder atectaten Pollen ausbilden, spezialisierter und besser an ihre Umgebung angepasst. Aus diesem Zusammenhang lässt sich somit ableiten, dass der evolutive Trend von tectaten Formen in Richtung des atectaten Typus geht. Diese Evolution wird speziell bei Myristicaceae und Chloranthaceae deutlich (Walker 1974: 896f).

Die basale, tectat-columellate Form der Exine lässt im Übrigen darauf schließen, dass neben Windbestäubung auch die Insektenbestäubung bereits eine entscheidende Rolle in der Pollenverbreitung gespielt haben muss (Brenner 1996, 111).

Die ältesten bis dato beschriebenen Pollenkörner aus dem späten Valangin bis frühen Hauteriv haben einen Durchmesser von 15 µm bis 26 µm und zeigen vorwiegend tectat-columellate Strukturen. Die Columellae liegen eng

zusammen, bilden ein sehr feines Reticulum aus und sind über tectale Brücken miteinander verbunden. In manchen Fällen ist ein Tectum stellenweise nicht vorhanden und die Columellae stehen frei. Außerdem zeigt keines der Pollenkörner einen für frühe Angiospermen typischen Sulcus. Insgesamt wurden 15 Pollenkörner mit einer Häufigkeit von weniger als zwei Pollenkörnern pro tausend Palynomorphe der Helez-Formation in Israel gefunden (Brenner 1996: 97).

Brenner (1996) nimmt an, dass die Entwicklung eines Sulcus in der frühen Kreide dazu diente, Proteine, die für die Ausbildung des Pollenschlauchs verantwortlich sind, unkomplizierter abgeben zu können. Später im Apt konnte dieser Mechanismus durch die tricolpaten Formen weiterentwickelt werden (Brenner 1996: 111).

6 TERMINOLOGIE

In der Palynologie gibt es keine einheitliche Terminologie, weshalb Autoren teilweise unterschiedliche Begrifflichkeiten verwenden. Darum möchte ich an dieser Stelle eine Übersicht der in dieser Arbeit verwendeten Begriffe geben, deren Definitionen ausnahmslos an jene von Hesse et al (2009) angelehnt sind.

Apertur: Als Apertur wird die Keimstelle des Pollenkorns bezeichnet. Sie ist eine Region des Pollenkorns, die sich morphologisch und/oder anatomisch vom Rest des Pollenkorns abhebt. Während der Keimung bildet sich an dieser Stelle der Pollenschlauch aus.

Aperturmembran: Die Aperturmembran bezeichnet jene Schicht der Exine, welche die Apertur bedeckt. Diese Membran kann glatt oder strukturiert sein.

atectat: Ein Pollenkorn, welches kein Tectum besitzt, wird als atectat bezeichnet.

Colporus: Als Colporus werden Aperturen bezeichnet, die aus einem Colpus und einer Endoapertur variabler Größe und Form zusammengesetzt sind.

Colpus: Als Colpus wird eine verlängerte Apertur bezeichnet, die sich in der Region um den Äquator befindet oder gleichmäßig über das Pollenkorn verteilt ist.

Columellae: Collumellae sind stäbchenförmige Elemente, die das Tectum tragen.

disulcat: Disulcate Pollenkörner verfügen über zwei Sulci.

Ektexine: Die Ektexine bildet zusammen mit der Endexine die Exine. Die Ektexine besteht aus dem Tectum, dem Infratectum und der Footlayer.

Endexine: Als Endexine wird jene Schicht der Exine bezeichnet, die sich zwischen Ektexine und Intine befindet. Sie kann in unterschiedlichen Formen auftreten.

Exine: Die Exine ist der äußerste Teil der Pollenwand. Sie wird aus Sporopollenin aufgebaut.

Footlayer: Als Footlayer wird die innerste Schicht der Ektexine bezeichnet. Sie kann, wenn vorhanden, durchgehend, unterbrochen oder perforat sein.

Foveola: Als Foveola wird ein rundliches Lumen bezeichnet, welches im Durchmesser größer als 1 μm ist. Zudem ist die Entfernung zwischen zwei benachbarten Lumina größer als ihr Durchmesser.

Granulum: Als Granulum bezeichnet man Struktur- oder Skulpturelemente unterschiedlicher Größe und Form, die kleiner als 1 μm sind.

inaperturat: Als inaperturat werden Pollenkörner bezeichnet, die keine Apertur besitzen.

Infratectum: Jene Schicht zwischen Tectum und Footlayer oder Endexine wird als Infratectum bezeichnet. Dieses Infratectum kann, wenn vorhanden, granular, alveolat oder columellat sein.

Intine: Die Intine ist jene Schicht, die dem Cytoplasma direkt aufliegt. Sie besteht zur Gänze aus Polysacchariden.

Lumen: Generell wird der Begriff Lumen für den Raum verwendet, der von den Muri begrenzt wird.

Margo: Jene Gegend um die Apertur, die sich von der nonaperturaten Exine durch eine andersartige Strukturierung abhebt, wird als Margo bezeichnet.

monosulcat: Als monosulcat bezeichnet man Pollenkörner, die nur einen Sulcus ausbilden.

Nexine: Die innerste, unstrukturierte Schicht der Exine kann unter dem Lichtmikroskop nicht detailliert erfasst werden, weshalb sie der Einfachheit halber als Nexine bezeichnet wird.

oblat: Als oblat werden jene Pollenkörner bezeichnet, deren Polachse kürzer ist als ihr äquatorialer Durchmesser.

Operculum: Als Operculum wird eine zusammenhängende Exinstruktur bezeichnet, welche die Apertur bedeckt.

perforat: Befinden sich Löcher in der Pollenwand, die einen Durchmesser von 1 µm nicht überschreiten, so bezeichnet man das Pollenkorn als perforat.

Pollenwand: Die Pollenwand besteht aus mehreren Schichten und umschließt das Cytoplasma eines Pollenkorns.

Porus: Runde Aperturen, die sich entweder am Äquator oder gleichmäßig über das Pollenkorn verteilt befinden, werden als Pori bezeichnet.

prolat: Als prolat werden jene Pollenkörner bezeichnet, deren Polachse länger ist als ihr äquatorialer Durchmesser.

psilat: Als psilat werden Pollenkörner mit einer glatten Pollenwand bezeichnet.

Reticulum: Netzartige Musterungen, die von Elementen der Exine, den Muri, gebildet werden und deren Lumina größer als 1 µm sind, werden als Reticulum bezeichnet.

Rugulae: Rugulae sind längliche, unregelmäßig verteilte Elemente der Exine, die länger als 1 µm sind.

Saccus: Ein Saccus bezeichnet einen Luftsack, der durch Ausdehnung der Exine entsteht.

Semitectum: Als Semitectum wird ein unterbrochenes Tectum bezeichnet, welches weniger als 50 % der Oberfläche des Pollenkorns bedeckt.

Sexine: Der Begriff Sexine wird für die Beschreibung der strukturierten und skulpturierten äußeren Schicht der Exine verwendet, die unter dem Lichtmikroskop nicht detailliert erfasst werden kann.

Skulptur: Skulpturen sind Ornamente an der Oberfläche des Pollenkorns.

Sulcus: Ein Sulcus bezeichnet eine längliche, am distalen Pol situierte Apertur.

Tapetum: Das Tapetum ist eine spezialisierte Schicht der Pollenwand, die für die Nährstoffversorgung des Pollenkorns eine entscheidende Rolle spielt. Zudem ist es für die Bildung der Pollenwand essentiell.

tectat: Als tectat wird ein Pollenkorn bezeichnet, welches über ein Tectum verfügt.

tricolpat: Als tricolpat bezeichnet man Pollenkörner, die drei Colpi besitzen.

tricolporat: Als tricolporat werden Pollenkörner bezeichnet, die drei Colpori aufweisen.

triporat: Besitzt ein Pollenkorn drei Pori so wird es als triporat bezeichnet.

Ubisch-Körper: Ubisch-Körper sind Elemente aus Sporopollenin, die vom Tapetum produziert werden.

Ulcus: Als Ulcus wird eine distale, runde Apertur bezeichnet.

Verrucae: Warzenähnliche Elemente auf der Pollenwand werden als Verrucae bezeichnet.

Clavae: Als Clavae werden keulenförmige Elemente der Exine bezeichnet, die höher als 1 µm sind.

trilete Marke: Eine trilete Marke ist eine trianguläre, Y-förmige Marke am proximalen Pol des Pollenkorns. Sie ist ein Überrest der postmeiotischen Phase.

7 ERGEBNISSE

7.1 Tafel I

Retimonocolpites sp. [1]

(Tafel I, Abbildung A-G)

Beschreibung:

Pollenkorn; Monade; oblat (bootförmig); in Polansicht elliptisch, äquatorialer Durchmesser (lang) beträgt ungefähr 30 µm, äquatorialer Durchmesser (kurz) beträgt ungefähr 20 µm; semitectat; reticulat; monosulcat.

Im Lichtmikroskop semitectat, im Rasterelektronenmikroskop heterobrochat, reticulat.

Die Lumina sind von unterschiedlicher Form und Größe.

Die Muri sind ungefähr 1 µm dick und zeigen eine einreihige microverrucate Supraskulptur. Teilweise sind leichte Verdickungen der Muri an der Stelle, an der die Columellae mit dem Reticulum verschmelzen, zu erkennen.

Das Reticulum wird von ca. 1-1,5 µm hohen Columellae getragen. Vereinzelt sind in den Lumina rudimentäre freistehende Columellae zu beobachten.

Die gesamte Sexine ist ungefähr 1 µm dick.

Ein 15 µm langer Sulcus befindet sich am distalen Pol. Im Bereich der Keimstelle geht die nonaperturate Exine direkt in die Apertur über (kein Margo).

7.2 Tafel II

Ordnung: Piperales

Familie: Chloranthaceae

Clavatipollenites sp. [1]

(Tafel II, Abbildung A-F)

Beschreibung:

Pollenkorn; Monade; spheroidal (Durchmesser ca. 25 μm); semitectat; reticulat; dreiästig-sulcat (Trichotomsulcus).

Im Lichtmikroskop semitectat, im Rasterelektronenmikroskop heterobrochat, reticulat.

Der Durchmesser der Lumina beträgt je nach Größe zwischen 1 μm und 3 μm .

Die Muri des Reticulums sind ungefähr 0,5 μm breit und weisen Verdickungen im Bereich der Columellae auf. Sie zeigen außerdem eine microechinate Supraskulptur (Durchmesser ungefähr 0,3 μm).

Die Columellae sind ungefähr 0,3 μm hoch und haben einen Durchmesser von durchschnittlich 0,5 μm .

Die basale Schicht des Pollenkorns (Nexine) ist dünn und zeigt keine rudimentären freistehenden Columellae.

Die gesamte Sexine hat eine Dicke von ungefähr 1 μm .

Der Trichotomsulcus am distalen Pol geht direkt in die Apertur über (kein Margo).

7.3 Tafel III

Ordnung: Piperales

Familie: Chloranthaceae

Clavatipollenites sp. [2]

(Tafel III, Abbildung A-G)

Beschreibung:

Pollenkorn; Monade; spheroidal (Durchmesser ca. 25 µm); semitectat; reticulat; monosulcat, Suclus dreiästig (Trichotomsulcus).

Im Lichtmikroskop reticulat, im Rasterelektronenmikroskop heterobrochat, reticulat.

Die Lumina zeigen häufig eine polygonale Form mit einem Durchmesser von bis zu 3 µm.

Die Muri sind relativ schmal (0,3-0,6 µm) mit perlenartig aneinandergereihten Microverrucae (Bänderungen) und Verdickungen vor allem im Bereich der Kontaktstelle zu den Columellae (Breite ca. 0,8 µm).

Columellae sind ca. 1,3-1,5 µm hoch und relativ selten sind in den Lumina rudimentäre freistehende Columellae erkennbar.

Die gesamte Sexine hat eine Dicke von 1,6-2 µm.

Ein 14 µm langer, keulenartig geformter Sulcus befindet sich am distalen Pol. Im Bereich der Apertur ist das Reticulum nicht mehr vorhanden und geht somit nicht direkt in die Apertur über.

7.4 Tafel IV

Ordnung: Piperales

Familie: Chloranthaceae

Clavatipollenites sp. [3]

(Tafel IV, Abbildung A-D)

Beschreibung:

Pollenkorn; Monade; spheroidal (Durchmesser ca. 27 μm); semitectat; reticulat; monosulcat, Sulcus dreiästig (Trichotomsulcus).

Im Lichtmikroskop reticulat, im Rasterelektronenmikroskop heterobrochat, reticulat.

Die Lumina zeigen häufig eine polygonale Form mit einem Durchmesser von 0,5 μm bis 3 μm .

Die Muri sind ungefähr 0,5 μm breit und im Bereich der Columellae verdickt (Breite 0,8 μm). Sie zeigen außerdem perlenartig aneinandergereihte Verrucae (Bänderung).

Die Columellae sind ungefähr 0,8 μm lang und haben einen Durchmesser von durchschnittlich 0,3 μm .

Die Nexine ist psilat und es sind keine rudimentären, freistehenden Columellae vorhanden.

Die gesamte Sexine hat eine Höhe von ungefähr 1,2 μm .

Der Trichotomsulcus am distalen Pol geht nicht direkt in die Apertur über.

Ordnung: Piperales
Familie: Chloranthaceae
Clavatipollenites sp. [4]
(Tafel IV, Abbildung E-H)

Beschreibung:

Pollenkorn; Monade; oblat (bootförmig); in Polansicht elliptisch, äquatorialer Durchmesser (lang) beträgt ca. 24 μm , äquatorialer Durchmesser (kurz) beträgt ca. 22 μm ; semitectat; reticulat; monosulcat, Sulcus schlitzförmig lang.

Im Lichtmikroskop reticulat, im Rasterelektronenmikroskop heterobrochat, reticulat.

Die Lumina sind relativ klein, mit einer durchschnittlichen Länge von 0,6 μm bis 1,2 μm .

Die Muri sind relativ dick, teilweise breiter als 0,6 μm und zeigen perlenartig aneinandergereihte Verrucae (Bänderung) mit einer Breite von ungefähr 0,05 μm .

Die Columellae sind aufgrund der starken Verdickung der Muri nicht sichtbar.

Die Nexine ist psilat und es gibt keine Anzeichen von rudimentären, freistehenden Columellae.

Die gesamte Sexine hat eine Höhe von ungefähr 0,8 μm .

Die Apertur liegt in Form eines schlitzförmigen Sulcus vor und befindet sich am distalen Pol.

7.5 Tafel V

***Retimonocolpites* sp. [2]**

(Tafel V, Abbildung A-G)

Beschreibung:

Pollenkorn; Monade; oblat (bootförmig); in Polansicht elliptisch, äquatorialer Durchmesser (lang) beträgt ca. 20 μm , äquatorialer Durchmesser (kurz) beträgt ca. 17 μm ; semitectat; reticulat; monosulcat, Sulcus schlitzförmig lang.

Im Lichtmikroskop reticulat, im Rasterelektronenmikroskop heterobrochat, reticulat.

Die Lumina liegen in polygonaler Form vor. Die Größe der Lumina liegt zwischen 1,2 μm und 2 μm .

Die Muri sind 0,3 μm bis 0,4 μm breit und im Bereich, in dem sie von den Columellae gestützt werden, leicht verdickt (Breite ca. 0,5 μm). Sie zeigen perlenartig aneinandergereihte Verrucae (Bänderungen) mit einer Breite von 0,1 μm bis 0,2 μm .

Die Columellae haben eine Länge von ungefähr 0,6 μm und einen Durchmesser von durchschnittlich 0,2 bis 0,3 μm .

Die Nexine ist psilat und es gibt keine Anzeichen für rudimentäre, freistehende Columellae.

Die gesamte Sexine hat eine Höhe von ungefähr 1 μm .

Am distalen Pol befindet sich ein 12 μm langer, schlitzförmiger Sulcus. Das Reticulum geht direkt in die Apertur über.

7.6 Tafel VI

***Retimonocolpites* sp. [3]**

(Tafel VI, Abbildung A-G)

Beschreibung:

Pollenkorn; Monade; oblat (bootförmig); in Polansicht elliptisch, äquatorialer Durchmesser (lang) beträgt ca. 20 μm , äquatorialer Durchmesser (kurz) beträgt ca. 13 μm ; semitectat; reticulat; monosulcat, Sulcus schlitzförmig lang.

Im Lichtmikroskop reticulat, im Rasterelektronenmikroskop heterobrochat, reticulat.

Die Lumina sind 1 μm bis 2 μm groß.

Die Muri sind ungefähr 0,5 μm breit und unterschiedlich lang. Verdickungen finden sich in jenen Regionen, in denen die Columellae das Reticulum tragen. Die Muri zeigen außerdem perlenartig aneinandergereihte Verrucae (Bänderungen).

Die Columellae haben eine Länge und einen Durchmesser von ungefähr 0,3 μm .

Die Nexine ist psilat und es gibt keine Anzeichen für rudimentäre, freistehende Columellae.

Sexine hat eine Breite von ungefähr 0,8 μm .

Ein 16 μm langer Sulcus befindet sich am distalen Pol. Das Reticulum geht nicht direkt in die Apertur über.

7.7 Tafel VII

Liliacidites sp.

(Tafel VII, Abbildung A-H)

Beschreibung:

Pollenkorn; Monade; oblat (bootförmig); in Polansicht elliptisch, äquatorialer Durchmesser (lang) beträgt ca. 43 μm , äquatorialer Durchmesser (kurz) beträgt ca. 43 μm ; semitectat; reticulat; monosulcat, Sulcus schlitzförmig lang.

Im Lichtmikroskop reticulat, im Rasterelektronenmikroskop heterobrochat, reticulat.

Die Lumina sind rund (Durchmesser zwischen 0,3 μm und 1,5 μm). Sie werden im Bereich der Apertur kleiner.

Die Muri sind zwischen 0,7 μm und 2 μm breit und psilat.

Die Columellae sind aufgrund der sehr stark verdickten Muri nicht erkennbar.

Die Nexine ist psilat und es sind keine rudimentären, freistehenden Columellae vorhanden.

Die Breite der Sexine kann aufgrund der dicken Muri nicht genau bestimmt werden.

Die Apertur befindet sich in Form eines Sulcus am distalen Pol. Das Reticulum geht nicht direkt in die Apertur über.

7.8 Tafel VIII; Tafel IX; Tafel X

Ordnung: Pinales

Familie: Cheirolepidaceae

Classopollis sp.

(Tafel VIII, Abbildung A-G; Tafel IX, Abbildung A-G;
Tafel X, Abbildung A-L)

Beschreibung:

Pollenkorn; Monade, seltener noch im Tetradenverband; kugelig bis oblat (Durchmesser ca. 25-35 μm).

Im Lichtmikroskop scabrat, im Rasterelektronenmikroskop microechinate Skulptur.

Am distalen Pol ist ein Ulcus (zirkulare Keimstelle) ausgebildet. Die Größe dieser Keimstelle variiert zwischen 5 μm und 6 μm im Durchmesser.

Am gegenüberliegenden proximalen Pol ist eine Tetradenmarke mit dreieckiger (trangularer) Umrissform ausgebildet.

Im Bereich des Ulcus und der Tetradenmarke sind die Skulpturelemente leicht verkürzt. Die Tetradenmarke zeigt häufig Cluster von globulären microechinaten Ubisch-Körpern.

Knapp oberhalb des Äquators, in Richtung des distalen Pols, verläuft parallel zum Äquator ein Verdünnungsring (Rimula). Parallel dazu sind im Lichtmikroskop sowie an Brüchen im Rasterelektronenmikroskop unterhalb der Rimula, im Bereich der Nexine über eine Breite von bis zu 10 μm , Verdickungs- und Verdünnungsringe zu beobachten.

7.9 Tafel XI; Tafel XII; Tafel XIII

Ordnung: Pinales

Familie: Pinaceae

Cathaya sp.

(Tafel XI, Abbildung A-C; Tafel XII, Abbildung A-E;
Tafel XII, Abbildung A-D)

Beschreibung:

Pollenkorn; bisacat; Monade; oblat; in Polansicht elliptisch, äquatorialer Durchmesser (lang) zwischen 58 μm und 88 μm , äquatorialer Durchmesser (kurz) zwischen 40 μm bis 50 μm .

Lateral setzen an beiden Seiten über die volle Breite des Zentralkörpers Luftsäcke direkt an. Die Luftsäcke sind halbkugelförmig.

Im Lichtmikroskop ist eine alveolare, niedrige, innere Struktur erkennbar. Die Alveolare sind polyngonal. Im Rasterelektronenmikroskop zeigen die Luftsäcke eine microechinat bis microrugulate Skulptur.

Der Zentralkörper ist ovular bis rautenförmig.

7.10 Tafel XIII; Tafel XIV

Ordnung: Pinales

Familie: Pinaceae

Cedrus sp.

(Tafel XIII, Abbildung E-H; Tafel IV, Abbildung A-H)

Beschreibung:

Pollenkorn; bisaccat; Monade; oblat; in Polansicht elliptisch, äquatorialer Durchmesser (lang) zwischen 55 µm und 63 µm, äquatorialer Durchmesser (kurz) zwischen 46 µm bis 50 µm.

Mit einem schwachen Ansatzwinkel setzt lateral am Zentralkörper jeweils ein Luftsack an. Unter dem Lichtmikroskop ist eine feine alveolare, innere Struktur der Luftsäcke erkennbar.

Der Zentralkörper ist im Lichtmikroskop psilat bis scabrat. Im Rasterelektronenmikroskop ist der Zentralkörper microverrucat bis microrugulat.

Das Leptoma ist im Rasterelektronenmikroskop rugulat bis verrucate.

Das Cappa ist microverrucat und proximal relativ stark verdickt.

7.11 Tafel XIV; Tafel XV

Ordnung: Pinales

Familie: Pinaceae

Pinus sp.

(Tafel XIV, Abbildung I-L; Tafel XV, Abbildung A-H)

Beschreibung:

Pollenkorn; bisaccat; Monade; oblat; in Polansicht elliptisch, äquatorialer Durchmesser (lang) zwischen 70 µm und 83 µm, äquatorialer Durchmesser (kurz) zwischen 42 µm bis 55 µm.

Lateral an den Zentralkörper setzt jeweils ein Luftsack mit geringem Ansatzwinkel an. Die Luftsäcke sind halbkugelig. Im Lichtmikroskop grobe, alveolare Struktur der Luftsäcke erkennbar mit einem Durchmesser bis zu 4 µm. Skulptur ist im Rasterelektronenmikroskop microverrucat.

Zentralkörper ist im Lichtmikroskop scabrat, im Rasterelektronenmikroskop rugulat bis verrucat. Verrucae sind im Bereich des Zentralkörpers dichter und haben einen geringeren Durchmesser.

Im Lichtmikroskop sind im Bereich des distalen Leptoma deutliche Verdickungen erkennbar.

7.12 Tafel XVI

Ordnung: Pinales

Familie: Pinaceae

Picea sp.

(Tafel XVI, Abbildung A-H)

Beschreibung:

Pollenkorn; bisaccat; Monade; oblat; in Polansicht elliptisch, äquatorialer Durchmesser (lang) zwischen 67 μm und 83 μm , äquatorialer Durchmesser (kurz) zwischen 57 μm bis 67 μm .

Lateral an den Zentralkörper setzt jeweils ein Luftsack mit geringem Ansatzwinkel an. Die Luftsäcke sind halbkugelig. Im Lichtmikroskop sind grobe, alveolare Strukturen der Luftsäcke erkennbar mit einem Durchmesser von ca. 1,5 μm . Im Rasterelektronenmikroskop sind die Skulpturen microverrucat.

Zentralkörper ist im Lichtmikroskop psilat bis scabrat, im Rasterelektronenmikroskop rugulat bis verrucal. Die Verrucae sind im Bereich des Zentralkörpers dichter und haben einen geringeren Durchmesser

7.13 Tafel XVII

Ordnung: Pinales

Familie: Podocarpaceae

Parvisaccites sp.

(Tafel XVII; Abbildung A-E)

Beschreibung:

Pollenkorn; bisacat; Monade; oblat; in Polansicht elliptisch, äquatorialer Durchmesser (lang) 75 μm , äquatorialer Durchmesser (kurz) zwischen 45 μm bis 67 μm .

Lateral an den Zentralkörper setzt jeweils ein Luftsack mit geringem Ansatzwinkel an. Die Luftsäcke sind halbkugelig und haben Länge von ca. 25 μm sowie eine Breite von ungefähr 45 μm . Im Lichtmikroskop ist eine striate Struktur der Luftsäcke erkennbar mit einem Durchmesser von ca. 1,5 μm . Im Rasterelektronenmikroskop zeigen die Luftsäcke eine microverrucate Skulptur.

Der Zentralkörper ist im Lichtmikroskop psilat bis scabrat. Im Rasterelektronenmikroskop rugulat bis verrucat.

Die Region des Cappa weist im Lichtmikroskop eine scabrate Struktur auf und ist verdickt. Im Rasterelektronenmikroskop zeigt sich eine microverrucate Skulptur des Cappa.

7.14 Tafel XVIII; Tafel XIX

Ordnung: Caytoniales

Familie: Caytoniaceae

***Vitreisporites pallidus* (Reissinger) Nilsson, 1958**

(Tafel XVIII, Abbildung A-H; Tafel XIX, Abbildung A-D)

Beschreibung:

Pollenkorn; bisaccat; Monade; oblat; in Polansicht elliptisch, äquatorialer Durchmesser (lang) zwischen 22 μm und 35 μm , äquatorialer Durchmesser (kurz) zwischen 12 μm bis 20 μm .

Lateral an den Zentralkörper setzten die halbkugelförmigen Sacci an. Das Lichtmikroskop zeigt eine schwach entwickelte alveolare Struktur in den Luftsäcken. Im Rasterelektronenmikroskop wird eine psilat-perforate Skulptur erkennbar.

Im Rasterelektronenmikroskop lässt sich eine gut entwickelte, microverrucate Struktur im Bereich des Leptoma erkennen.

Auffällig ist ein Verdünnungsbereich, der sich proximal über den Corpus erstreckt.

7.15 Tafel XIX; Tafel XX

Ordnung: Erdtmanithecales

Eucommiidites sp

(Tafel XIX, Abbildung E-H; Tafel XX, Abbildung A-L)

Beschreibung:

Pollenkorn; Monade; oblat; in Äquatorial- und Polansicht elliptisch, äquatorialer Durchmesser (lang) zwischen 16 µm und 26 µm, äquatorialer Durchmesser (kurz) zwischen 10 µm und 12 µm; monosulcat.

Proximal befindet sich in einem Winkel von 120° jeweils ein Verdünnungsbereich (Falte) mit einer Länge von 10 µm bis 18 µm.

Die Pollenwand ist sowohl im Lichtmikroskop als auch im Rasterelektronenmikroskop glatt und psilat, teilweise auch leicht perforat

Der Sulcus befindet sich am distalen Pol mit einer Länge von 12 µm bis 23 µm. Die Apertur ist schlitzförmig bis keulenförmig. Die Sulcusmembran ist microverrucat.

7.16 Tafel XXI

Ordnung: Araucariales

Familie: Araucariaceae

Callialasporites sp.

(Tafel XXI, Abbildung A-H)

Beschreibung:

Pollenkorn; monosaccat; Monade; oblat; in Polansicht zirkular bis convex triangular (Durchmesser zwischen 46 μm und 59 μm).

Im Lichtmikroskop ein einziger, um den gesamten Äquator verlaufender Luftsack erkennbar. Der Monosaccus ist ca. 9 μm breit.

Im Lichtmikroskop scabrate Skulptur, im Rasterelektronenmikroskop microverrucat. Die Verrucae haben einem Durchmesser von 0,05 μm bis 0,1 μm .

7.17 Tafel XXII

Ordnung: Pinales

Familie: Cupressaceae

Exesipollenites tumulus Balme, 1957

(Tafel XXII, Abbildungen A-L)

Beschreibung:

Pollenkorn; Monade; oblat; in Polansicht zirkular (Durchmesser zwischen 22 μm und 25 μm ; aperturat

Im Lichtmikroskop ist die Pollenkornwand psilat, im Rasterelektronenmikroskop microverrucat. Die Verrucae haben einen Durchmesser von 0,08 μm bis 0,1 μm .

Auffallend sind zahlreiche Ubisch-Körper über das gesamte Pollenkorn verteilt (Durchmesser ca. 0,5 μm bis 0,6 μm).

Distal befindet sich eine zirkulare Keimstelle (Ulcus). Um die Keimstelle ist die Pollenkornwand leicht verdickt.

8 DISKUSSION

Die Untersuchung einer Probe aus der Potomac-Formation (USA) ergab ein recht klares Bild der botanischen Vielfalt dieses Gebietes während der Unterkreide.

Zum ersten war es bereits zu Beginn der Analysen augenscheinlich, dass die damalige Vegetation stark von einer großen Vielfalt an Farnpflanzen geprägt war. Beweise dafür lieferten die zahlreichen Sporen, die in den Ausstrichen zu finden waren. Basierend auf denselben Proben, behandelt Murhammer (in press) das Thema der Farnpflanzen ausführlich in ihrer Arbeit „Untersuchungen an Sporen von Pteridophyten und Bryophyten aus der Potomac-Formation (Unterkreide), USA“.

Ebenso waren Gymnospermenpollenkörner in der Probe stark vertreten. Auffällig waren dabei vor allem bisaccate Pollenkörner, die in dieser Arbeit größtenteils den beiden Gattungen *Cathaya* und *Pinus* zugeordnet werden konnten. Wenige wurden als Vertreter der Familie der Caytoniaceae klassifiziert.

Nonsaccate Exemplare waren ebenfalls stark präsent, wenn auch seltener als bisaccate Vertreter der Gymnospermen. Pollenkörner dieser Art konnten beispielsweise der Familie der Cupressaceae zugeordnet werden. Zu den nonsaccaten Pollenkörnern zählen auch Exemplare der Gattung *Eucommiidites*, die ursprünglich fälschlicherweise zu den Angiospermen gezählt, später jedoch eindeutig als Gymnospermen identifiziert wurden (Couper 1956, 284).

Im Gegensatz zu Gymnospermenpollenkörnern, konnten aus der Probe nur wenige Angiospermenpollenkörner isoliert werden.

Die Beschreibung von Pollenkörnern aus der Potomac-Formation war aufgrund unschlüssiger Beschreibungen in der Literatur nicht einfach. Dazu kommt die Tatsache, dass viele Exemplare lediglich unter dem Lichtmikroskop untersucht wurden und diverse Abbildungen ebendieser oftmals mehrdeutig sind (Friis et al 2011: 208).

Im Folgenden werden Zuordnungen der verschiedenen Pollenkörner zu Arten, Gattungen, Familien und Ordnungen anhand von verschiedensten Verweisen auf die Literatur gerechtfertigt. Ein Überblick über die taxonomischen Erkenntnisse soll durch eine stimmige Gruppierung mehrerer Tafeln, welche in dieser Arbeit im Anhang A (A-1 bis A-44) zusammengefasst wurden, gewährleistet werden.

8.1 Angiospermen

(Tafel I bis Tafel VII; Anhang A: A-1 bis A-14)

8.1.1 *Retimonocolpites* sp.

(Tafel I, Tafel V, Tafel VI)

Die Pollenkörner die auf den Tafeln I (Anhang A: A-2; Abbildung: A-G), V (Anhang A: A-10; Abbildung: A-G) und VI (Anhang A: A-12; Abbildung: A-G) wurden der Gattung *Retimonocolpites* zugeordnet. Vor allem auf den Tafeln V und VI findet man große Ähnlichkeiten zwischen den beiden Pollenkörnern. Die gebänderten Skulpturen der Muri sowie die Größen der Lumina sind beinahe ident und auch die Aperturen weisen Analogien auf. Das auf Tafel I dargestellte Pollenkorn, weicht von diesen Charakteristika leicht ab, vor allem in Bezug auf die Muri, die bei diesem Exemplar verrucate sind. Jedoch ist die Ausbildung des Sulcus bei diesem Pollenkorn vergleichbar mit jenen Sulci auf den Tafeln V und VI.

Aufgrund der Beschreibungen von Friis et al (2011) und den Abbildung von Walker/Walker (1984) wurden diese drei Pollenkörner der Gattung *Retimonocolpites* zugeordnet. Da diese Beschreibungen und Abbildungen meines Erachtens für eine Bestimmung auf Artniveau zu unschlüssig sind, wurden diese Angiospermenpollenkörner als *Retimonocolpites* sp. klassifiziert.

8.1.2 *Clavatipollenites* sp.

(Tafel II; Tafel III, Tafel IV)

Insgesamt wurden vier Angiospermenpollenkörner der Gattung *Clavatipollenites* zugeordnet.

Die Pollenkörner auf den Tafeln II (Anhang A: A-4; Abbildung: A-F), III (Anhang A: A-6; Abbildung: A-G) und IV (Anhang A: A-8; Abbildung: A-H) ähneln sich vor allem in ihrer sphärischen Form. Dieses Merkmal beschreiben auch Walker/Walker (1984) bei den von ihnen analysierten Pollenkörnern aus der Potomac-Formation als mögliches Kennzeichen für eine Zugehörigkeit zur Gattung *Clavatipollenites*. Zudem lassen sich zahlreiche Analogien zwischen den von Walker/Walker (1984) und den in dieser Arbeit beschriebenen Pollenkörnern erkennen. Die Pollenkörner in Tafel II (Abbildung: A-F), III (Abbildung: A-G) und IV (Abbildung: A-D) ähneln in Bezug auf die verrucaten Skulpturen der Muri sehr stark jenen die 1984 von Walker/Walker beschrieben wurden. Außerdem weisen dieselben Pollenkörner wie auch bereits bei Walker/Walker (1984) einen Trichotomsulcus auf. Die Apertur des Pollenkorns auf Tafel IV (Abbildung: E-H) ist aufgrund der proximalen Lage desselben nicht erkennbar, dennoch wurde es, vor allem aufgrund der sphärischen Form in die Gattung *Clavatipollenites* aus der Familie der Chloranthaceae (Friis et al 2011, 210) eingebunden, welche Xi (1980) der Ordnung Piperales unterstellt.

8.1.3 *Liliacidites* sp.

(Tafel VII)

Es wurde lediglich ein Pollenkorn der Gattung *Liliacidites* aus der Pollenprobe isoliert. Das Pollenkorn in Tafel VII (Anhang A: A-14; Abbildung: A-H) konnte anfangs nur schwer identifiziert werden, vor allem weil es lichtmikroskopisch eher einem bisaccaten Pollenkorn zugeordnet wurde, dessen Luftsäcke nicht vollständig ausgebildet wurden. Die Größe dieses Pollenkorns ist zudem recht auffällig, denn mit 43 µm ist dieses Exemplar für ein Angiospermenpollenkorn auffällig groß. Typischerweise variiert die Größe zwischen 20 µm und 30 µm.

Die Darstellungen und Abbildungen von Walker/Walker (1984) lassen annehmen, dass es sich um ein Pollenkorn der Gattung *Liliacidites* handeln könnte. Bei dieser Gattung sind breite Muri sowie runde Lumina charakteristisch. Außerdem sind kaum Exemplare mit skulpturierten Muri bekannt.

Frappant ist vor allem das Merkmal der immer kleiner werdenden Lumina in Richtung Apertur. Dieses Charakteristikum für diese Gattung kennzeichnend. Aufgrund der Beschreibungen und Abbildungen bei Walker/Walker (1984), die größtenteils mit den Merkmalen des Pollenkorns auf Tafel VII übereinstimmen, wurde dieses Exemplar der Gattung *Liliacidites* zugeordnet.

8.2 Gymnospermen

(Tafel VIII bis Tafel XXII; Anhang A: A-15 bis A-44)

8.2.1 *Classopollis* sp.

(Tafel VIII, Tafel IX, Tafel X)

Auf den Tafeln VIII (Anhang A: A-16; Abbildung A-G), IX (Anhang A: A-18; Abbildung: A-G) und X (Anhang A: A-20; Abbildung: A-L) werden insgesamt vier Pollenkörner der Gattung *Classopollis* abgebildet.

Aufgrund zahlreicher Publikationen über diese Gattung, konnte eine zweifelsfreie Bestimmung gewährleistet werden. Bereits in den Beschreibungen und Abbildungen von Brenner (1963) konnten diverse Übereinstimmungen gefunden werden. Die Annahmen über die Zugehörigkeit dieser Pollenkörner zu der Gattung *Classopollis* konnten durch die Publikationen und umfangreichen Beschreibungen von Taylor/Alvin (1984), Schrank (2010) sowie Friis et al (2011) bestätigt werden.

Die Pollenkörner in Tafel VIII (Abbildung: A-G) und IX (Abbildung: A-G) sind bezüglich ihrer Aperturen, triletten Marken und Oberflächenskulpturen beinahe vollkommen ident. Die beiden letztgenannten Merkmale stimmen auch mit den Abbildungen bei Taylor/Alvin (1984) überein und so konnten die Pollenkörner eindeutig der Gattung *Classopollis* zugeordnet werden.

Tafel X (Abbildung: A-L) zeigt zwei Tetraden, die in ähnlicher Form auch in Abbildungen bei Brenner (1963) und Schrank (2010) zu finden sind. Auch wenn hier die triletten Marken und die Aperturen nicht eindeutig zu erkennen sind, ist es vor allem die Oberflächenstruktur der Pollenwand, die eine eindeutige Bestimmung erlaubt. Taxonomisch gehört die Gattung *Classopollis* zu der Familie der Cheirolepidaceae und untersteht der Ordnung Pinales (Schrank 2010, 29; Anderson et al 2007, 28).

8.2.2 *Cathaya* sp.

(Tafel XI, Tafel XII, Tafel XIII: Abbildung A-D)

Insgesamt werden fünf Pollenkörner der Gattung *Cathaya* auf den Tafeln XI (Anhang A: A-22; Abbildung: A-H), XII (Anhang A: A-24; Abbildung: A-L) und XIII (Anhang A: A-26; Abbildung A-D) abgebildet. Diese Gattung zählt zu der Familie der Pinaceae und untersteht der Ordnung Pinales (Anderson/Kirkland 1969; 78).

Die einzelnen Pollenkörner variieren in Größe und Form relativ stark, haben jedoch, wenn man sie unter dem Rasterelektronenmikroskop betrachtet, eine einzigartige Oberflächenstruktur der Pollenwand. Die microechinaten Skulpturen konnten als essentielles Bestimmungsmerkmal herangezogen werden und wurden daraufhin mit den Abbildungen von Grímsson/Zetter (2011) abgeglichen. Dort sind die microechinaten Skulpturen ein wiederkehrendes Element in der Bestimmung von Pollenkörnern der Gattung *Cathaya* und aus diesem Grund konnten die Pollenkörner der Tafeln XI (Abbildung: A-H), XII (Abbildung: A-L) und XIII (Abbildung: A-D) eindeutig als Pollenkörner der Gattung *Cathaya* bestimmt werden.

8.2.3 *Cedrus* sp.

(Tafel XIII: Abbildung E-H; Tafel XIV: Abbildung A-H)

Die Abbildungen E bis H auf Tafel XIII (Anhang A: A-26; Abbildung: E-H) sowie die Abbildungen A bis H auf Tafel XIV (Anhang A: A-26; Abbildung: A-H) zeigen jeweils ein Pollenkorn aus der Gattung *Cedrus*.

Da diese beiden Pollenkörner bezüglich Form, Gestalt und Größe teilweise sehr stark variieren, mussten diese Bestimmungsmerkmale verworfen werden und dienten lediglich einer primären Orientierung.

Die rasterelektronenmikroskopischen Aufnahmen zeigen microverrucate Strukturen, die innerhalb der Familie der Pinacea recht häufig vorkommen. Der Vergleich mit anderen in der Literatur beschriebenen Exemplare aus der

Familie der Pinacea brachten jedoch wenig Aufschluss über die Gattungszugehörigkeit, da sich diese Skulpturen zwar ähnlich sind, aber nicht sicher als ident zu klassifizieren sind.

In diesem Fall brachten vor allem die lichtmikroskopischen Aufnahmen Aufschluss über eine mögliche Gattungszugehörigkeit.

Im Lichtmikroskop fällt eine deutliche Verdickung im Bereich des Cappa auf, die für die Gattung *Cedrus* typisch ist und nicht bei anderen Gattungen aus der Familie der Pinacea zu finden ist.

Aufgrund dieses Merkmals und den damit übereinstimmenden lichtmikroskopischen und rasterelektronenmikroskopischen Aufnahmen sowie detaillierten Beschreibungen bei Grímsson/Zetter (2011) wurden diese zwei Pollenkörner der Gattung *Cedrus* zugeordnet. Nach Anderson/Kirkland (1969) untersteht sie der Familie der Pinaceae und der Ordnung Pinales.

8.2.4 *Pinus sp.*

(Tafel XIV: Abbildung I-L, Tafel XV)

Der Gattung *Pinus* konnten insgesamt drei Pollenkörner zugeordnet werden, die auf den Tafeln XIV (Anhang A: A-28; Abbildung: I-L) und XV (Anhang A: A-30; Abbildung: A-H) dargestellt werden.

Insgesamt variieren Größe und Form von Pollenkörnern dieser Gattung relativ stark und so musste dieses Merkmal für die Bestimmung außer Acht gelassen werden, da dadurch keine klaren Schlüsse gezogen werden konnten. Auch die Variabilität bezüglich der Ausbildung, Größe und Form der Zentralkörper sowie Luftsäcke, ermöglichte nur erschwert eindeutige Schlussfolgerungen.

Alle Exemplare dieser Gattung sind bisacat und gekennzeichnet durch eine verrucate Struktur ihrer Pollenwand. Dieses essentielle Merkmal wurde für die Bestimmung der Pollenkörner als Hauptkriterium herangezogen und konnte mit den Abbildungen und Beschreibungen bei Grímsson/Zetter (2011) abgeglichen werden.

Nach Anderson/Kirkland (1969) wird die Gattung *Pinus* in die Familie der Pinaceae gestellt und untersteht der Ordnung Pinales.

8.2.5 *Picea sp.* (Tafel XVI)

Auf Tafel XVI (Anhang A: A-32; Abbildung: A-H) werden zwei Exemplare aus der Gattung *Picea sp.* dargestellt, die nach Anderson/Kirkland (1969) in die Familie der Pinaceae gestellt wird und der Ordnung Pinales untersteht.

Wie viele andere Vertreter aus der Familie der Pinaceae, bilden auch diese beiden Exemplare bisaccate Pollenkörner aus. Im Lichtmikroskop sind deutlich die beiden Luftsäcke mit alveolarer Innenstruktur erkennbar, die an der gesamten Breite des Corpus anlegen.

Da bei diesen beiden Pollenkörnern der Habitus nicht vollkommen ident ist, mussten Merkmale wie Größe und äußere Umrissform im Verlauf der Bestimmung außer Acht gelassen werden.

Essentielles Bestimmungsmerkmal sind vor allem die breit ansetzenden Luftsäcke. Dieses Merkmal wurde teilweise auch bei Grímsson/Zetter (2011) beschrieben. Zudem konnten etliche Ähnlichkeiten zwischen den darin aufgeführten Abbildungen und den beiden Pollenkörnern auf Tafel XVI gefunden werden. Aufgrund dessen werden diese beiden Pollenkörner als Vertreter der Gattung *Picea* geführt.

8.2.6 *Parvisaccites sp.* (Tafel XVII)

In den Proben der Potomac-Formation konnte ein Exemplar der Gattung *Parvisaccites* zugeordnet werden. Diese Pollenkörner zählen zu der Familie der Podocapaceae und unterstehen der Ordnung Pinales (Schrank 2010, 29; Allaby 2012, 396).

Dieses Pollenkorn in Tafel XVII (Anhang A: A-34; Abbildung: A-E) unterschied sich in Bezug auf die Struktur der Sacci sehr stark von allen anderen bisaccaten Pollenkörnern, die in dieser Arbeit beschrieben werden. Unter dem Lichtmikroskop erscheint die innere Struktur der Sexine nicht zirkular-alveolar sondern vielmehr lassen sich hier parallel verlaufende Strukturen erkennen.

Diese Eigenschaft schloss eine Zugehörigkeit zu der Familie der Pinaceae aus. Ähnliche lichtmikroskopische Aufnahmen von Brenner (1963) und Kotova (1975) führten zur Zuordnung in die Gattung *Parvisaccites*. Aufgrund der mehrdeutigen Abbildungen der lichtmikroskopischen Aufnahmen dieser Pollenkörner, wäre eine Artbestimmung zu ungenau. Meiner Ansicht nach könnte es sich um die von Brenner (1963) beschriebene Art *Parvisaccites amplus* Brenner, 1963 oder die bei Brenner (1963) sowie Kotova (1975) angeführte Art *Parvisaccites radiatus* Couper, 1958 handeln.

8.2.7 *Vitreisporites pallidus* (Reissinger) Nilsson, 1958 (Tafel XVIII, Tafel XIX: Abbildung A-D)

Aufgrund der klaren lichtmikroskopischen Abbildungen bei Brenner (1963) konnten insgesamt drei Pollenkörner auf den Tafeln XVIII (Anhang A: A-36; Abbildung: A-H) und XIX (Anhang A: A-38; Abbildung: A-D) als *Vitreisporites pallidus* (Reissinger) Nilsson, 1958 identifiziert werden.

Die Pollenkörner sind relativ klein im Vergleich zu den Pollenkörnern der Gattungen *Pinus* und *Parvisaccites*. Somit kann die Größe durchaus als ein anfängliches Merkmal für die Bestimmung herangezogen werden. Zudem sind die Zentralkörper der Pollenkörner von *Vitreisporites pallidus* (Reissinger) Nilsson, 1958 teilweise breiter als die daran ansetzenden Sacci, ein Charakteristikum, welches kaum bei anderen bisaccaten Pollenkörnern auftritt.

Der Zentralkörper des Pollenkorns in Tafel XIX (Anhang A: A-38; Abbildung: A-D) ist nicht vollkommen ausgebildet und dadurch ist eine Artbestimmung allein anhand lichtmikroskopischer Aufnahmen schwierig.

Unter dem Rasterelektronenmikroskop jedoch konnte auch dieses Pollenkorn der Art *Vitreisporites pallidus* (Reissinger) Nilsson, 1958 zugeordnet werden, da die psilate und leicht perforate Oberflächenstruktur der Sacci analog zu den anderen Pollenkörnern dieser Art ist.

Taxonomisch zählen Pollenkörner der Art *Vitreisporites pallidus* (Reissinger) Nilsson, 1958 zur Familie der Caytoniaceae und unterstehen der Ordnung Caytoniales (Brenner 1963, 74).

8.2.8 *Eucommiidites* sp.

(Tafel XIX: Abbildung E-H, Tafel XX)

Diese Pollenkörner ähneln unter dem Lichtmikroskop tricolporaten Angiospermenpollenkörnern. Erst unter dem Rasterelektronenmikroskop erkennt man, dass die Pollenkörner monosulcat sind und die vermeintlichen zusätzlichen Sulci lediglich Falten sind, die den harmogametischen Effekt ermöglichen (Hesse et al 2009, 23ff, 40; Friis et al 2011, 114f).

In der Pollenprobe aus der Potomac-Formation konnten unzählige Vertreter dieser Gattung isoliert werden. Schließlich wurden insgesamt vier Exemplare beschrieben und auf den Tafeln XIX (Anhang A: A-38; Abbildung: E-H) und XX (Anhang A: A-40; Abbildung: A-L) zusammengestellt.

Das einzigartige Charakteristikum der beiden Falten kann als essentielles Merkmal für die Bestimmung herangezogen werden.

Durch die detaillierten Beschreibungen von Friis et al (2011) sowie Hughes (1961) konnten diese Pollenkörner eindeutig der Gattung *Eucommiidites* zugeordnet werden, die der Ordnung Erdtmanithecaceae zugerechnet wird (Friis et al 2011, 114f).

8.2.9 *Callialasporites* sp.

(Tafel XXI)

Zahlreiche Vertreter der Gattung *Callialasporites* konnten aus der Pollenprobe der Potomac-Formation isoliert werden. Zwei davon werden in Tafel XXI (Anhang A: A-42; Abbildung: A-H) abgebildet.

Zwischen diesen beiden Gymnospermenpollenkörnern sind teilweise große Ähnlichkeiten auszumachen. So haben beide ungefähr dieselbe Größe und Form. Zudem ist die Oberflächenstruktur sowohl unter lichtmikroskopischer als auch rasterelektronenmikroskopischer Analyse beinahe vollkommen ident. Diese Eigenschaften fundieren die Annahme, dass beide Pollenkörner zumindest derselben Gattung angehören.

Durch die Vergleiche mit den lichtmikroskopischen Abbildungen bei Schrank (2010) konnten Rückschlüsse auf eine mögliche Gattungszuordnung gezogen werden. Aufgrund der Ähnlichkeiten bezüglich der äußeren Form sowie der Struktur der Pollenwand wurden die beiden Pollenkörner auf Tafel XXI der Gattung *Callialasporites* zugeordnet.

Diese Gattung zählt zu der Familie der Araucariaceae, wird aber bei Schrank (2010) eventuell auch als ein Vertreter der Podcarpaceae angeführt. Die Familie der Araucariaceae wird beispielsweise bei Fralish/Franklin (2002) der Ordnung Pinales unterstellt, bei Christenhusz et al (2011) sowie Escapa/Catalano (2013) wird die Familie der Araucariaceae der Ordnung Araucariales unterstellt.

8.2.10 *Exesipollenites tumulus* Balme, 1957

(Tafel XXII)

Ähnlich wie in der Beschreibung von Brenner (1963) haben die Pollenkörner auf Tafel XXII (Anhang A: A-44; Abbildung: A-L) in Polansicht einen zirkularen bis leicht triangularen äußeren Umriss. Die Exine ist psilat, wobei distal ein ungleich verdickter, dunkler, zirkularer bis leicht triangulärer Bereich zu erkennen ist, der eine hellere, dünnere runde Vertiefung am distalen Pol umgibt.

Nicht nur wenn die insgesamt drei Pollenkörner unter dem Lichtmikroskop betrachtet werden, können diverse Analogien festgestellt werden, auch unter dem Rasterelektronenmikroskop sind alle drei Exemplare beinahe vollkommen ident. Herausstechendes Merkmal sind hierbei vor allem die zahlreichen Ubisch-Körper, die jeweils über das gesamte Pollenkorn verteilt, auftreten.

Aufgrund der klaren Abbildungen und detaillierten Beschreibungen von Brenner (1963) konnten die Pollenkörner in Tafel XXII der Art *Exesipollenites tumulus* Balme, 1957 zugeordnet werden.

Diese Art ist Teil der Familie der Cupressaceae und untersteht der Ordnung Pinales (Franlisch/Franklin 2002, 42; Gee 2010, 203).

9 CONCLUSIO

Insgesamt lässt sich konstatieren, dass aus der Pollenprobe der Potomac-Formation neben der Fülle an verschiedenartigen Sporen von Farnpflanzen auch etliche Pollenkörner verschiedenster Vertreter der Gymnospermen isoliert werden konnten. Dieser Umstand und die Tatsache, dass die Sporen sowie der Pollen aus der Zeit der Unterkreide stammen, lässt zweifellos darauf schließen, dass sich sowohl Farnpflanzen als auch Nacktsamer zu dieser Zeit die Vorherrschaft unter den Landpflanzen teilten. Dennoch konnten auch vereinzelt diverse Angiospermenpollenkörner aus derselben Probe entnommen werden. Da Vertreter dieses Typus' vor der Unterkreide bis dato noch nicht beschrieben wurden, liegt die Annahme, dass es sich bei ebendiesen Pollenkörnern um die ersten ihrer Art handelt, nahe.

Ein Großteil dieser Pollenkörner konnte in dieser Arbeit beschrieben und mithilfe lichtmikroskopischer und rasterelektronenmikroskopischer Aufnahmen, bestimmt werden. Die Bestimmung fundiert hauptsächlich auf Vergleichen mit zahlreichen Darstellungen in diversen Publikationen und konnte dadurch zum Teil bis auf Artniveau geführt werden.

Aufgrund mehrdeutiger Beschreibungen und Darstellungen waren Artzugehörigkeiten jedoch teilweise zu unschlüssig und eine Bestimmung auf Artniveau wäre in jedem Fall zu ungenau.

Dieser Punkt verdeutlichte einmal mehr den Vorteil verschiedene optische Instrumente für die Analyse von Pollenkörnern zu nutzen. Gewisse Merkmale können alleine unter dem Lichtmikroskop aufgrund der niedrigen Vergrößerung oftmals nicht genau erkannt werden. Das Rasterelektronenmikroskop wiederum verschleiert teilweise manche Einzelheiten, die nur unter dem Lichtmikroskop zu erkennen sind. Somit ist es durchaus als sinnvoll zu erachten, beide Instrumente miteinander zu kombinieren um eine hohe Genauigkeit der Beschreibungen und Bestimmungen garantieren zu können.

Zudem ist natürlich zu bedenken, dass die Pollenkörner sowohl unter dem Lichtmikroskop als auch unter dem Rasterelektronenmikroskop nicht von allen Seiten gleichzeitig betrachtet werden können und so bietet es sich zweifellos an, die Objekte umzudrehen. Dies wurde in dieser Arbeit gemacht und die Resultate sind, meinem Erachten nach, ebenso interessant wie faszinierend.

Schließlich lässt sich somit zusammenfassen, dass der genaue Ursprung der Angiospermen, deren Aufstieg sowie der zeitgleiche Untergang der Gymnospermen stets brisante Themen innerhalb der Panylogie sein werden und mit dieser Arbeit nur ein kleiner Abriss der pflanzlichen Vielfalt der Unterkreide geschaffen werden konnte.

10 LITERATURVERZEICHNIS

- ALLABY, Michael (2012): *A Dictionary of Plant Sciences*. Oxford: Oxford University Press.
- ANDERSON, John M./ANDERSON, Heidi M./CLEAL, Christopher J. (2007): *Brief History of the Gymnosperms: Classification, Biodiversity, Phytogeography and Ecology*. Pretoria: South African National Biodiversity Institute.
- ANDERSON, Roger Y./KIRKLAND, Douglas W. (1969): Systematic List of Fossils in the Rita Blanca Lake Deposits. In: ANDERSON, Roger Y./KIRKLAND, Douglas W. (Hrsg.) (1969) :Paleoecology of an Early Pleistocene Lake on the High Plains of Texas. Colorado: Geological Society of America.
- ANDREWS, Henry N. (1963): Early Seed Plants. In: *Science*, Band 142 (3594), New York, Washington D.C: American Association for Advancement of Science, 925-931.
- BALME, B. E. (1957): *Spores and Pollen grains from the Mesozoic of Western Australia*. Australia: Commonwealth scientific and industrial research organization, Division of Coal Research.
- BHATNAGAR, S. P./MOITRA, Alok (1996): *Gymnosperms*. Neu-Delhi: New Age International (P) Ltd.
- BRENNER, Gilbert. J. (1996): Evidence for the Earliest Stage of Angiosperm Pollen Evolution: A Paleoequatorial Section from Israel. In: TAYLOR, D. W./HICKEY L. J. (Hrsg.) (1996): *Flowering Plant Origin, Evolution and Phylogeny*. New York: Chapman and Hall, 91-115.
- BRENNER, Gilbert J. (1976): Middle Cretaceous Floral Provinces and Early Migrations of Angiosperms. In: BECK, Charles B. (Hrsg.) (1976): *Origin and Early Evolution of Angiosperms*, New York: Columbia University Press.
- BRENNER, Gilbert J. (1963): The Spores and Pollen of the Potomac Group of Maryland. In: *Maryland Department of Geology, Mines and Water Resources, Bulletin*, Band 27, Baltimore: Waverly Press Inc., 1-215.
- CHRISTENHUSZ, Maarten J.M./REVEAL James L./FARJON, Aljos/GARDNER, Martin F./MILL, Robert R./CHASE, Mark W. (2011): A new Classification and linear Sequence of extant Gymnosperms. In: *Phytotaxa*, Band 19, 55-70.

- COUPER, R. A. (1956): Evidence for a possible gymnospermous affinity for *Tricolpites troedssonii* Erdtman. In: *New Phytologist*, Band 55 (2), 280-285.
- COUPER, R. A. (1958): British Mesozoic microspores and pollen grains. A systematic and stratigraphic study. In: *Paleontographica Abteilung B*, Band 103, 75-179.
- DOYLE, James A. (1977a): Spores and pollen: The Potomac Group (Cretaceous) Angiosperm Sequence. In: HAZEL J.E./KAUFFMAN E.G. (Hrsg.): *Concepts and Methods in Biostratigraphy*. Stroudsburg, Pennsylvania: Dowden, Hutchinson & Ross, Inc. 339-363.
- DOYLE, James A./ROBBINS, Eleanora I. (1977): Angiosperm Pollen Zonation of the Continental Cretaceous of the Atlantic Coastal Plain and its Application to Deep Wells in the Salisbury Embayment. In: *Palynology*, Band 1, 43-78.
- ESCAPA, Ignacio H./CATALANO, Santiago A. (2013): Phylogenetic Analysis of Araucariaceae: Integrating Molecules, Morphology, and Fossils. In: *International Journal of Plant Sciences*, Band: 174 (8), 1153-1170.
- FRALISH, James S./FRANKLIN, Scott B. (2002): Taxonomy and Ecology of Woody Plants in North American Forests (Excluding Mexico and Subtropical Forests of Florida).
- FRIIS, Else M./DOYLE, James A./ENDRESS, Peter K./LENG, Qin (2003): *Archaeofructus* - angiosperm precursor or specialized early angiosperm? In: *Trends in Plant Science*, Band 8 (8), 369–373.
- FRIIS, Else Marie/CRANE, Peter R./PEDERSEN, Kaj Raunsgaard (2011): *Early Flowers and Angiosperm Evolution*. New York: Cambridge University Press.
- GEE, Carole T. (2010): *Plants in Mesozoic Time: Morphological Innovations, Phylogeny, Ecosystems*. Bloomington, Indiana: Indiana University Press.
- GOVIL, C. M. (2007): *Gymnosperms. Extinct and Extant*. Delhi: Krishna Prakashan Media (P) Ltd.
- GRÍMSSON, Friðgeir/ZETTER, Reinhard (2011): Combined LM and SEM study of the Middle Miocene (Sarmatian) palynoflora from the Lavanttal Basin, Austria: Part II. Pinophyta (Cupressaceae, Pinaceae and Sciadopytiaceae). In: *Grana*, Band 50 (4), 262-310.

- HESSE, Michael/HALBRITTER, Heidemarie/ZETTER, Reinhard/WEBER, Martina/BUCHNER, Ralf/FROSCH-RADIVO, Andrea/ULRICH, Silvia (2009): Pollen Terminology. An illustrated handbook. Wien: Springer Verlag.
- HICKEY, Leo J./DOYLE, James A. (1977): Early cretaceous fossil evidence for angiosperm evolution. In: *The Botanical Review*, Band 43 (1), 3-104.
- HUGHES, Norman F. (1961): Further Interpretations of *Eucommiidites* Erdtman 1948. In: *Paleobotany*, Band 4 (2), 292-299.
- HUGHES, Norman F. (1994): *The Enigma of Angiosperm Origins*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Ji, Qiang/Li, Hongqi/BOWE, L. Michelle/LIU, Yusheng/TAYLOR, David Winship (2004): Early Cretaceous *Archaeofructus eoflora* sp. nov. with Bisexual Flowers from Beipiao, Western Liaoning, China. In: *Acta Geologica Sinica*, Band 78 (4), 883-896.
- KOTOVA, Ida Z. (1978): Spores and Pollen from Cretaceous Deposits of the Eastern North Atlantic Ocean, Deep Sea Drilling Project Leg 41, Sites 367 and 370. In: LANCELOT, Yves/SEIBOLD, Eugen et al. (1978): *Initial Reports of the Deep Sea Drilling*, Band 41, Washington: U.S. Govt. Printing Office, 841-852.
- MURHAMMER, Stefanie (in press): *Untersuchungen an Sporen von Pteridophyten und Bryophyten aus der Potomac-Formation (Unterkreide), USA*. Unveröffentlichte Diplomarbeit, Universität Wien.
- NABORS, Murray W. (2007): *Botanik*. München: Pearson Studium.
- NILSSON, Tage A. (1958): Über das Vorkommen eines mesozoischen Sapropelgesteins in Schonen. In: *Acta Univisiversitatis Ludensis*, Band 54 (10), Lund: C.W.K Gleerup, 1-112.
- PIERCE, R.L. (1961): Lower Upper Cretaceous plant microfossils from Minnesota. In: *Bulletin Minnesota. Geological Survey*, Band 42, 1-86-
- ROGERS, John J. W. (1993): *A history of the earth*. Cambridge: Cambridge University Press.
- SCHRANK, Eckart (2010): Pollen and spores from the Tendaguru Beds, Upper Jurassic and Lower Cretaceous of southeast Tanzania: palynostratigraphical and paleoecological implications. In: *Palynology*, Band 34 (1), 3-42.

- SKELTON, Norman/SPICER, Robert A./KELLEY, Simon P./GILMOUR, Iain (2003): *The Cretaceous World*. Cambridge: Cambridge University Press.
- STORCH, Volker/WELSCH, Ulrich/WINK, Michael (2013): *Evolutionsbiologie*. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.
- SUN, Ge/DILCHER, David L./ ZHENG, Shaoling/ZHOU, Zhekun (1998): In Search of the First Flower: A Jurassic Angiosperm, *Archaeofructus*, from Northeast China. In: *Science* (1998), Band 282 (1682), New York, Washington D.C: American Association for Advancement of Science, 1692-1695.
- SUN, Ge/JI, Qiang/DILCHER, David L./ZHENG, Shaolin/NIXON, Kevin C./WANG, XINFU (2002): *Archaeofructaceae*, a New Basal Angiosperm Family. In: *Science* (2002), Band 296 (899), New York, Washington D.C: American Association for Advancement of Science, 899-904.
- TAYLOR, Thomas N. (1982): Reproductive Biology in Early Seed Plants. In: *Bioscience*, Band 32 (1), Oxford: Oxford University Press, 23-28.
- TAYLOR, Thomas N./ALVIN, Kenneth L. (1984): Ultrastructure and Development of Mesozoic Pollen: *Classopollis*. In: *American Journal of Botany*, Band 71 (4), 575-587.
- TAYLOR, Thomas N/TAYLOR Edith L./KRINGS Michael (2009): *Paleobotany: The Biology and Evolution of Fossil Plants*. Oxford: Elsevier.
- VAKHRAMEE, Vsevolod A. (1991): *Jurassic and Cretaceous Floras and Climates of the Earth*. Cambridge: Cambridge University Press.
- VICKERS RICH, Patricia/Rich, Thomas Hewitt/ADAMS FENTON, Mildred/FENTON, Carroll Lane (1996): *The fossil book: A record of prehistoric life*. New York: Dover Publications, Inc.
- WALKER, James W. (1974): Evolution of Exine Structure in the Pollen of Primitive Angiosperms. In: *American Journal of Botany*, Band 61 (8), 897-902.
- WALKER, James W./Walker Audrey G. (1984): Ultrastructure of lower cretaceous angiosperm pollen and the origin and early evolution of flowering plants. In: MORIN, Nancy/BAUER, Cheryl R./CROSBY, Marshall R./DAVIDSE, Gerrit/DWYER, John D./GOLDBLATT, Peter (Hrsg.) (1985): *Annals of the Missouri Botanical Garden*, Band 71. Kansas: Allen Press Inc. of Lawrence, 464-521.

- WANG, Xin/Zheng, Xiao-Ting (2012): Reconsiderations on two characters of early angiosperm *Archaeofructus*. In: *Paleoworld*, Band 21 (3-4), 193-201.
- WILLIS, Kathy J./McELWAIN, Jennifer C. (2014): *The Evolution of Plants*. Oxford: Oxford University Press.
- XI, Yi-Zhen (1980): Studies of Pollen Morphology and Its Systematic Position in the Order Piperales. In: *Acta Botanica Sinica*, Band 22 (4), 323-331.
- ZAVADA, Michael S. (1984): Angiosperm origins and evolution based on dispersed fossil pollen ultrastructure. In: MORIN, Nancy/BAUER, Cheryl R./CROSBY, Marshall R./DAVIDSE, Gerrit/DWYER, John D./GOLDBLATT, Peter (Hrsg.) (1985): *Annals of the Missouri Botanical Garden*, Band 71. Kansas: Allen Press Inc. of Lawrence, 444-463.
- ZETTER, Reinhard (1989): Methodik und Bedeutung einer routinemäßig kombinierten lichtmikroskopischen und rasterelektronenmikroskopischen Untersuchung fossiler Mikrofloren. In: *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, Band 109, Frankfurt am Main: Senckenbergische Naturforschende Gesellschaft, 41-50.

ANHANG A

TAFEL I

Abbildung A: *Retimonocolpites* sp. [1], LM

Abbildung B: *Retimonocolpites* sp. [1], REM Übersicht

Abbildung C: *Retimonocolpites* sp. [1], REM Übersicht

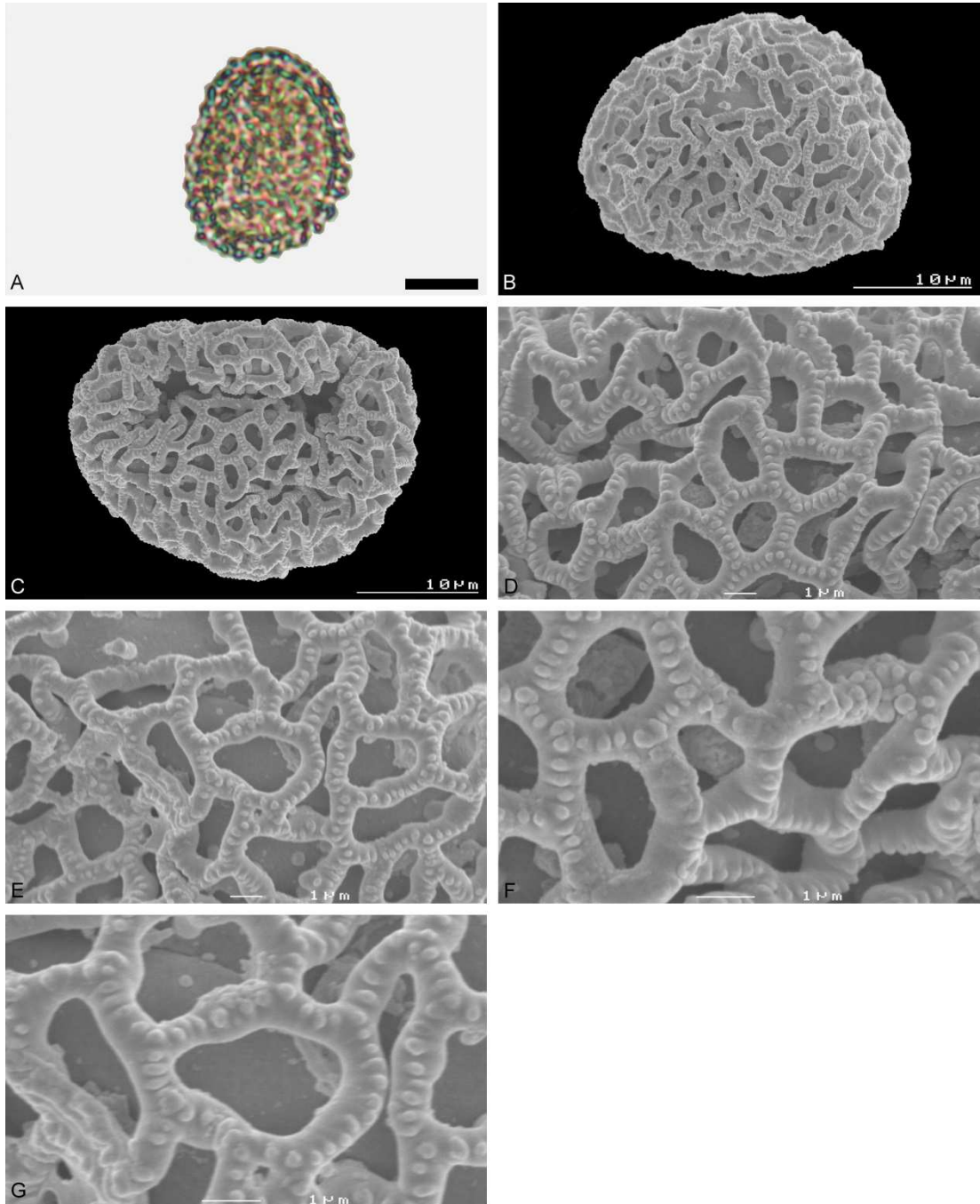
Abbildung D: *Retimonocolpites* sp. [1], REM Detail

Abbildung E: *Retimonocolpites* sp. [1], REM Detail

Abbildung F: *Retimonocolpites* sp. [1], REM Detail

Abbildung G: *Retimonocolpites* sp. [1], REM Detail

TAFEL I



TAFEL II

Abbildung A: *Clavatipollenites* sp. [1], LM

Abbildung B: *Clavatipollenites* sp. [1], REM Übersicht

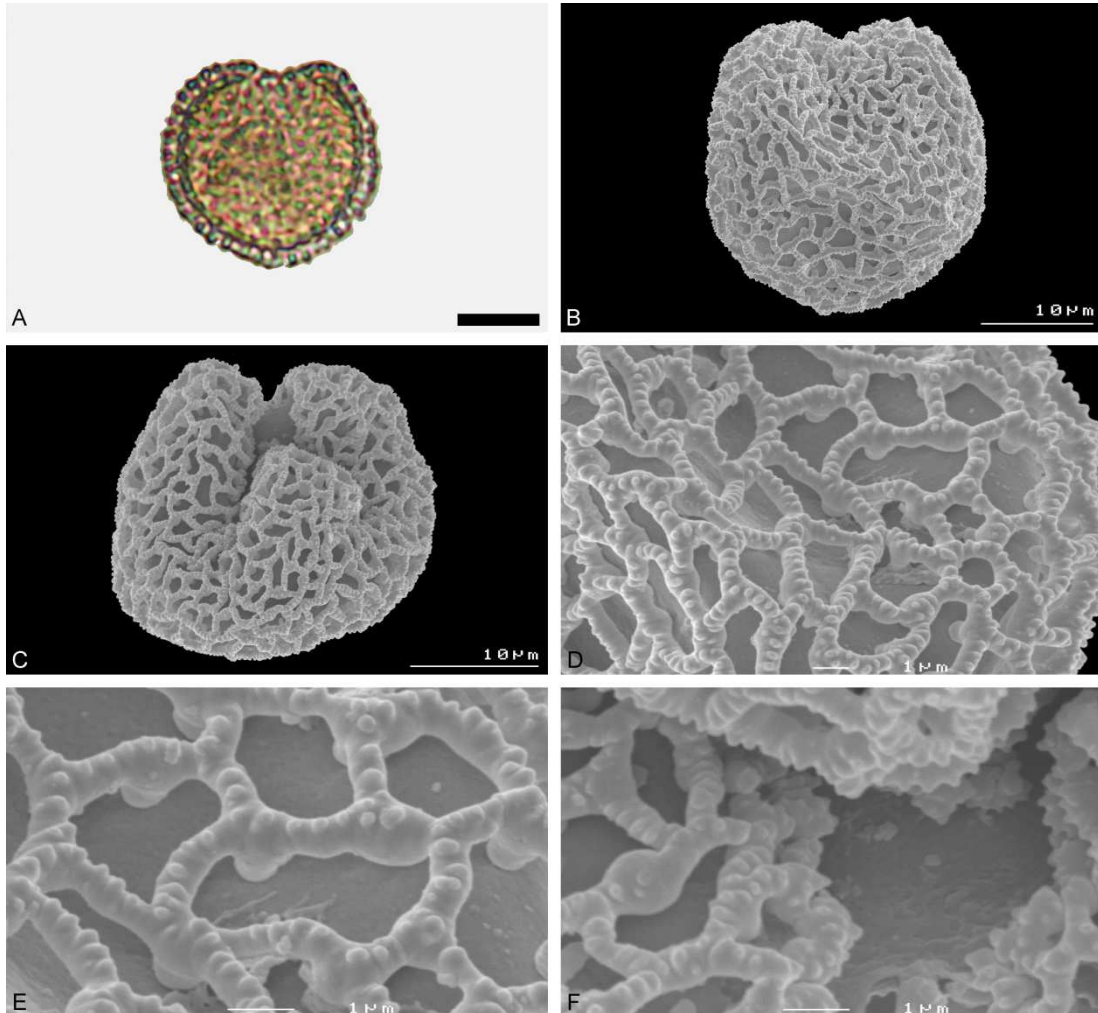
Abbildung C: *Clavatipollenites* sp. [1], REM Übersicht

Abbildung D: *Clavatipollenites* sp. [1], REM Detail

Abbildung E: *Clavatipollenites* sp. [1], REM Detail

Abbildung F: *Clavatipollenites* sp. [1], REM Detail

TAFEL II



TAFEL III

Abbildung A: *Clavatipollenites* sp. [2], LM

Abbildung B: *Clavatipollenites* sp. [2], REM Übersicht

Abbildung C: *Clavatipollenites* sp. [2], REM Übersicht

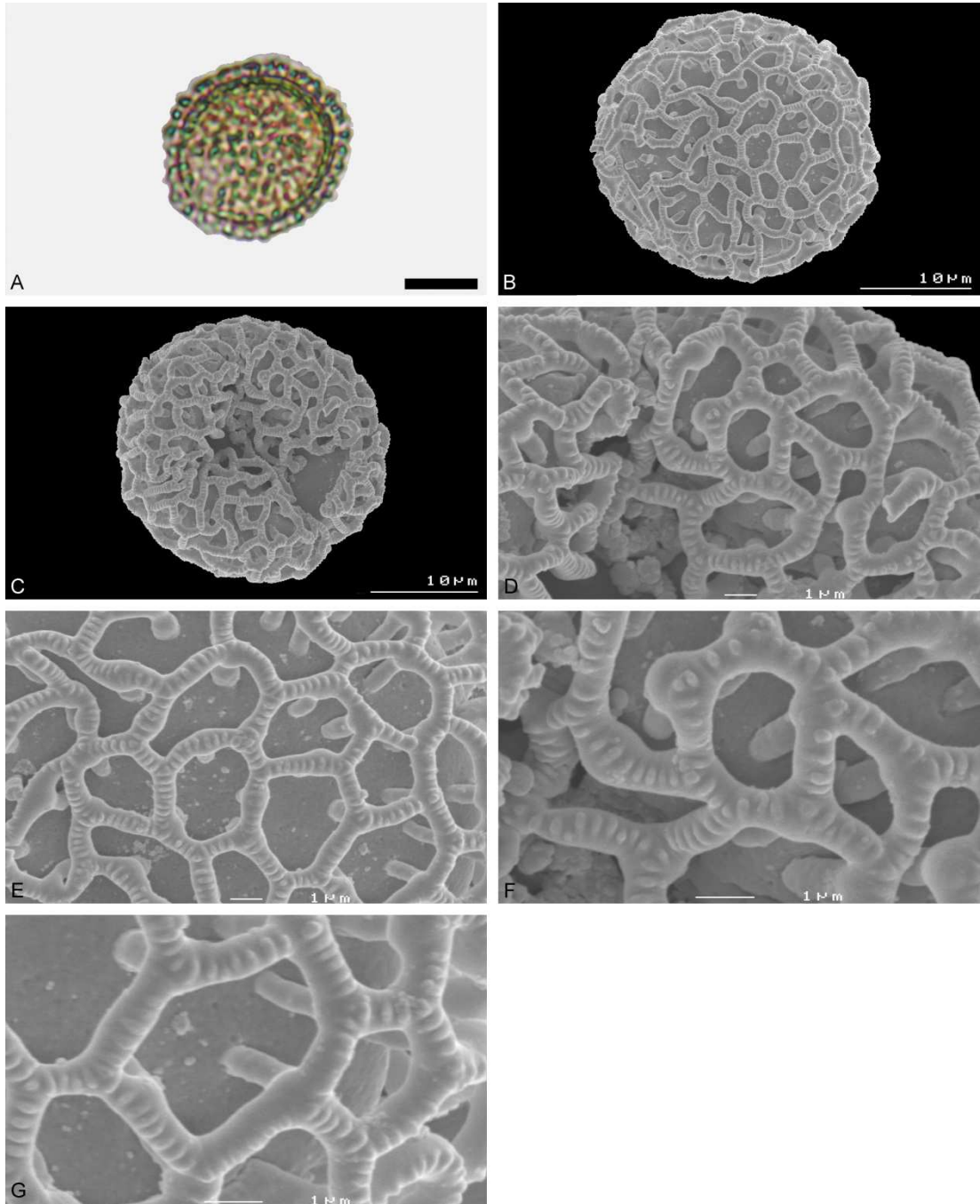
Abbildung D: *Clavatipollenites* sp. [2], REM Detail

Abbildung E: *Clavatipollenites* sp. [2], REM Detail

Abbildung F: *Clavatipollenites* sp. [2], REM Detail

Abbildung G: *Clavatipollenites* sp. [2], REM Detail

TAFEL III



TAFEL IV

Abbildung A: *Clavatipollenites* sp. [3], LM

Abbildung B: *Clavatipollenites* sp. [3], REM Übersicht

Abbildung C: *Clavatipollenites* sp. [3], REM Detail

Abbildung D: *Clavatipollenites* sp. [3], REM Detail

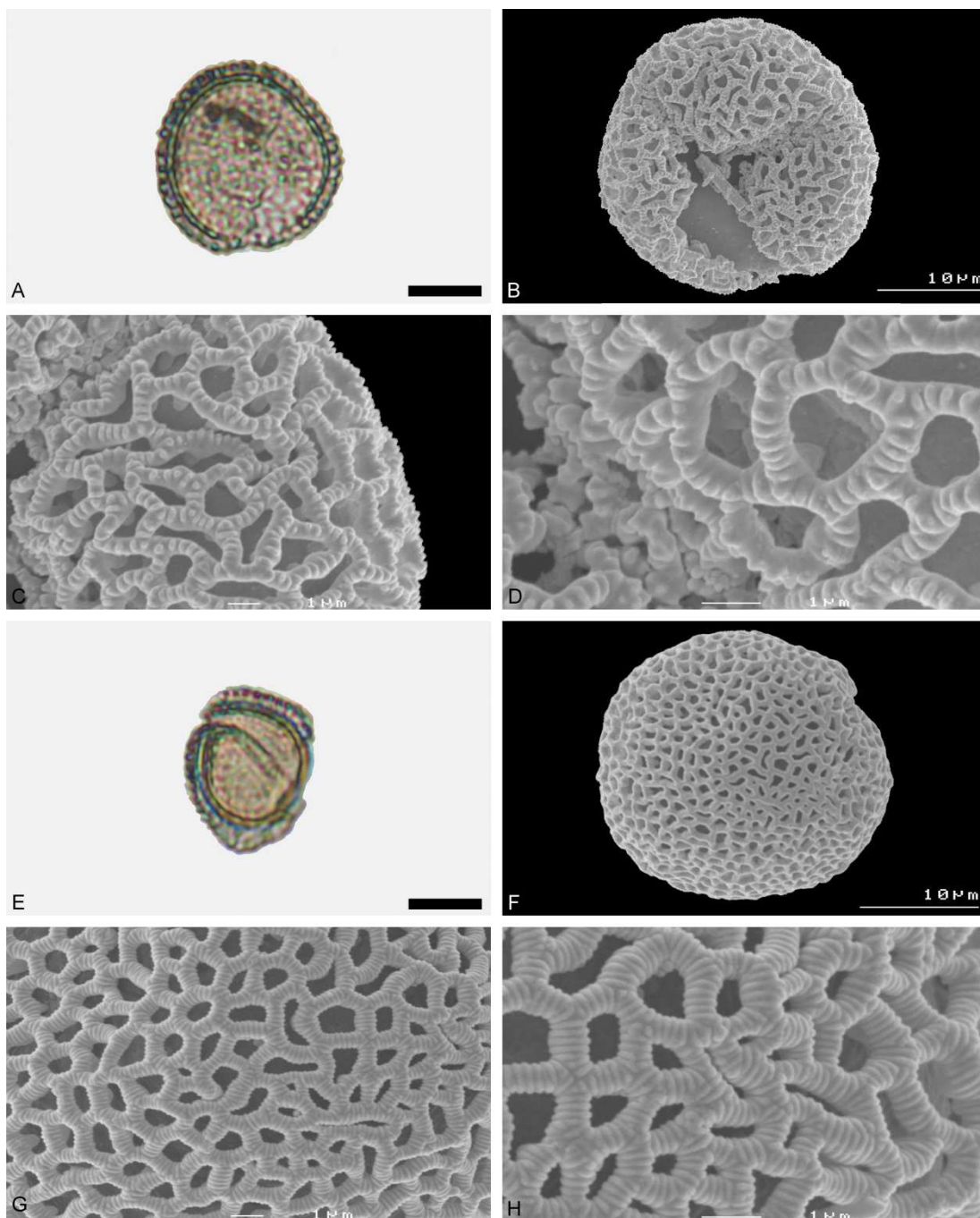
Abbildung E: *Clavatipollenites* sp. [4], LM

Abbildung F: *Clavatipollenites* sp. [4], REM Übersicht

Abbildung G: *Clavatipollenites* sp. [4], REM Detail

Abbildung H: *Clavatipollenites* sp. [4], REM Detail

TAFEL IV



TAFEL V

Abbildung A: *Retimonocolpites* sp. [2], LM

Abbildung B: *Retimonocolpites* sp. [2], REM Übersicht

Abbildung C: *Retimonocolpites* sp. [2], REM Übersicht

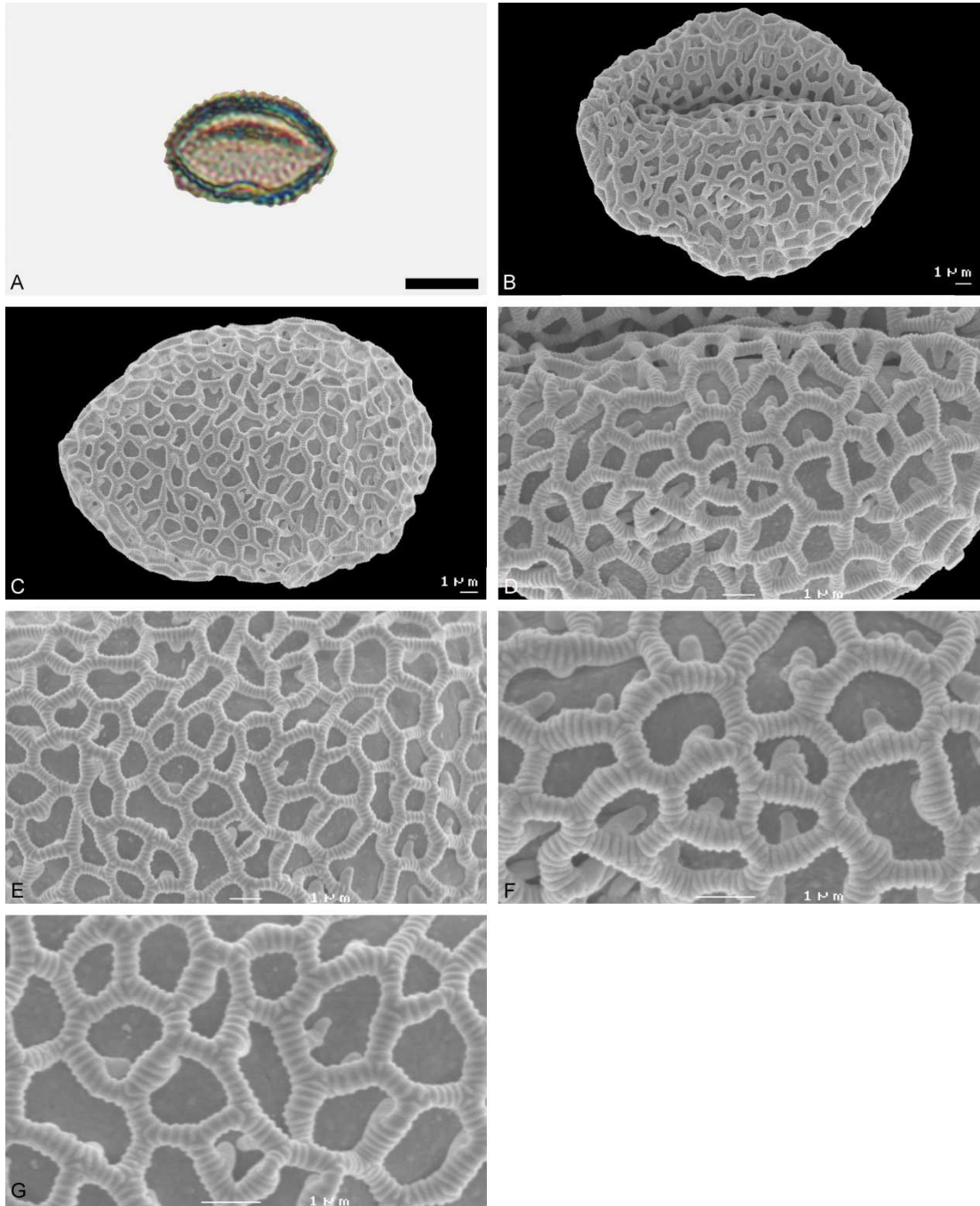
Abbildung D: *Retimonocolpites* sp. [2], REM Detail

Abbildung E: *Retimonocolpites* sp. [2], REM Detail

Abbildung F: *Retimonocolpites* sp. [2], REM Detail

Abbildung G: *Retimonocolpites* sp. [2], REM Detail

TAFEL V



TAFEL VI

Abbildung A: *Retimonocolpites* sp. [3], LM

Abbildung B: *Retimonocolpites* sp. [3], LM

Abbildung C: *Retimonocolpites* sp. [3], REM Übersicht

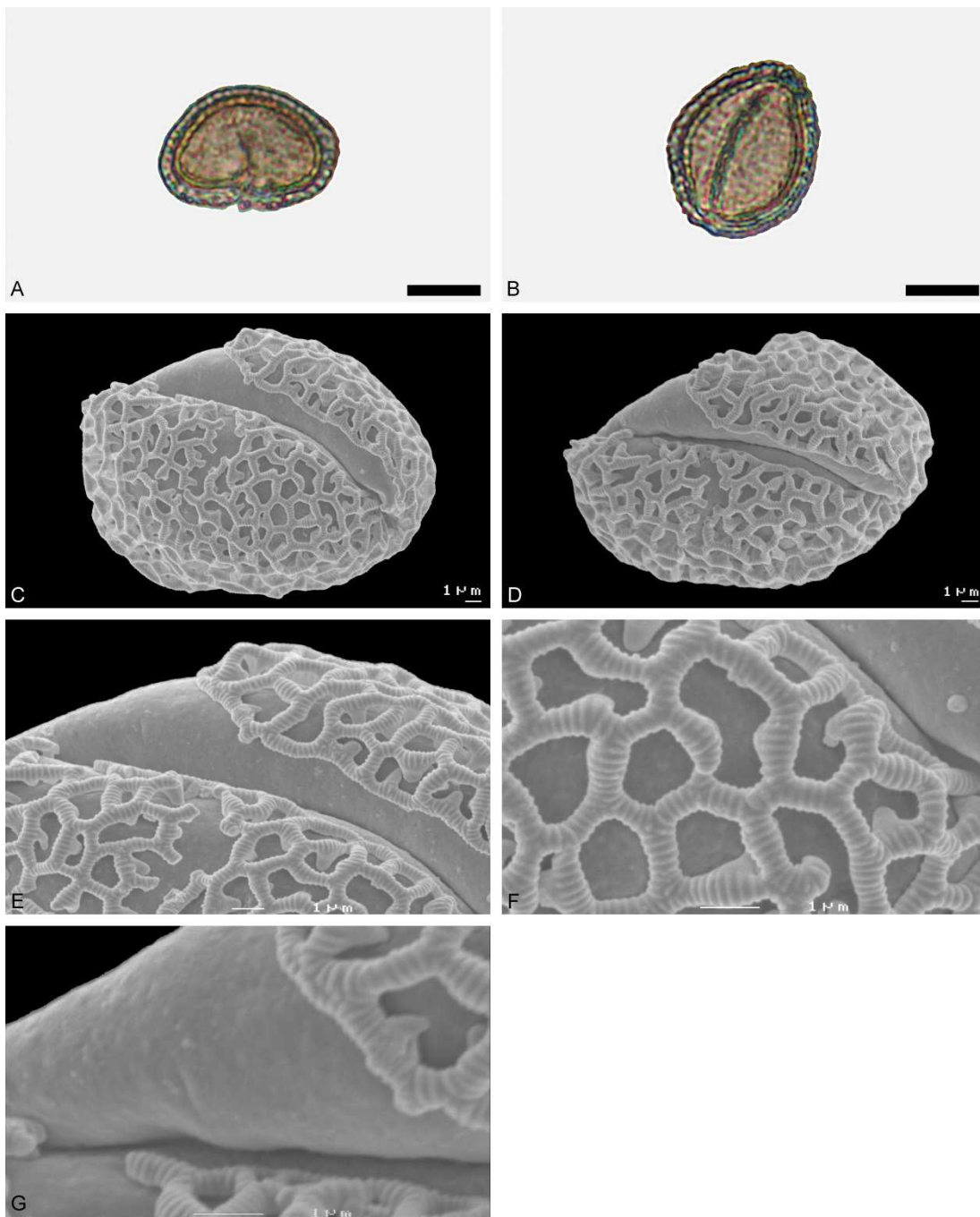
Abbildung D: *Retimonocolpites* sp. [3], REM Übersicht

Abbildung E: *Retimonocolpites* sp. [3], REM Detail

Abbildung F: *Retimonocolpites* sp. [3], REM Detail

Abbildung G: *Retimonocolpites* sp. [3], REM Detail

TAFEL VI



TAFEL VII

Abbildung A: *Liliacidites sp.*, LM

Abbildung B: *Liliacidites sp.*, REM Übersicht

Abbildung C: *Liliacidites sp.*, REM Übersicht

Abbildung D: *Liliacidites sp.*, REM Detail

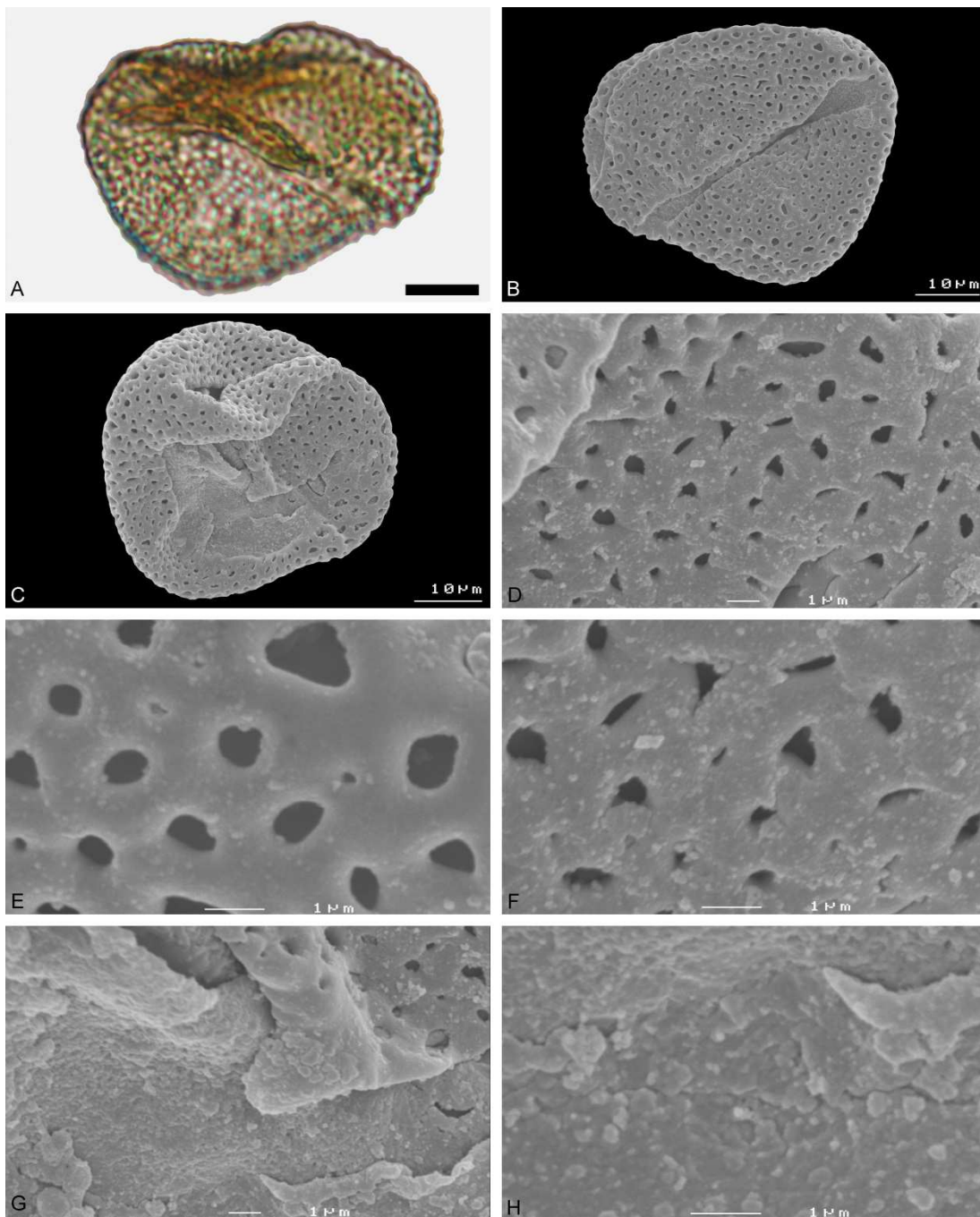
Abbildung E: *Liliacidites sp.*, REM Detail

Abbildung F: *Liliacidites sp.*, REM Detail

Abbildung G: *Liliacidites sp.*, REM Detail

Abbildung H: *Liliacidites sp.*, REM Detail

TAFEL VII



TAFEL VIII

Abbildung A: *Classopollis* sp., LM

Abbildung B: *Classopollis* sp., REM Überblick

Abbildung C: *Classopollis* sp., REM Überblick

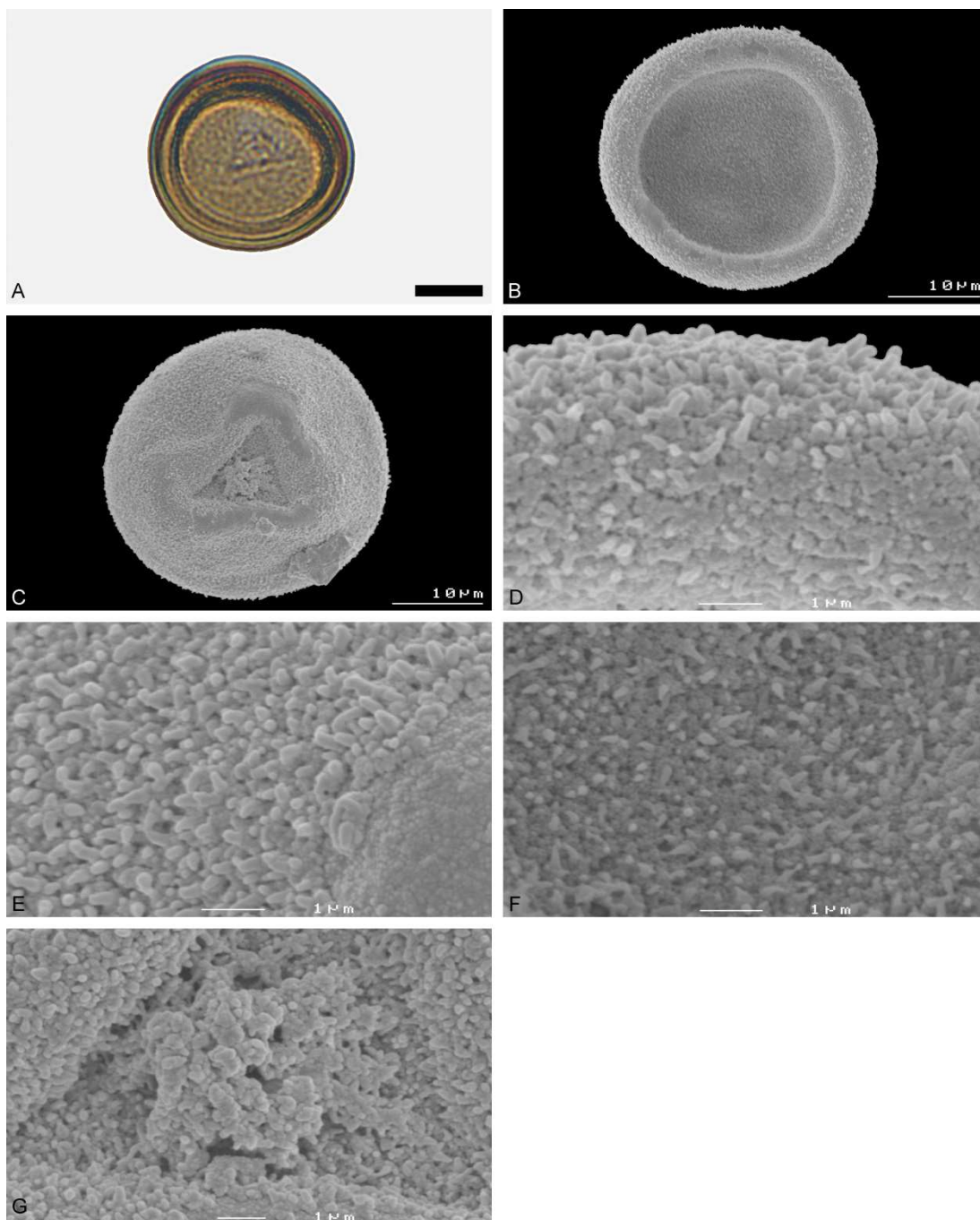
Abbildung D: *Classopollis* sp., REM Detail

Abbildung E: *Classopollis* sp., REM Detail

Abbildung F: *Classopollis* sp., REM Detail

Abbildung G: *Classopollis* sp., REM Detail

TAFEL VIII



TAFEL IX

Abbildung A: *Classopollis* sp., LM

Abbildung B: *Classopollis* sp., REM Überblick

Abbildung C: *Classopollis* sp., REM Überblick

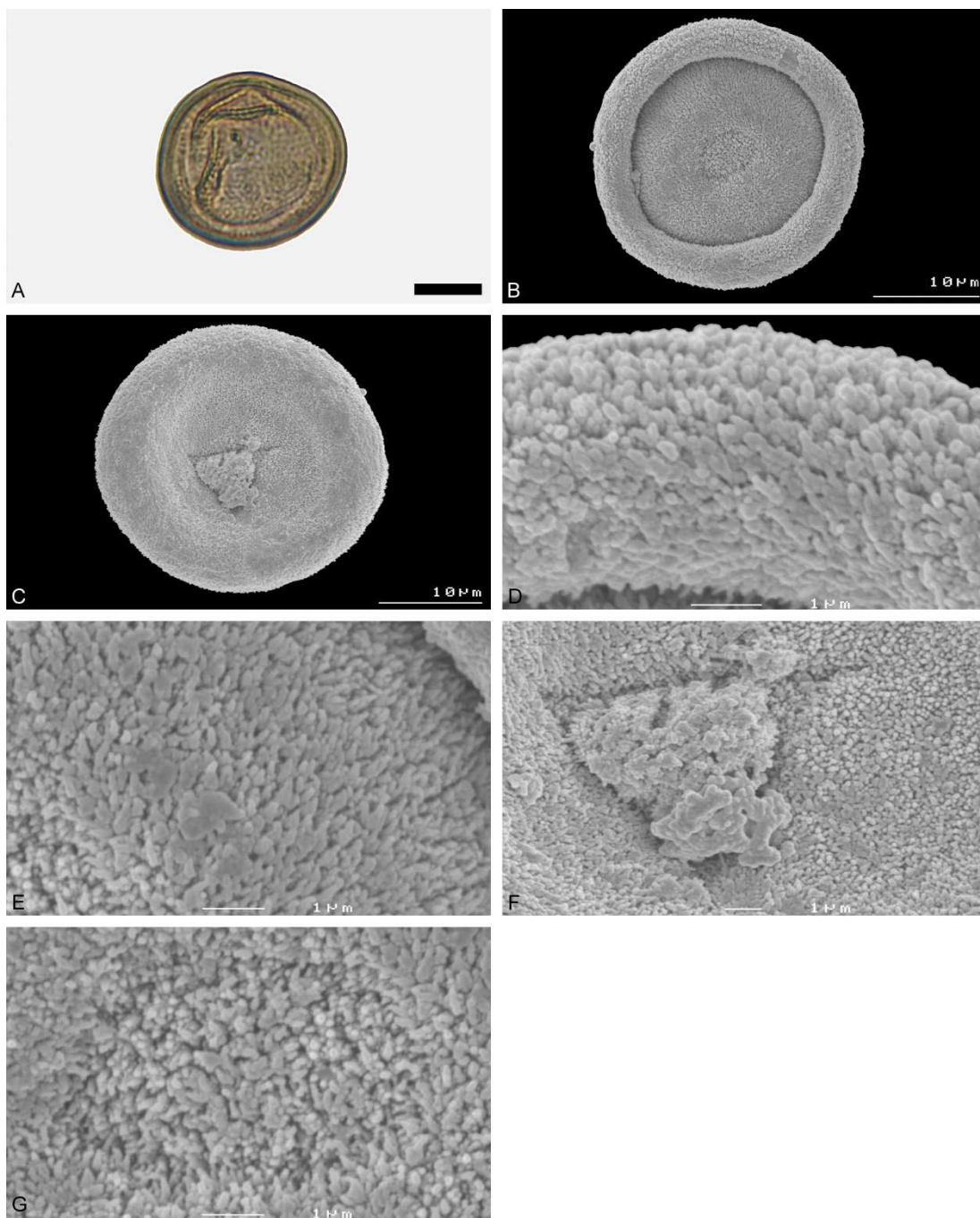
Abbildung D: *Classopollis* sp., REM Detail

Abbildung E: *Classopollis* sp., REM Detail

Abbildung F: *Classopollis* sp., REM Detail

Abbildung G: *Classopollis* sp., REM Detail

TAFEL IX



TAFEL X

Abbildung A: *Classopollis* sp., LM

Abbildung B: *Classopollis* sp., REM Übersicht

Abbildung C: *Classopollis* sp., REM Übersicht

Abbildung D: *Classopollis* sp., REM Detail

Abbildung E: *Classopollis* sp., REM Detail

Abbildung F: *Classopollis* sp., REM Detail

Abbildung G: *Classopollis* sp., REM Detail

Abbildung H: *Classopollis* sp., LM

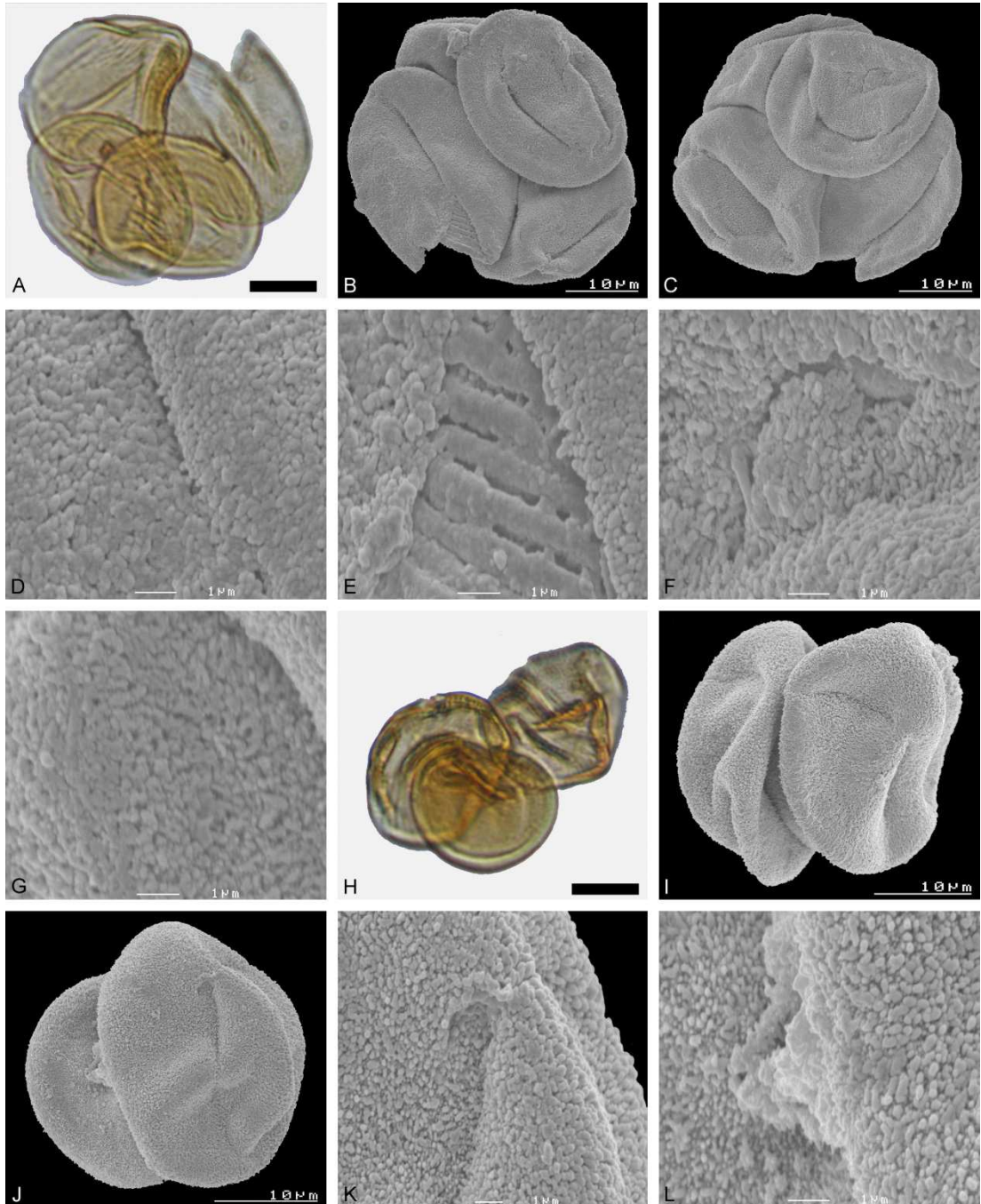
Abbildung I: *Classopollis* sp., REM Übersicht

Abbildung J: *Classopollis* sp., REM Übersicht

Abbildung K: *Classopollis* sp., REM Detail

Abbildung L: *Classopollis* sp., REM Detail

TAFEL X



TAFEL XI

Abbildung A: *Cathaya sp.*, LM

Abbildung B: *Cathaya sp.*, REM Übersicht

Abbildung C: *Cathaya sp.*, REM Detail

Abbildung D: *Cathaya sp.*, LM

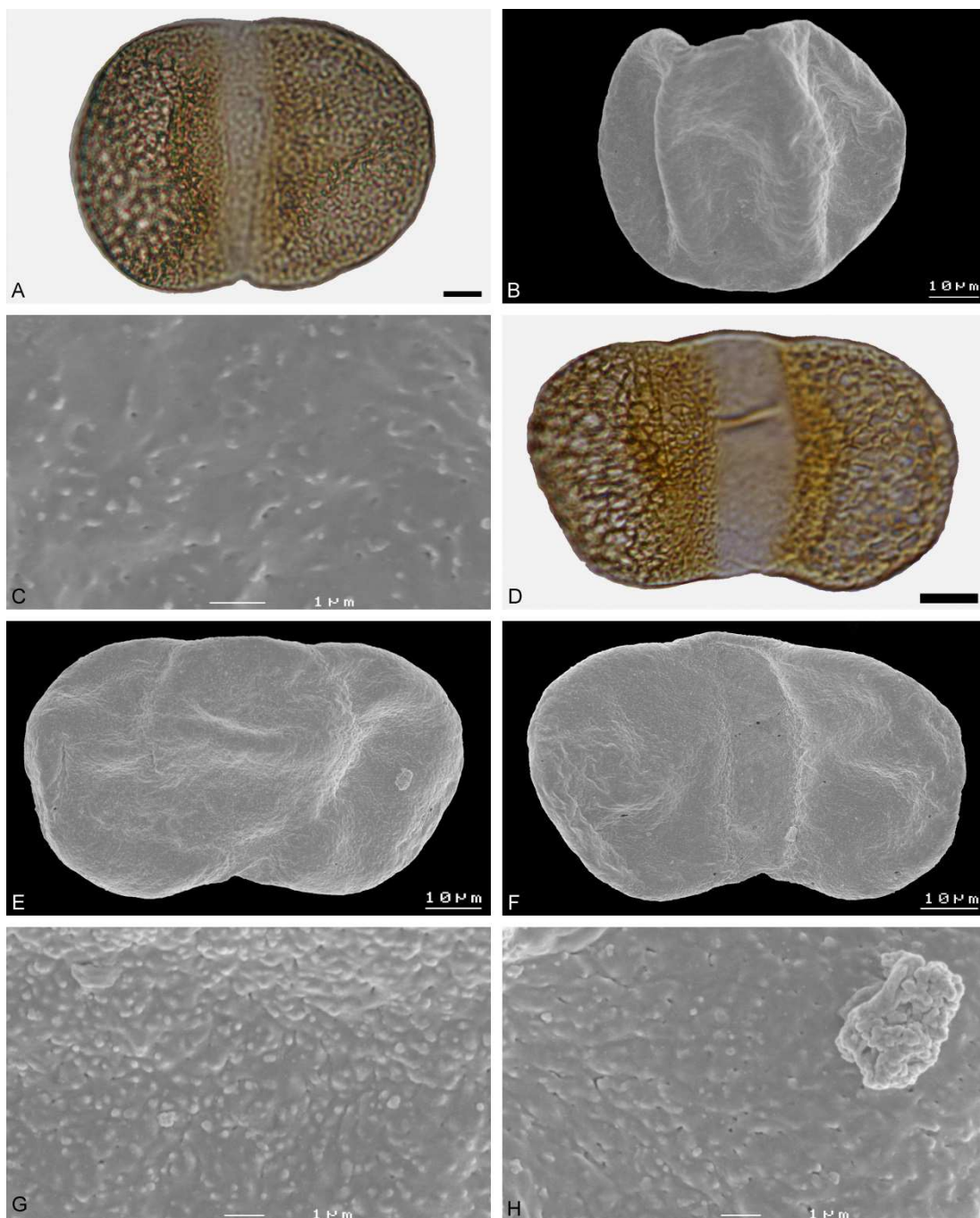
Abbildung E: *Cathaya sp.*, REM Übersicht

Abbildung F: *Cathaya sp.*, REM Übersicht

Abbildung G: *Cathaya sp.*, REM Detail

Abbildung H: *Cathaya sp.*, REM Detail

TAFEL XI



TAFEL XII

Abbildung A: *Cathaya sp.*, LM

Abbildung B: *Cathaya sp.*, REM Übersicht

Abbildung C: *Cathaya sp.*, REM Detail

Abbildung D: *Cathaya sp.*, REM Detail

Abbildung E: *Cathaya sp.*, REM Detail

Abbildung F: *Cathaya sp.*, LM

Abbildung G: *Cathaya sp.*, REM Übersicht

Abbildung H: *Cathaya sp.*, REM Übersicht

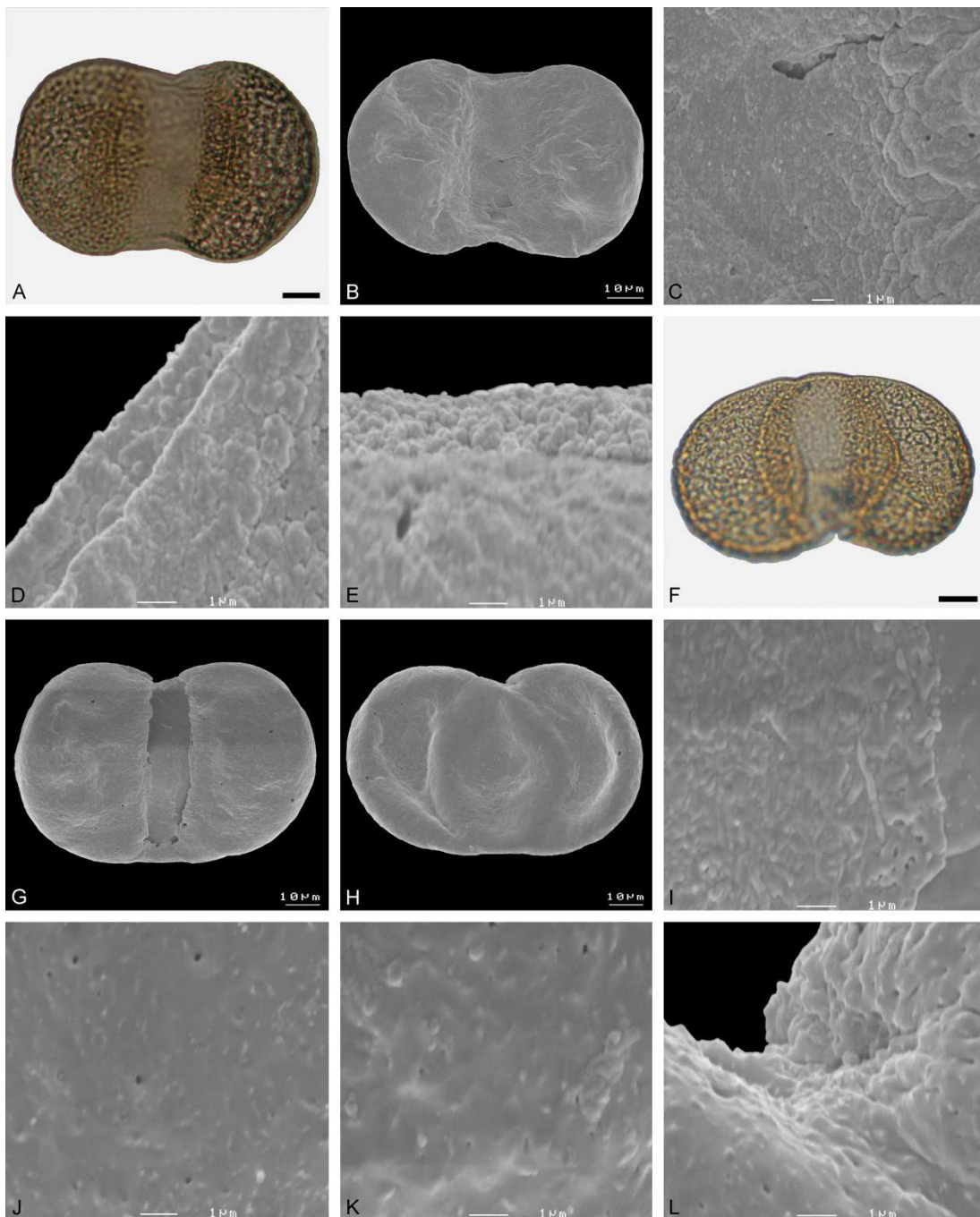
Abbildung I: *Cathaya sp.*, REM Detail

Abbildung J: *Cathaya sp.*, REM Detail

Abbildung K: *Cathaya sp.*, REM Detail

Abbildung L: *Cathaya sp.*, REM Detail

TAFEL XII



TAFEL XIII

Abbildung A: *Cathaya sp.*, LM

Abbildung B: *Cathaya sp.*, REM Übersicht

Abbildung C: *Cathaya sp.*, REM Detail

Abbildung D: *Cathaya sp.*, REM Detail

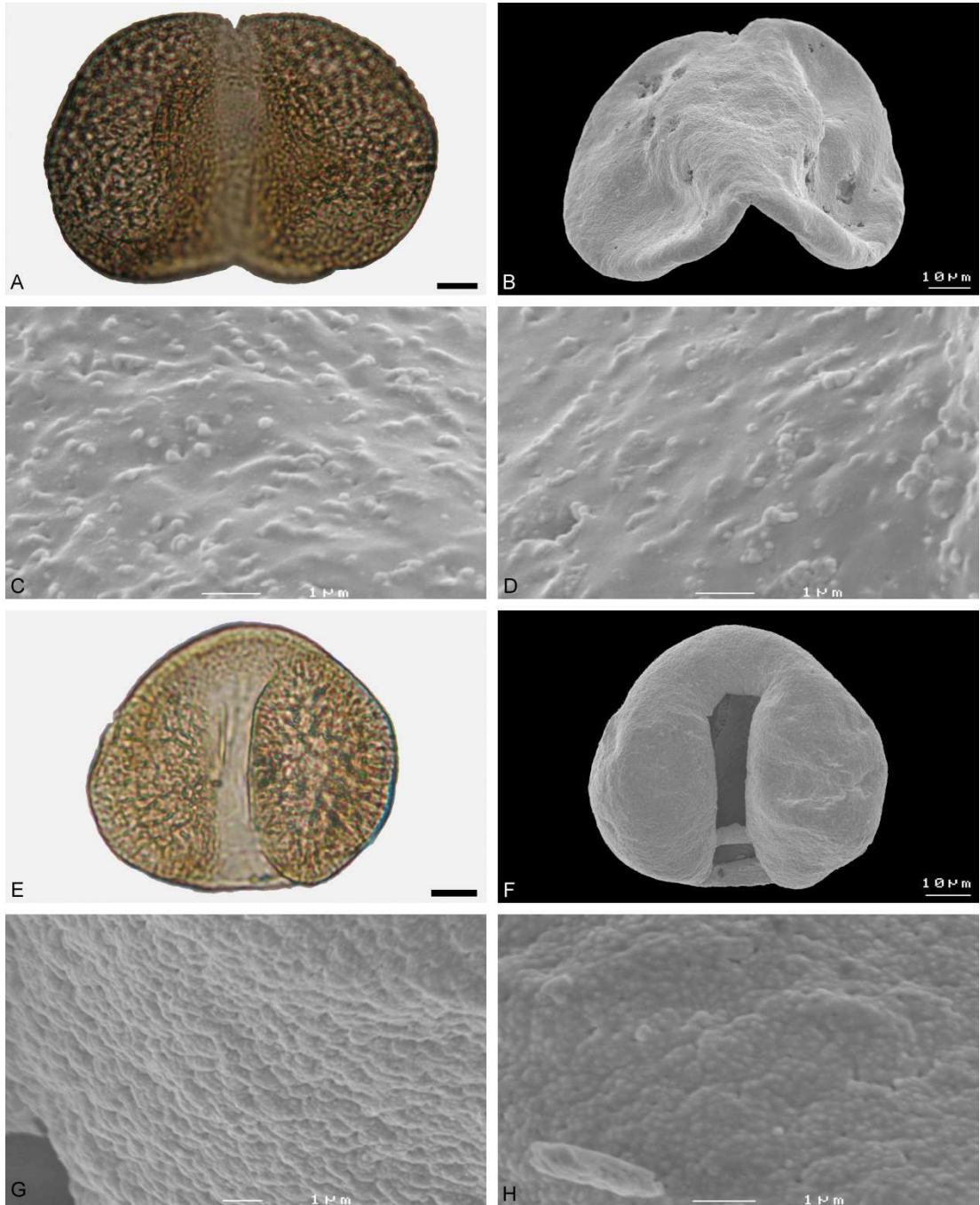
Abbildung E: *Cedrus sp.*, LM

Abbildung F: *Cedrus sp.*, REM Übersicht

Abbildung G: *Cedrus sp.*, REM Detail

Abbildung H: *Cedrus sp.*, REM Detail

TAFEL XIII



TAFEL XIV

Abbildung A: *Cedrus sp.*, LM

Abbildung B: *Cedrus sp.*, REM Übersicht

Abbildung C: *Cedrus sp.*, REM Übersicht

Abbildung D: *Cedrus sp.*, REM Detail

Abbildung E: *Cedrus sp.*, REM Detail

Abbildung F: *Cedrus sp.*, REM Detail

Abbildung G: *Cedrus sp.*, REM Detail

Abbildung H: *Cedrus sp.*, REM Detail

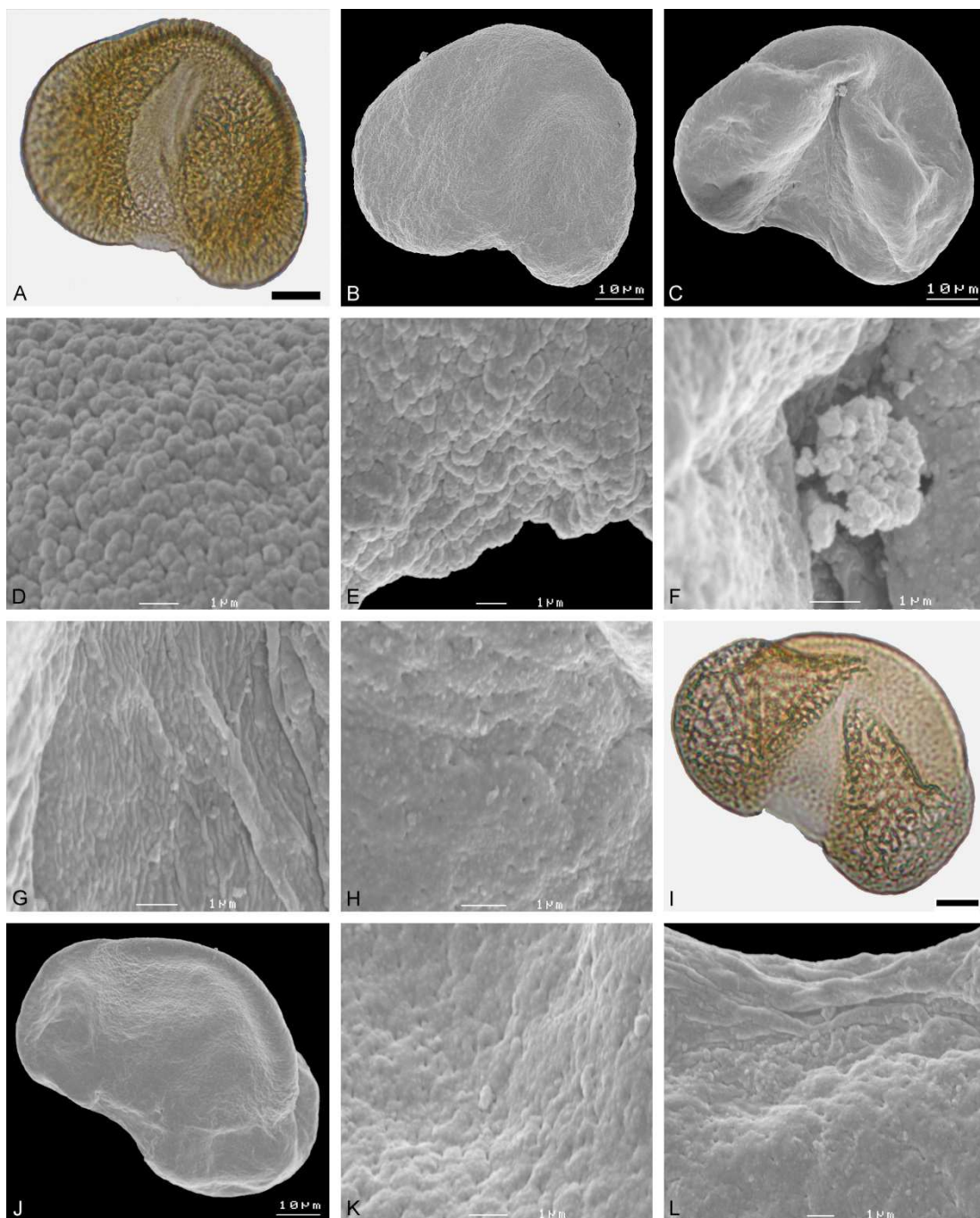
Abbildung I: *Pinus sp.*, LM

Abbildung J: *Pinus sp.*, REM Übersicht

Abbildung K: *Pinus sp.*, REM Detail

Abbildung L: *Pinus sp.*, REM Detail

TAFEL XIV



TAFEL XV

Abbildung A: *Pinus sp.*, LM

Abbildung B: *Pinus sp.*, REM Übersicht

Abbildung C: *Pinus sp.*, REM Detail

Abbildung D: *Pinus sp.*, REM Detail

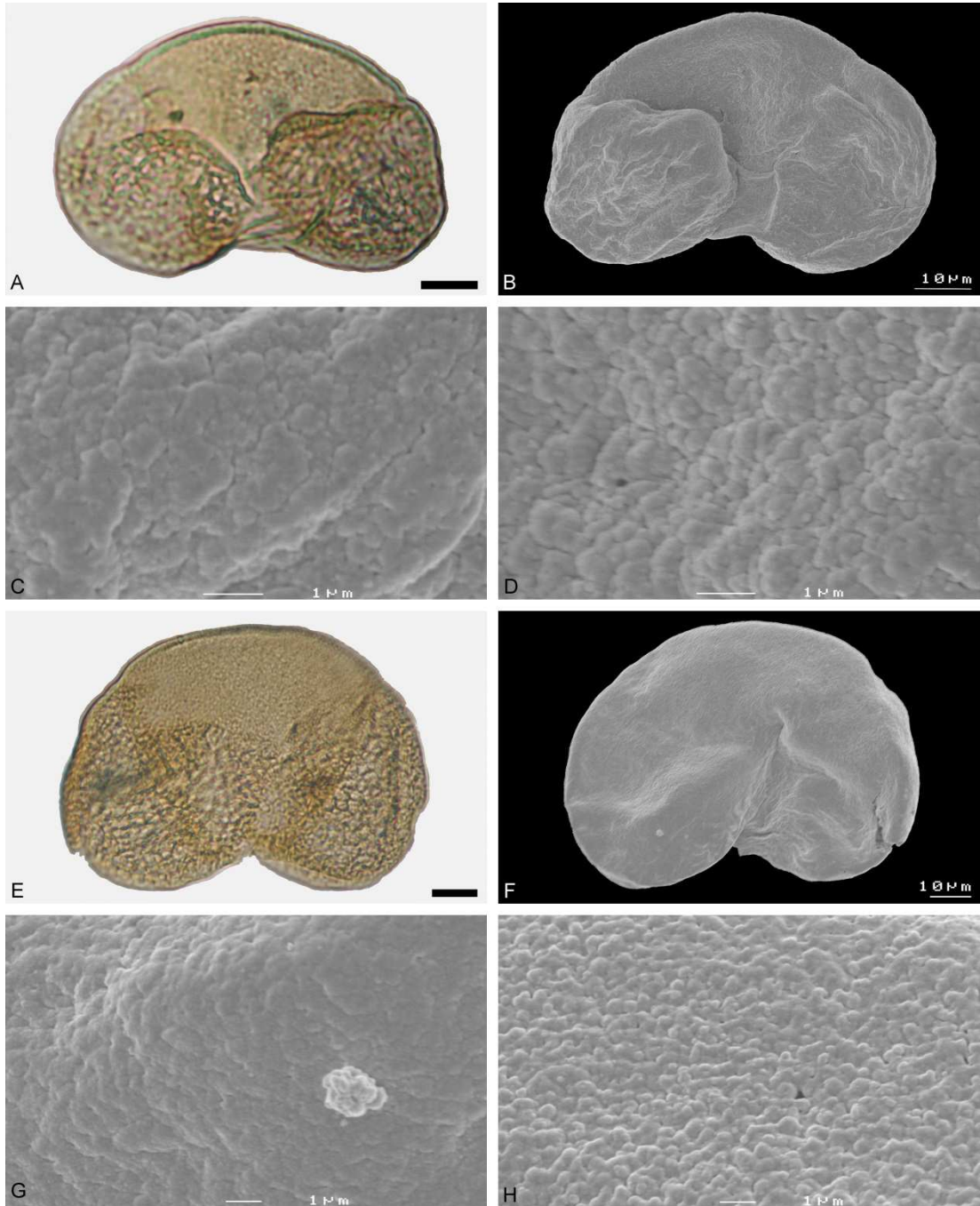
Abbildung E: *Pinus sp.*, LM

Abbildung F: *Pinus sp.*, REM Übersicht

Abbildung G: *Pinus sp.*, REM Detail

Abbildung H: *Pinus sp.*, REM Detail

TAFEL XV



TAFEL XVI

Abbildung A: *Picea sp.*, LM

Abbildung B: *Picea sp.*, REM Übersicht

Abbildung C: *Picea sp.*, REM Übersicht

Abbildung D: *Picea sp.*, REM Detail

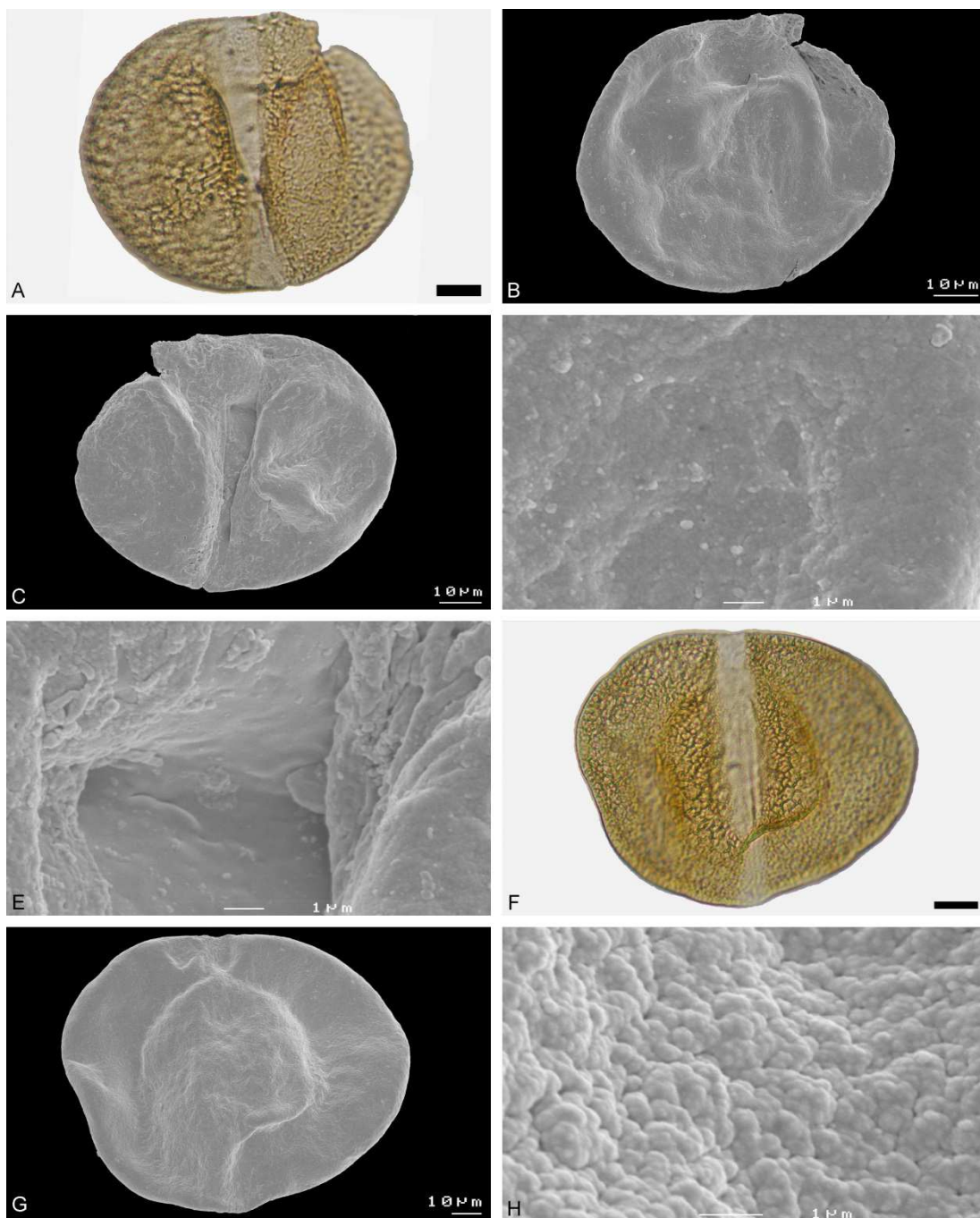
Abbildung E: *Picea sp.*, REM Detail

Abbildung F: *Picea sp.*, LM

Abbildung G: *Picea sp.*, REM Übersicht

Abbildung H: *Picea sp.*, REM Detail

TAFEL XVI



TAFEL XVII

Abbildung A: *Parvisaccites sp.*, LM

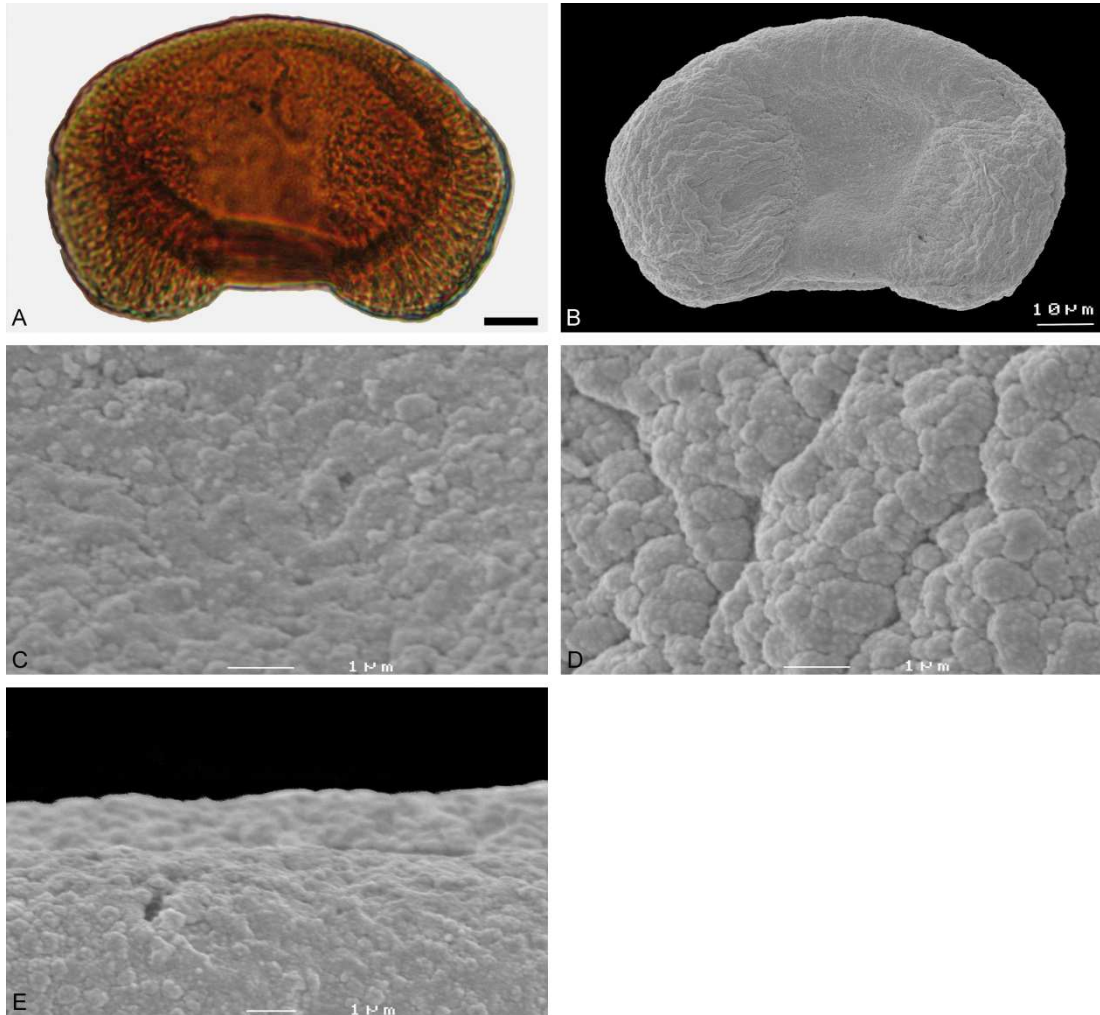
Abbildung B: *Parvisaccites sp.*, REM Übersicht

Abbildung C: *Parvisaccites sp.*, REM Detail

Abbildung D: *Parvisaccites sp.*, REM Detail

Abbildung E: *Parvisaccites sp.*, REM Detail

TAFEL XVII



TAFEL XVIII

Abbildung A: *Vitreisporites pallidus* (Reissinger) Nilsson, 1958, LM

Abbildung B: *Vitreisporites pallidus* (Reissinger) Nilsson, 1958, REM
Übersicht

Abbildung C: *Vitreisporites pallidus* (Reissinger) Nilsson, 1958 , REM
Übersicht

Abbildung D: *Vitreisporites pallidus* (Reissinger) Nilsson, 1958 , REM Detail

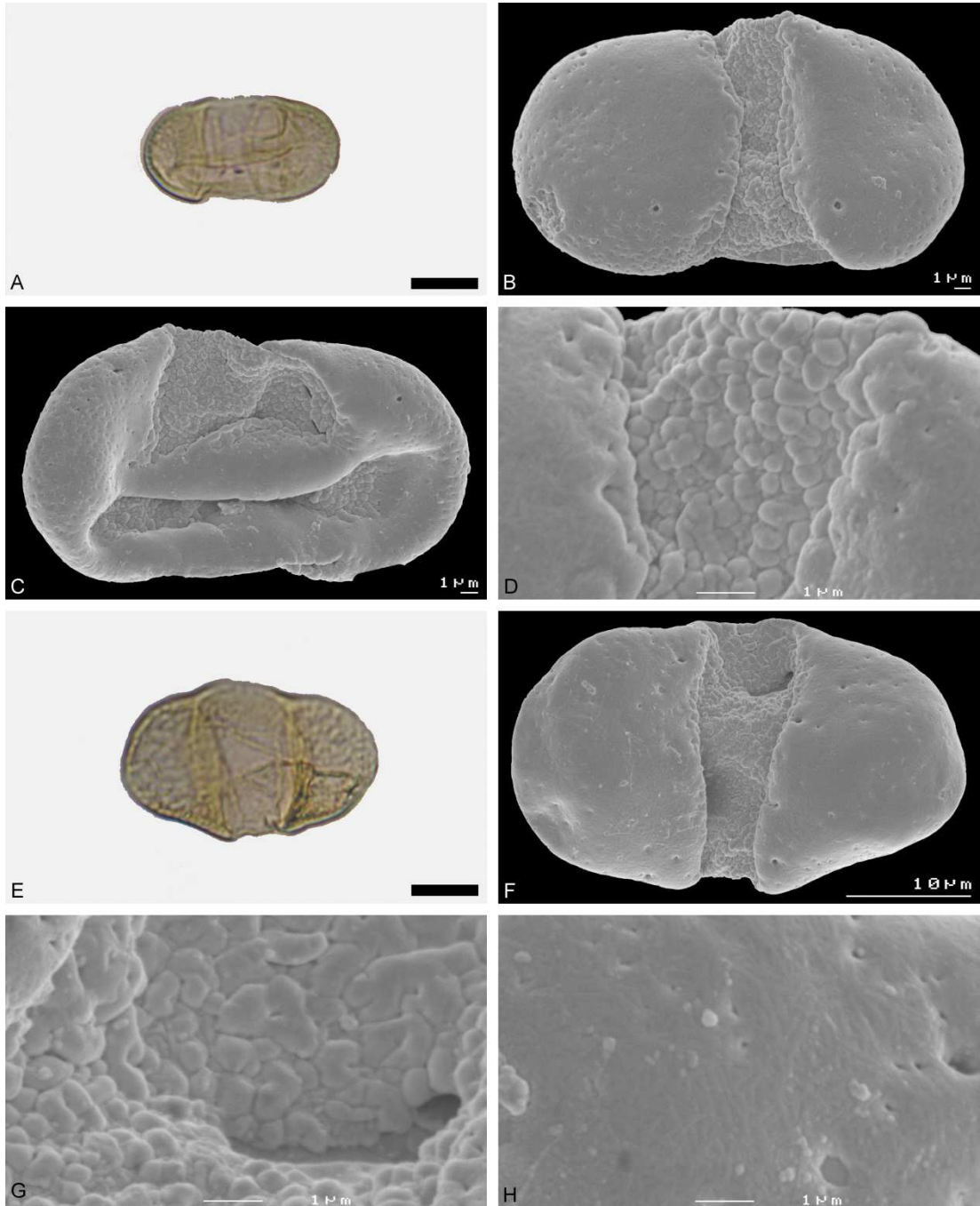
Abbildung A: *Vitreisporites pallidus* (Reissinger) Nilsson, 1958 , LM

Abbildung B: *Vitreisporites pallidus* (Reissinger) Nilsson, 1958 , REM
Übersicht

Abbildung C: *Vitreisporites pallidus* (Reissinger) Nilsson, 1958 , REM Detail

Abbildung D: *Vitreisporites pallidus* (Reissinger) Nilsson, 1958 , REM Detail

TAFEL XVIII



TAFEL XIX

Abbildung A: *Vitreisporites pallidus* (Reissinger) Nilsson, 1958, LM

Abbildung B: *Vitreisporites pallidus* (Reissinger) Nilsson, 1958, REM
Übersicht

Abbildung C: *Vitreisporites pallidus* (Reissinger) Nilsson, 1958, REM Details

Abbildung D: *Vitreisporites pallidus* (Reissinger) Nilsson, 1958, REM Detail

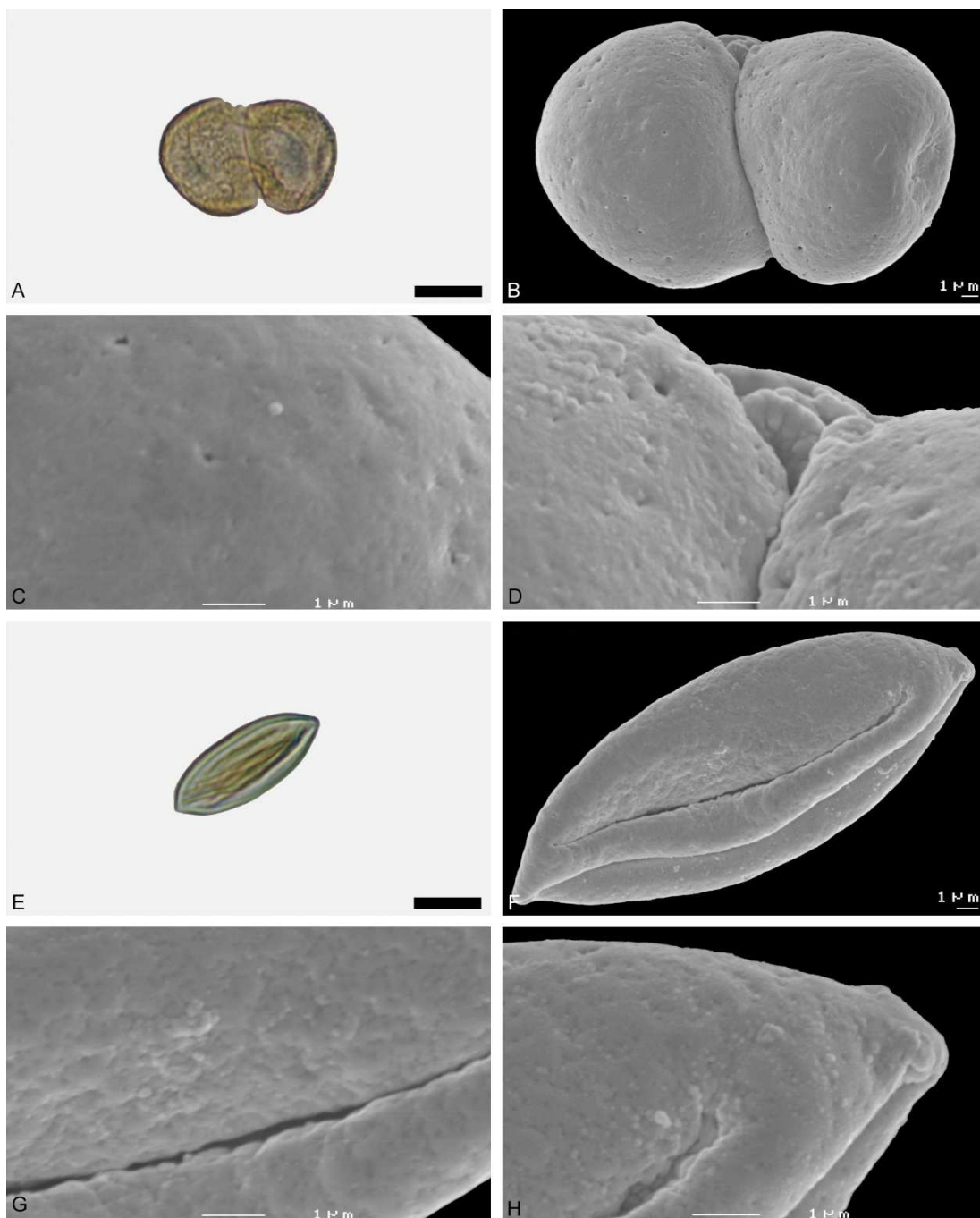
Abbildung E: *Eucommiidites* sp., LM

Abbildung F: *Eucommiidites* sp., REM Übersicht

Abbildung G: *Eucommiidites* sp., REM Detail

Abbildung H: *Eucommiidites* sp., REM Detail

TAFEL XIX



TAFEL XX

Abbildung A: *Eucommiidites sp.*, LM

Abbildung B: *Eucommiidites sp.*, REM Übersicht

Abbildung C: *Eucommiidites sp.*, REM Detail

Abbildung D: *Eucommiidites sp.*, REM Detail

Abbildung E: *Eucommiidites sp.*, LM

Abbildung F: *Eucommiidites sp.*, LM

Abbildung G: *Eucommiidites sp.*, REM Übersicht

Abbildung H: *Eucommiidites sp.*, REM Detail

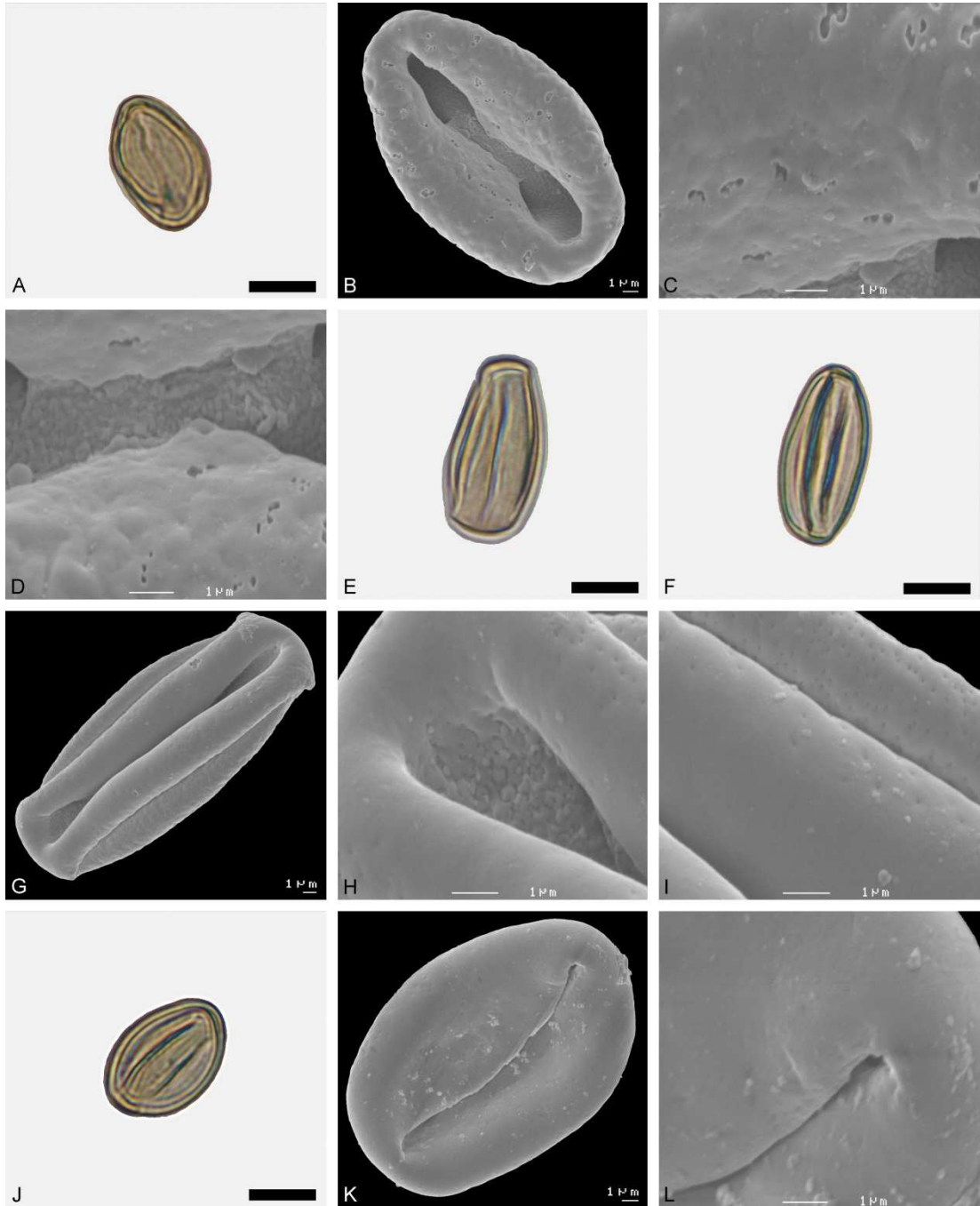
Abbildung I: *Eucommiidites sp.*, REM Detail

Abbildung J: *Eucommiidites sp.*, LM

Abbildung K: *Eucommiidites sp.*, REM Übersicht

Abbildung L: *Eucommiidites sp.*, REM Detail

TAFEL XX



TAFEL XXI

Abbildung A: *Callialasporites* sp., LM

Abbildung B: *Callialasporites* sp., REM Übersicht

Abbildung C: *Callialasporites* sp., REM Übersicht

Abbildung D: *Callialasporites* sp., REM Detail

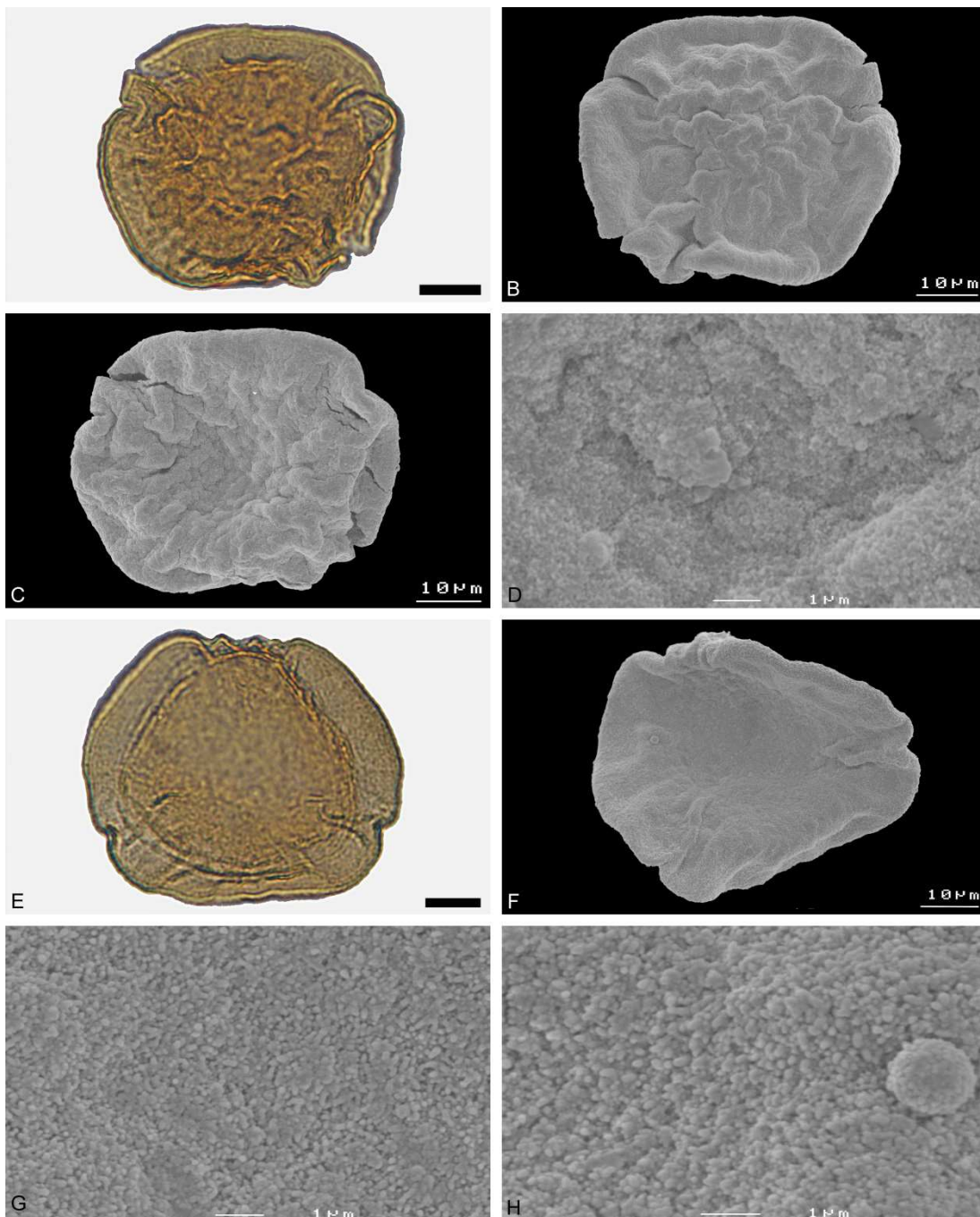
Abbildung E: *Callialasporites* sp., LM

Abbildung F: *Callialasporites* sp., REM Übersicht

Abbildung G: *Callialasporites* sp., REM Detail

Abbildung H: *Callialasporites* sp., REM Detail

TAFEL XXI



TAFEL XXII

Abbildung A: *Exesipollenites tumulus* Balme, 1957, LM

Abbildung B: *Exesipollenites tumulus* Balme, 1957, REM Übersicht

Abbildung C: *Exesipollenites tumulus* Balme, 1957, REM Übersicht

Abbildung D: *Exesipollenites tumulus* Balme, 1957, REM Detail

Abbildung E: *Exesipollenites tumulus* Balme, 1957, LM

Abbildung F: *Exesipollenites tumulus* Balme, 1957, REM Übersicht

Abbildung G: *Exesipollenites tumulus* Balme, 1957, REM Übersicht

Abbildung H: *Exesipollenites tumulus* Balme, 1957, REM Detail

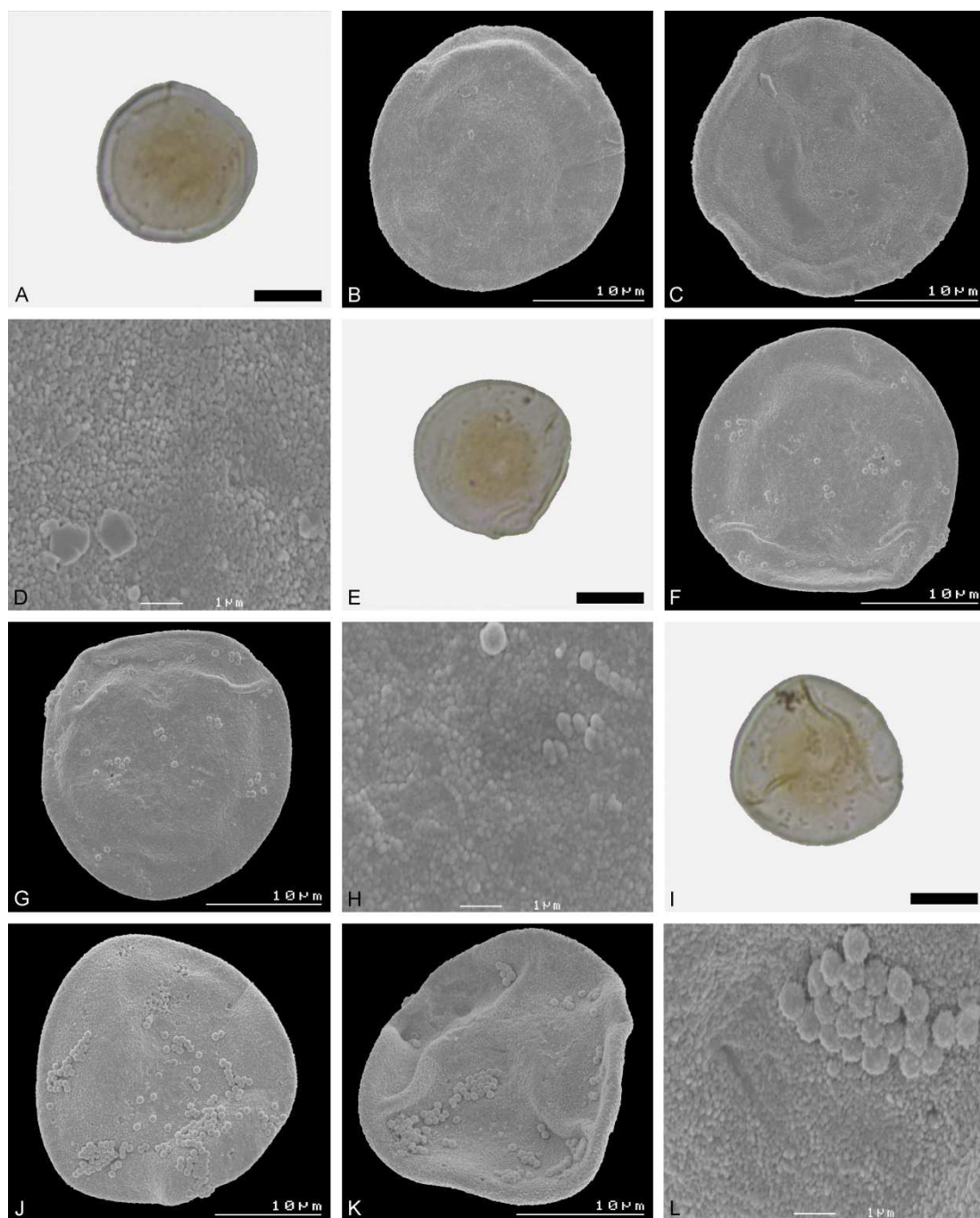
Abbildung I: *Exesipollenites tumulus* Balme, 1957, LM

Abbildung J: *Exesipollenites tumulus* Balme, 1957, REM Übersicht

Abbildung K: *Exesipollenites tumulus* Balme, 1957, REM Übersicht

Abbildung L: *Exesipollenites tumulus* Balme, 1957, REM Detail

TAFEL XXII



ANHANG B

PERSÖNLICHES

geboren am 08. Februar 1990
in Villach

STUDIUM UND AUSBILDUNG

10/2013 – 06/2014	Universität Wien, Wien Diplomarbeit am Institut für Paläobotanik zum Thema: „Untersuchung an Angiospermen- und Gymnospermenpollenkörnern aus der Potomac-Formation (Unterkreide) in den USA“
10/2009 – 06/2014	Universität Wien, Wien Unterrichtsfach Biologie und Umweltkunde Unterrichtsfach Französisch
09/2012 - 02/2013	Agrocampus Ouest, Rennes Auslandssemester im Rahmen des Erasmus Mobilitätsprogrammes Studium der Agronomie (Agrarwissenschaften)
29. JUNI 2012	Universität Wien, Wien Abschluss des ersten Studienabschnittes erstes Diplomprüfungszeugnis
10/2008 – 10/2009	Universität Wien, Wien Bachelor-Studium Biologie
23. JUNI 2008	Bundesrealgymnasium Spittal an der Drau, Kärnten Matura
09/2004– 06/2008	Bundesrealgymnasium Spittal an der Drau, Kärnten Oberstufe mit naturwissenschaftlichem Schwerpunkt
09/2000 – 07/2004	Bundesrealgymnasium Spittal an der Drau, Kärnten Unterstufe mit naturwissenschaftlichem Schwerpunkt
09/1996 – 07/2000	Volksschule 2, Feistritz an der Drau, Kärnten

ZUSÄTZLICHES

SPRACHEN	Deutsch: Muttersprache Englisch: fließend Französisch: fließend
----------	--